

Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V.

Postfach 10 48 42

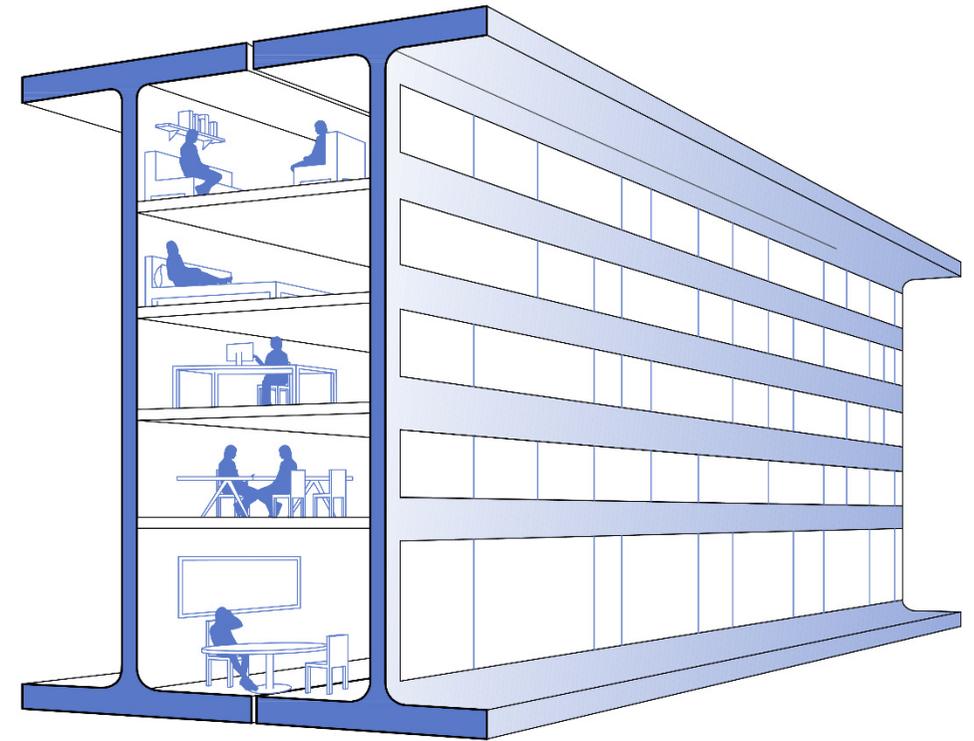
40039 Düsseldorf

Sohnstr. 65

40237 Düsseldorf

fosta@stahlforschung.de

www.stahlforschung.de



Einflüsse der Stahl- und Verbundbauweise auf die Lebenszykluskosten und Vermarktungsfähigkeit multifunktionaler Büro- und Geschäftshäuser

Influences of steel and composite construction on life cycle costs and marketability of multifunctional office and commercial buildings

Forschung für die Praxis P 1118



Forschungsvereinigung
Stahlanwendung e. V.



Forschungsvorhaben P 1118 / IGF-Nr. 18659 BG

Einflüsse der Stahl- und Verbundbauweise auf die Lebenszykluskosten und Vermarktungsfähigkeit multifunktionaler Büro- und Geschäftshäuser

Influences of steel and composite construction on life cycle costs and marketability of multifunctional office and commercial buildings

Institut für Stahl- und Holzbau, Technische Universität Dresden

Prof. Dr.-Ing. Richard Stroetmann

Dipl.-Ing. Lukas Hüttig

Fachbereich Architektur, Technische Universität Darmstadt

Prof. Dipl.-Ing. Johann Eisele

Fachgebiet Entwerfen und Baugestaltung; Entwerfen und Gebäudetechnologie, Technische Universität Darmstadt

Dipl.-Ing. Architekt Benjamin Trautmann

Institut für Baubetriebswesen, Technische Universität Dresden

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Jens Otto

Dipl.-Ing. Anne Harzdorf

Dipl.-Ing. Cornell Weller

Verantwortlich für die FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V.
Dr. Gregor Nüsse M.Sc.

Das IGF-Forschungsvorhaben 18659 BG der FOSTA - Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V., Düsseldorf, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Das Vorhaben wurde am Institut für Stahl- und Holzbau und am Institut für Baubetriebswesen der Technischen Universität Dresden sowie am Fachgebiet Entwerfen und Baugestaltung und Entwerfen und Gebäudetechnologie des Fachbereichs Architektur der Technischen Universität Darmstadt durchgeführt.

Beteiligte Unternehmen:

ArcelorMittal Commercial Sections S.A.
ArcelorMittal Global R&D
bauforumstahl e. V.
Baumüller & Co. AG
BEOS AG
Dreßler Bau GmbH
Dussmann Service Deutschland GmbH
Eisele Staniek Architekten + Ingenieure
GOLDBECK Bauelemente Bielefeld SE
GOLDBECK Nord GmbH
Haller Industriebau GmbH
HPM Henkel Projektmanagement GmbH
IFBS - Internationaler Verband für den Metalleichtbau
OCAS N.V.
Oelschläger Immobilien GmbH
RSB Rudolstädter Systembau GmbH
S. Boehme & Cie.
Salzgitter Mannesmann Stahlhandel GmbH
SSF Ingenieure AG
stahl + verbundbau GmbH
Sweco GmbH
thyssenkrupp Steel Europe AG
Züblin Stahlbau GmbH

© 2020 Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V., Düsseldorf

Printed in Germany

Bestell-Nr. P 1118
ISBN 978-3-946885-69-6

Ansprechpartner bei der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V.:
Dr. Gregor Nüsse M.Sc.

Tel.: +49 (0)211 / 6707-856; Fax: +49 (0)211 / 6707-840

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die der Übersetzung in andere Sprachen, bleiben vorbehalten. Ohne schriftliche Genehmigung des Verlages sind Vervielfältigungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen nicht gestattet.

Kurzdarstellung

Der demografische Wandel und das zunehmende Nachhaltigkeitsbewusstsein sind Beispiele für sich ändernde gesellschaftliche Rahmenbedingungen, die Auswirkung auf die Nutzeranforderungen an Geschossbauten haben. Ressourcenschonung, Recyclingfähigkeit, Lebenszykluskosten und Werthaltigkeit, auch unter sich ändernden Objektbedingungen, stehen zunehmend im Fokus der Planungen. Die Wettbewerbsfähigkeit der Miet- und Nutzflächen hängt unter anderem davon ab, ob die raumbildenden Konstruktionen die notwendige Flexibilität zur Anpassung an diese dynamischen Prozesse bieten. Erfahrungen der vergangenen Jahrzehnte zeigen, dass die Errichtung kostengünstiger monofunktionaler Gebäudestrukturen und Stadtteile, wie sie vielerorts seit den 1970er Jahren umgesetzt wurden, häufig zu einem frühzeitigen Leerstand bis hin zum Abriss führen, da eine ausreichende Anpassungsfähigkeit der Primärstruktur nicht gegeben ist.

Ziel des Forschungsprojektes war es, multifunktionale Gebäudestrukturen zu entwickeln und dabei das Potential der Stahl- und Verbundbauweise zu nutzen. Dadurch soll eine Steigerung der langfristigen Vermarktungsfähigkeit und Nachhaltigkeit der Immobilien erzielt werden.

Gegenstand des Forschungsberichtes ist zunächst eine Analyse der aktuellen Situation des Immobilienmarktes sowie der Ursachen des strukturellen Leerstandes. Daran anschließend werden bereits durchgeführte Revitalisierungsprojekte vorgestellt und die daraus gewonnenen Erkenntnisse für die Objektplanung zusammengefasst. Die Grundlagen der Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden und Gebäudeelementen sowie die im Projekt angewendeten Bewertungsmethoden werden im zweiten Kapitel dargelegt. Aufbauend auf den Erkenntnissen aus bisherigen Revitalisierungsprojekten erfolgt in Kapitel 3 die Erarbeitung von Empfehlungen für die Objektplanung multifunktionaler Gebäude. Dabei werden die Anforderungen verschiedener Nutzungsarten, wie beispielweise lichte Geschosshöhe, Gebäudetiefe oder Erschließung, zusammengefasst. Durch eine Überlagerung der genannten Aspekte ergeben sich die Anforderungen variabler Gebäudestrukturen. Diese werden anhand von Entwürfen von Referenzgebäuden mit verschiedenen Variabilitätsgraden verdeutlicht. Aufbauend auf den objektplanerischen Anforderungen werden im 4. Kapitel die konstruktiven Implikationen abgeleitet, die sich aus einer multifunktionalen Nutzung ergeben. Es werden die Eigenschaften klassischer und multifunktionaler Deckensysteme in Verbundbauweise sowie die Einflüsse des Brandschutzes, der Fassaden und Gebäudegründungen beleuchtet. In Parameterstudien werden die ökologischen, monetären und funktionalen Einflüsse der verschiedenen Gebäudebestandteile bewertet. Dabei werden die Auswirkungen einer erhöhten Variabilität und der Verlängerung der Lebensdauer am Beispiel der Referenzgebäude untersucht. Im Kapitel 5 erfolgt u. a. eine Analyse der für das Forschungsvorhaben relevanten Marktsegmente und deren Entwicklung. Weiterhin werden die nutzungsartspezifischen Erlöse und monetär bewertbaren Risiken bestimmt. Die Untersuchungen bilden die Grundlage für stochastische Szenarioanalysen, durch die

eine Aussage zur Schwankungsbreite der prognostizierten Kosten, Erlöse und festgelegten Zielgrößen getroffen werden kann. Darauf aufbauend werden im Kapitel 6 am Beispiel der Referenzgebäude die Renditeerwartungen anhand der Eigenkapitalrentabilität für verschiedene Umnutzungsszenarien bestimmt. In Sensitivitätsanalysen werden die Auswirkungen der einzelnen Eingangsparameter betrachtet.

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass durch geeignete planerische Vorkehrungen die Variabilität von Gebäudestrukturen erhöht und eine vielfältige Nutzung ermöglicht werden kann. Die Stahl- und Verbundbauweise erlaubt mit effizienten Tragstrukturen die Anpassungsfähigkeit der Gebäude, ohne den ökologischen oder monetären Aufwand für die Errichtung wesentlich zu steigern. Wird die Verlängerung des Lebenszyklus durch die erhöhte Variabilität geschaffen, ergeben sich deutliche Vorteile. Letztendlich zeigen die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, dass eine höhere Anfangsinvestition in vielen Szenarien zu einer langfristigen Erhöhung der Rendite und einer Minderung des Leerstandrisikos führt.

FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V.

März 2020

Abstract

The demographic change and the increasing awareness of sustainability are examples of changing social conditions, which affect the user requirements of multi-storey buildings. Resource conservation, recyclability, lifecycle costs and conservation of value, even under changing property conditions, are increasingly in the focus of planning. Among other things, the competitiveness of rented and usable space depends on whether the space-forming structures offer the necessary flexibility to adapt to these dynamic processes. Experiences of the past decades show that the establishment of cost-effective mono-functional building structures and neighbourhoods, as they have been built in many cities since the 1970s, often result in an early vacancy up to a demolition, as a consequence of an insufficient adaptability of the primary structure.

Because of these circumstances, the aim of the research project was the development of multifunctional building structures by using advantages of steel and composite constructions. In this manner, the long-term marketability and sustainability of the real estates should be increased.

Subject of the research report is initially an analysis of the current situation of the real estate market and the causes of structural vacancy. Afterwards, already implemented revitalization projects will be presented and the gained insights for object planning will be summarized. Chapter 2 explaining the basics of sustainability assessment of buildings and building elements as well as the evaluation methods used in the project. Based on the findings of previous revitalization projects, in Chapter 3 planning recommendations for multifunctional buildings are formulated. The requirements of different types of use, such as the clear storey height, the building depth or accessibility, are summarised. Overlaying these aspects results in the requirements of variable building structures. These are illustrated by designs of reference buildings with different degrees of variability. Based on the object planning requirements, Chapter 4 deriving the constructive implications resulting from a multifunctional use. The characteristics of classic and multifunctional floor systems in composite construction as well as the influences of fire protection, facades and foundations are examined. Parameter studies assess the ecological, monetary and functional influences of the various building components. The effects of increased variability and lifetime extension are examined using the reference buildings as examples. Chapter 5 includes an analysis of the market segments relevant for the research project and their development. Furthermore, the use-specific revenues and the monetary appraisable risks are determined. The investigations are the basis of the stochastic scenario analyses, which allow conclusions about the variation of the predicted costs, revenues and fixed target values. In Chapter 6 the examples of reference buildings are used to determine the return expectations based on the return on equity for different conversion scenarios. Finally, with the use of sensitivity analyses the effects of the individual input parameters are observed.

The investigations carried out show that suitable planning measures could increase the variability of building structures and offer the possibility of manifold use. Efficient load

bearing structures in steel and composite allows the adaptability of the buildings without significantly increasing the ecological or monetary costs for the construction. If an extension of the life cycle is created by the increased variability, there are clear advantages. The economic feasibility studies show that a higher initial investment in many scenarios leads to a long-term increase in the return of invest and a reduction of the vacancy risk.

FOSTA - Research Association for Steel Application

March 2020

Inhaltsverzeichnis Content

1	Einleitung	
	Introduction	1
1.1	Motivation und Ziele des Forschungsvorhabens	
	Motivation and objectives of the research project.....	1
1.2	Aufbau und Inhalt des Forschungsberichtes	
	Structure and content of the research report.....	3
1.3	Aktuelle Situation des Immobilienmarktes	
	Current situation of the real estate market.....	4
1.4	Ursachen des strukturellen Gebäudeleerstandes	
	Causes of structural building vacancy	6
1.5	Revitalisierung und Umnutzung von Gebäuden	
	Revitalisation and conversion of buildings.....	8
1.5.1	Chancen der Revitalisierung und Umnutzung	
	Opportunities of revitalisation and conversion.....	8
1.5.2	Kategorisierung der Revitalisierung	
	Categorisation of revitalization	9
1.5.3	Projektbeispiele der Revitalisierung	
	Examples of revitalised projects.....	11
1.5.4	Projektbeispiele der Umnutzung	
	Examples of converted projects	15
1.6	Erkenntnisse der Revitalisierungen und Umnutzungen für die Objektplanung	
	Conclusion of the revitalisation und conversion projects for the building planning.....	20
2	Nachhaltigkeit	
	Sustainability.....	25
2.1	Allgemeines	
	General.....	26
2.2	Bauabfallaufkommen	
	Construction waste amount	27
2.3	Normung	
	Standards	33
2.4	Bewertungssysteme	
	Assessment systems.....	36
2.4.1	Internationale Entwicklungen von Gebäude-Bewertungssystemen	
	International developments of building-assessment-systems	36
2.4.2	Bewertungssysteme für den deutschen Markt	
	Assessment-Systems for the German market.....	37

2.5	Bewertung der ökologischen Qualität Assessing the ecological quality	40
2.5.1	Bewertung nach BNB Assessment according to BNB	40
2.5.2	Bewertungsmethode im Forschungsprojekt Assessment-Method within the research project	43
2.5.3	Umweltprodukt- und Bauprodukt- Environmental data of building materials and products.....	44
2.5.4	Lebensdauer von Gebäuden und Gebäudekomponenten Lifespan of buildings and building components	47
2.6	Ökonomische Nachhaltigkeit Economic sustainability	51
2.6.1	Bewertung nach BNB und DGNB-System Assessment according to BNB and DGNB-System	51
2.6.2	Bewertung der Ökonomie mit Hilfe der Realisierungskosten Assessing the economy by using realisation costs	57
2.6.3	Bewertung der Ökonomie im Lebenszyklus Life-cycle-assessment of the economy	59
3	Objektplanung Building planning	60
3.1	Zielsetzung Objective	60
3.2	Mischnutzung Mixed-use	63
3.2.1	Historische Entwicklung Historic development	63
3.2.2	Projektbeispiele Mischnutzungen Examples of mixed-use projects	68
3.2.3	Erkenntnisse Mischnutzungen Knowledge of mixed-use projects	76
3.3	Baurecht Building law	76
3.3.1	Bauleitplanung Urban land-use planning.....	77
3.3.2	Bauordnung Building regulations.....	79
3.3.3	Energieeinsparverordnung Energy saving regulations.....	82
3.4	Nutzungsarten Types of use	85

3.4.1	Typologische Parameter Typological parameters	86
3.4.2	Relevanz der Nutzungsarten in Geschossen Relevance of the types of use in storeys.....	95
3.4.3	Gebäudeformen Building shapes	97
3.4.4	Überlagerung typologischer Grundstrukturen Superimposition of typological basic structures.....	98
3.5	Gebäudeparameter Building parameters	99
3.5.1	Gebäudetiefe Building depth	100
3.5.2	Gebäuelänge Building length.....	102
3.5.3	Konstruktionsraster Construction grid	102
3.5.4	Ausbauraster Interior grid	103
3.5.5	Lichte Geschosshöhe Clear storey height	104
3.5.6	Geschossdecken Storey ceiling.....	106
3.5.7	Geschoss- /Gebäudehöhe Storey / Building height	108
3.5.8	Kompatibilität Geschoss Compatibility of storeys	109
3.6	Planungsparameter Planning parameters	111
3.6.1	Brandschutz Fire protection	111
3.6.2	Vertikale und horizontale Erschließung Vertical and horizontal access.....	116
3.6.3	Fassade Facade	119
3.6.4	Technische Gebäudeausrüstung Building services	123
3.7	Anpassungsfähigkeit Adaptability.....	125
3.8	Referenzgebäude Reference building	127

3.8.1	Nutzungsszenarien Usage Scenarios.....	128
3.8.2	Referenzgebäude mit geringer Variabilität Reference building with low variability	132
3.8.3	Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität Reference building with medium variability	135
3.8.4	Referenzgebäude mit hoher Variabilität Reference building with high variability	138
4	Konstruktion multifunktionaler Gebäude Construction of multifunctional buildings.....	141
4.1	Zielsetzungen und Gliederung des Abschnittes 4 Objectives and contents of the chapter 4	142
4.2	Nutzungsarten und Nutzlasten Types of use and imposed loads	143
4.2.1	Normative Grundlagen Normativ basic information	143
4.2.2	Büro Office use.....	143
4.2.3	Wohnen Residential use	143
4.2.4	Hotels, Pflegeeinrichtungen, Arztpraxen und Gastronomie Hotel, nursing homes, areas for medical use and gastronomy	144
4.2.5	Verkaufsflächen Shopping areas.....	144
4.2.6	Versammlungsflächen Conference and lecture rooms.....	145
4.2.7	Lagerflächen Storage areas	145
4.2.8	Parkflächen Parking areas.....	145
4.2.9	Lastenzuschläge für Trennwände Additional loads for partition walls.....	146
4.2.10	Zusammenfassung zu den Nutzlastanforderungen Summary of the requirements for the imposed loads.....	146
4.3	Bemessung Design.....	147
4.3.1	Deckensysteme und Stützen Ceilings and columns.....	147
4.3.2	Lastkombinationen in Abhängigkeit der Nutzlastkategorie Load combinations depending on the category of the imposed loads	147

4.3.3	Bemessung von Deckentragwerken im GZG Design of ceiling systems for the servicability limit state	148
4.3.4	Bemessung für den Brandfall Fire resistance design	152
4.3.5	Vorbemessung der Gründung Preliminary design of the foundation	152
4.4	Deckensysteme Ceiling systems	154
4.4.1	Allgemeines General	154
4.4.2	Unterzugdecken Ceilings with downstand beams	155
4.4.3	Flachdecken mit deckenintegrierten Trägern Slim-Floors with integrated beams	160
4.4.4	Multifunktionale Deckensysteme Multifunctional ceiling systems	164
4.5	Brandschutz Fire protection	166
4.5.1	Brandschutzsysteme für Stahl- und Verbundkonstruktionen Fire protection systems for steel and composite constructions	166
4.5.2	Ökobilanzdaten und Kostenansätze LCA-Data and Cost Approaches	170
4.5.3	Ökologischer und monetärer Einfluss der Brandschutzmaßnahmen Ecological and monetary influence of fire protection systems	172
4.5.4	Funktionalität und Lebensdauer Functionality and lifespan	176
4.5.5	Brand in Hohlräumen Fire in cavities	177
4.6	Fassaden Facades	178
4.6.1	Fassadenkonstruktionen Facade constructions	178
4.6.2	Ökobilanzierung von Fassadensystemen Life cycle assessment of facade systems	180
4.6.3	Lebensdauer von Fassadensystemen Lifespan of facade systems	183
4.7	Gründung Foundation	184
4.7.1	Baugrund und Gründungsarten Subsoil and foundation types	184

4.7.2	Einfluss der Gebäudelast auf die Aufwendungen für die Gründung Influence of building load on the expenditures of foundation	185
4.8	Referenzgebäude Reference buildings	187
4.8.1	Konstruktion Construction.....	187
4.8.2	Gründung und Untergeschosse Foundations and basements.....	188
4.8.3	Ökologischer und monetärer Einfluss der Deckensysteme beim hochvariablen Referenzgebäude Ecological and monetary influence of the floor systems on the reference building with high variability	189
4.8.4	Vergleich der Referenzgebäude mit verschiedenen Variabilitätsgraden Comparison of the reference buildings with different degrees of variability.....	196
4.9	Konstruktive Planungsempfehlungen Constructive planning recommendations	208
5	Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung Basic information of the economic evaluation.....	211
5.1	Einführung Introduction	211
5.2	Marktanalyse Market analysis	212
5.2.1	Überblick Overview	212
5.2.2	Methodische Grundlagen und Vorgehensweise Basic methods and approach	212
5.2.3	Standortklassifikation Classification of locations.....	213
5.2.4	Ausgewählte gesamtwirtschaftliche Daten Selected macroeconomic data	214
5.2.5	Nutzungsspezifische marktwirtschaftliche Daten Selected data of the real estate industry	217
5.2.6	Konsequenz Consequence.....	220
5.3	Lebenszyklusmodell Life-cycle-model.....	221
5.3.1	Überblick Overview	221
5.3.2	Allgemeine Anforderungen General requirements	221

5.3.3	Projektbezogene Festlegungen Project-related specifications	224
5.4	Szenarioanalyse Scenario analysis	225
5.4.1	Überblick Overview	225
5.4.2	Allgemeine Anforderungen General requirements.....	225
5.4.3	Projektbezogene Festlegungen Project-related specifications	226
5.5	Berücksichtigung von Risiken Consideration of risks	227
5.5.1	Überblick Overview	227
5.5.2	Unsicherheit bei Investitionsentscheidungen Uncertainty for investment decisions.....	228
5.5.3	Allgemeine Anforderungen an die Risikoanalyse General requirements for the risk analysis	230
5.5.4	Projektbezogene Festlegungen Project-related specifications	234
5.6	Ermittlung der Einflussfaktoren – Kosten Determination of the influencing parameters – costs.....	240
5.6.1	Überblick Overview	240
5.6.2	Allgemeine Anforderungen General requirements.....	241
5.6.3	Projektbezogene Festlegungen Project-related specifications	244
5.7	Ermittlung der Einflussfaktoren – Erlöse Determination of the influencing parameters – proceeds	251
5.7.1	Überblick Overview	251
5.7.2	Allgemeine Anforderungen General requirements.....	251
5.7.3	Projektbezogene Festlegungen Project-related specifications	256
5.8	Zusammenfassung Summary	257
6	Modellbasierte Bewertung der Wirtschaftlichkeit Model-based evaluation of the economic feasibility	258

6.1	Einführung Introduction	258
6.2	Kosten und Erlöse der Referenzgebäude Costs and proceeds of the reference buildings	259
6.2.1	Überblick Overview	259
6.2.2	Vorgehensweise Approach	259
6.2.3	Zwischenergebnisse Interim results	261
6.3	Investitionsrechenmodell Modell for capital budgeting	267
6.3.1	Vollständiger Finanzplan Full financial plan	267
6.3.2	Bestimmung der Eingangsparameter Estimation of input variables	270
6.4	Stochastische Szenarienanalyse der Referenzgebäude Stochastic scenario analysis of the reference buildings	275
6.4.1	Simulationsergebnisse Simulation results	275
6.4.2	Beurteilung der Ergebnisse Evaluation of results	277
6.4.3	Sensitivitätsanalyse Sensitivity analysis	279
6.5	Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen Summary and guidance	287
6.5.1	Zusammenfassung Summary	287
6.5.2	Handlungsempfehlungen Guidance	288
7	Zusammenfassung Summary	290
7.1	Variable Gebäudestrukturen zur Verlängerung der Nutzungsdauer Variable building structures for a life-cycle-extension	290
7.2	Objektplanung Building planning	290
7.3	Konstruktion Construction	291
7.4	Ökonomie und Werthaltigkeit Economy and intrinsic value	293

8	Zusammenstellung aller Arbeiten, die im Zusammenhang mit dem Vorhaben veröffentlicht wurden oder in Kürze veröffentlicht werden sollen List of publications related to the project	295
9	Ergebnistransfer in die Wirtschaft Transfer to economy	297
10	Einschätzung zur Realisierbarkeit des vorgeschlagenen und aktualisierten Transferkonzepts Estimation of the feasibility of the suggested transfer concept.....	304
11	Darstellung des wissenschaftlich-technischen und wirtschaftlichen Nutzens der erzielten Ergebnisse insbesondere für KMU sowie ihres innovativen Beitrages und ihrer industriellen Anwendungsmöglichkeiten Presentation of the scientific-technological and economical benefits of the results achieved especially for SME, innovative contribution, and possibilities for application in industry	305
12	Literaturverzeichnisse Bibliography	307
12.1	Kapitel 1 Chapter 1.....	307
12.2	Kapitel 2 Chapter 2.....	308
12.2.1	Literaturen Literatures	308
12.2.2	Ökobilanzdaten LCA-data	312
12.2.3	Normen, Richtlinien und Verordnungen Standards, directives and regulations	312
12.3	Kapitel 3 Chapter 3.....	313
12.4	Kapitel 4 Chapter 4.....	316
12.4.1	Literaturen Literatures	316
12.4.2	Ökobilanzdaten LCA-data	318
12.4.3	Normen, Zulassungen und Richtlinien Standards, approvals and directives	319
12.5	Kapitel 5 und Kapitel 6 Chapter 5 and Chapter 6	321
13	Danksagung Acknowledgement.....	326

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Leerstandsquote in % der sieben größten Städte Deutschlands [1-14], [1-15]	5
Abbildung 1-2: Frøsilo -Transformation einer ehemaligen Siloanlage in ein hochwertiges Wohngebäude, MVRDV, Kopenhagen (DK) 2005	8
Abbildung 1-3: Variationen von Revitalisierungen mit unterschiedlich starkem Eingriff in die Gebäudestruktur – Ausgangszustand (1), Sanierung (2), partielle Ergänzung (3), partielle Erweiterung (4), Erweiterung (5), Aufstockung (6) und Abbruch + Neubau (7)	9
Abbildung 1-4: Bestand und revitalisiertes Bürogebäude „Van Spaendonck Enterprise House“ architectenbureau cepezed b.v. Tilburg (NL) 2017	12
Abbildung 1-5: Bestand und revitalisiertes Geschäftshaus „Hohlstraße 560“ Romero Schaeffle Partner Architekten AG Zürich (CH) 2001	13
Abbildung 1-6: Bestand und revitalisiertes Wohngebäude „Quartier du Grand Parc“ Lacaton & Vassal architects mit Frédéric Druot und Christophe Hutin Bordeaux (FR) 2016	14
Abbildung 1-7: Bestand und revitalisiertes Wohnhochhaus „Güterstraße 30“ Freivogel Mayer Architekten Pforzheim (D) 2014	14
Abbildung 1-8: „The Silo“ – räumlich ineffiziente Umnutzung eines Industriebaus in eine Wohnnutzung COBE Kopenhagen (DK) 2017	16
Abbildung 1-9: Bestand und umgenutztes Bürogebäude „Tiramisù“ NZAG Regensdorf (CH) 2015	17
Abbildung 1-10: Bestand und umgenutztes Getreidesilo „The Silo“ COBE Kopenhagen (DK) 2017	17
Abbildung 1-11: Bestand und umgenutztes Bürogebäude „Bogenallee“ blauraum Architekten GmbH Hamburg (D) 2004	18
Abbildung 1-12: Bestand und umgenutztes Büro- und Laborgebäude „Quant“ Wilford Schupp Architekten Stuttgart (D) 2007	19
Abbildung 1-13: Bestand und umgenutzter Büroturm „Lyoner Straße“ Stefan Forster Architekten Frankfurt am Main / Niederrad (D) 2010	19
Abbildung 1-14: Herausforderungen für eine erfolgreiche Revitalisierung [1-23]	22

Abbildung 1-15: Schematische Darstellung der weitreichenden baulichen Maßnahmen für die Umnutzung bestehender Gebäude (links) und Zielsetzung für die Umnutzung von anpassungsfähigen Gebäuden mittels geringer baulicher Maßnahmen (rechts).....	23
Abbildung 2-1: Prinzipdarstellung zur Auswirkung der gesteigerten Energieeffizienz von Gebäuden auf das Verhältnis der grauen Energie für Material und Nutzung nach [2-4].	27
Abbildung 2-2: Gesamt- und Bauabfallaufkommen der aller EU-28-Staaten sowie die Anteile Deutschland von 2004 bis 2014 (Datengrundlage [2-7])	28
Abbildung 2-3: Prozentuale Aufteilung der Abfälle aus wirtschaftlichen Tätigkeiten und von Haushalten – EU-28, 2014 (Datengrundlage [2-7])	29
Abbildung 2-4: Prozentuale Anteile der EU-28-Staaten am Bauabfallaufkommen 2014 mit (links) und ohne (rechts) Bodenaushub und Nassbaggergütern (Datengrundlage [2-7])	29
Abbildung 2-5: Prozentuale Anteile und Masse in t der Abfälle im Bausektor (links) sowie Aufteilung der recyclingfähigen Abfälle im Bausektor (rechts) – EU-28, 2014 (Datengrundlage [2-7])	30
Abbildung 2-6: Abfallbehandlung der EU-28-Staaten (links) und Deutschlands (rechts) von 2004 bis 2014 [2-8].....	30
Abbildung 2-7: Anteile der Bauabfälle in Deutschland im Jahr 2014 [2-17].....	32
Abbildung 2-8: Entwicklung des Aufkommens mineralischer Bauabfälle sowie der Anteile an Recycling, Verwertung und Deponierung in Deutschland (Datenquellen [2-9]–[2-17])	32
Abbildung 2-9: Recycling, Wiederverwendung und Verwertung von Holz, Stahl und Beton [2-29], [2-30], [2-63]	32
Abbildung 2-10: Arbeitsprogramm des CEN/TC 350 (vgl. [2-31], [2-74])	34
Abbildung 2-11: Lebenszyklusphasen eines Gebäudes nach DIN EN 15804 [2-82]	35
Abbildung 2-12: Dimensionen der Nachhaltigkeitsbewertung mit Querschnittsqualitäten nach aktueller Version des BNB [2-41] und DGNB-System bis Version 2015 (links) sowie nach DGNB-System für Neubauten Version 2018 [2-40] (rechts).....	40

Abbildung 2-13: Ökobilanzierung von Tragwerken im Forschungsprojekt P1118 [2-45].....	43
Abbildung 2-14: Globales Erwärmungspotential (GWP) und nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf (PE _{ne}) von Beton in den verschiedenen Lebenszyklusmodulen in Abhängigkeit der Festigkeitsklasse (Datenbasis: [2-30]).....	45
Abbildung 2-15: Definition der Lebensdauer von Gebäuden und Gebäudebestandteilen (vgl. [2-50]).....	48
Abbildung 2-16: Einflüsse auf die technische und wirtschaftliche Lebensdauer von Bausystemen und Gebäuden ([2-50], [2-52])	49
Abbildung 2-17: Lebensdauer von Gebäudekomponenten nach [2-55].....	50
Abbildung 2-18: Ansatz zur Erhöhung der ökologischen Auswirkungen von Bauteilen, die innerhalb des Gebäudelebenszyklus auszutauschen sind	51
Abbildung 3-1: Problematik bei der Bewertung der Angemessenheit von Maßnahmen für die Anpassungsfähigkeit [3-4].....	62
Abbildung 3-2: Typisches Straßenbild in Städten zu Beginn des 20. Jahrhunderts: Drei bis fünfgeschossige Gebäude mit einer Ladennutzung im Erdgeschoss.	64
Abbildung 3-3: Markthalle in Rotterdam mit Wohnnutzung im überspannenden Rahmen MVRDV Rotterdam (NL) 2014	67
Abbildung 3-4: Wohn- und Geschäftshaus als mischgenutztes Gebäude im Gründerzeitviertel mit den Nutzungen Büro und Wohnen dominique coulou & associés Straßburg (F) 2015.....	68
Abbildung 3-5: Anordnungsvarianten mischgenutzter Geschossbauten.....	69
Abbildung 3-6: „Stadthaus M1“ – Mischnutzung mit Wohnen und Hotel Barkow Leibinger Gesellschaft von Architekten mbH Freiburg (D) 2013	71
Abbildung 3-7: „PEMA-headline“ – Mischnutzung mit Büroflächen, Hotel und Gewerbe Henke Schreieck Architekten ZT GmbH Innsbruck (AT) 2012.....	72
Abbildung 3-8: „The Mountain Dwellings“ – Mischnutzung mit Wohnen und Parken BIG Bjarke Ingels Group Kopenhagen (DK) 2008	73
Abbildung 3-9: „Sundbyøster Hall 2“ – Mischnutzung mit Supermarkt, Sporthalle und Wohnen Dorte Mandrup A/S Kopenhagen (DK) 2015.....	73

Abbildung 3-10: „Timmerhuis“ – Mischnutzung mit Büroflächen, Wohnen und Gewerbe OMA Rotterdam (NL) 2015	74
Abbildung 3-11: „Bethanien ” – Mischnutzung mit Büroflächen, Wohnen und Gewerbe E2A Architekten ETH BSA SIA AG Zürich (CH) 2017	75
Abbildung 3-12: Auszug aus dem Flächennutzungsplan der Stadt Darmstadt.....	77
Abbildung 3-13: Beispielhafter Grundriss eines flexiblen Bürogebäudes Hauptverwaltung Welthandelsorganisation WTO Wittfoht Architekten Genf (CH) 2013.....	87
Abbildung 3-14: Beispielhafter Grundriss eines Wohngebäudes Sihlbogen Areal B Dachtler Partner AG Architekten Zürich (CH) 2014	88
Abbildung 3-15: Beispielhafter Grundriss eines Wohngebäudes mit Laubengangerschließung Wozoco MVRDV Amsterdam (NL) 1997	89
Abbildung 3-16: Beispielhafter Grundriss eines Wohnheims für Senioren Pflegeheim Esternberg Gärtner + Neururer ZT GmbH Esternberg (AT) 2008.....	91
Abbildung 3-17: Beispielhafter Grundriss eines Studierendenwohnheims Studierendenwohnheim Sarphatistraat Claus en Kaan Architecten Amsterdam (NL) 2005	92
Abbildung 3-18: Beispielhafter Grundriss einer Beherbergungsstätte Alpenhotel Ammerwald Oskar Leo Kaufmann + Albert Rüb Reutte (AT) 2009	93
Abbildung 3-19: Beispielhafter Grundriss eines Parkhauses Parkhaus am Bollwerksturm MGF Architekten GmbH Heilbronn (D) 1998.....	95
Abbildung 3-20: Relevanz typisch städtischer Nutzungsarten zu den Geschossen von Gebäuden.....	96
Abbildung 3-21: Varianz der Gebäudeform am Beispiel der Nutzungsart Bürogebäude.....	98
Abbildung 3-22: Typologische Grundstrukturen der einbezogenen Nutzungsarten.....	99
Abbildung 3-23: Gebäudeparametermodell.....	100
Abbildung 3-24: Typische lichte Gebäudetiefen verschiedener Nutzungsarten sowie kompatible Gebäudetiefe	101
Abbildung 3-25: Stark eingeschränkte bis hohe Funktionalität in Hotelzimmern durch die Positionierung der Stützenreihe.....	103

Abbildung 3-26: Leicht eingeschränkte Funktionalität der Nutzungen Büro, Hotel und Parken im Ausbauraster von 1,20m (links); hohe Funktionalität der Nutzungen im Ausbauraster von 1,35 m (rechts).....	104
Abbildung 3-27: Typische lichte Geschosshöhen verschiedener Nutzungsarten sowie kompatible Geschosshöhe	106
Abbildung 3-28: Raumbedarf von Deckentragwerken inklusive Installationsraum der TGA	107
Abbildung 3-29: Kompatible Geschossstruktur in Schnitt und Grundriss	110
Abbildung 3-30: Unterschiedlich hohe Funktionalität und Flächenbedarf der Gebäudekerne in der Umnutzung von Büro- zu Wohngebäude	119
Abbildung 3-31: Projektbeispiel für die Fassadenarten sortiert nach den verschiedenen Nutzungsarten	121
Abbildung 3-32: Anforderungen an den Körper- sowie Luftschall in Räumen der verschiedenen Nutzungsarten gem. DIN 4109	122
Abbildung 3-33: Anschlussmöglichkeiten an verschiedene Fassadenarten von zusätzlichen oder zu verschiebenden Trennwänden	122
Abbildung 3-34: Vergleich Größe, Anzahl und Lage von Sanitärräumen in den Nutzungsarten Büro und Hotel.....	123
Abbildung 3-35: Übersicht relevanter Gebäude- und Planungsparameter für die Anpassungsfähigkeit von Geschossbauten	126
Abbildung 3-36: Nutzungsszenarien für Bürogebäude mit unterschiedlich hoher Variabilität	129
Abbildung 3-37: Räumliche und funktionale Kriterien zur Festlegung der Dimension der Referenzgebäude (ca. Flächen)	129
Abbildung 3-38: Referenzgebäude mit unterschiedlichen Variabilitätsgraden im Schnitt mit Angabe der Geschosshöhe und der Flächenlastanforderung	131
Abbildung 3-39: Übersicht der einbezogenen Kriterien für das Referenzgebäude mit geringer Variabilität	132
Abbildung 3-40: Schematische Grundrisse und Schnitte Büronutzung des Referenzgebäudes mit geringer Variabilität	133
Abbildung 3-41: Schematische Grundrisse Wohnnutzung (links) und Hotelnutzung (rechts) des Referenzgebäudes mit geringer Variabilität	134

Abbildung 3-42: Übersicht der einbezogenen Parameter für das Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität	135
Abbildung 3-43: Schematische Grundrisse und Schnitte Büronutzung des Referenzgebäudes mit mittlerer Variabilität.....	136
Abbildung 3-44: Schematische Grundrisse Wohnnutzung (links) und Hotelnutzung (rechts) des Referenzgebäudes mit mittlerer Variabilität.....	137
Abbildung 3-45: Übersicht der einbezogenen Parameter für das Referenzgebäude mit hoher Variabilität	138
Abbildung 3-46: Schematische Grundrisse und Schnitte Büronutzung des Referenzgebäudes mit hoher Variabilität	139
Abbildung 3-47: Schematische Grundrisse Wohnnutzung (links) und Hotelnutzung (rechts) des Referenzgebäudes mit hoher Variabilität	140
Abbildung 4-1: Vergleich der Flächenlastanforderungen verschiedener Nutzungsarten nach [4-53]	147
Abbildung 4-2: Träger- und Stützenabstände der Unterzugsdecken mit Ein- und Zweifeldverbundträgern	156
Abbildung 4-3: Quer- und Längsschnitte der Unterzugsdeckensysteme.....	156
Abbildung 4-4: Baustoffbedarf der Unterzugdecken mit Ein- und Zweifeldverbundträgern der Reihe IPE aus S355 und S460 bei einer Nutzlast von 3,0 und 5,0 kN/m ²	159
Abbildung 4-5: Primärenergiebedarf, Realisierungskosten und Höhe der Unterzugverbunddecken als Ein- und Zweifeldverbundträger.....	159
Abbildung 4-6: Träger- und Stützenraster sowie Quer- und Längsschnitte der Deckensysteme mit deckenintegrierten Trägern (IFB)	161
Abbildung 4-7: Baustoffbedarf, Primärenergiebedarf, Realisierungskosten und Höhen der Flachdeckensysteme	163
Abbildung 4-8: Querschnitt, Längsschnitt und Systemraster des TOPfloor Integral® Systems.....	165
Abbildung 4-9: Baustoff- und Primärenergiebedarf, Realisierungskosten und Höhen der TOPfloor Integral® Decken	165
Abbildung 4-10: Brandschutzmaßnahmen für Stahl- und Verbundkonstruktionen am Beispiel eines IPE-Deckenträgers mit dreiseitiger Brandbeanspruchung.....	167

Abbildung 4-11: Erforderliche Plattendicke bei 3-seitiger Brandbeanspruchung in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse und des Profilkoeffizienten für Gips-Feuerschutzplatten nach DIN 4102-4 [4-63]	168
Abbildung 4-12: Erforderliche Plattendicke bei 3-seitiger Brandbeanspruchung in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse und des Profilkoeffizienten für Brandschutzplatten auf Zementbasis (links) [4-38] und aus Steinwolle (rechts) [4-39].....	168
Abbildung 4-13: Erforderliche Schichtdicke verschiedener Spritzputzprodukte bei 3-seitiger Brandbeanspruchung in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse und des Profilkoeffizienten [4-67]–[4-69].....	168
Abbildung 4-14: Erforderliche Schichtdicke verschiedener Spritzputzprodukte auf Profillechen in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse [4-67]–[4-69].....	169
Abbildung 4-15: Erforderliche Trockenschichtdicke von dämmschichtbildendem Anstrich bei 3-seitiger Brandbeanspruchung in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse und des Profilkoeffizienten [4-70]	169
Abbildung 4-16: Kosten für Brandschutzmaßnahmen [4-31]	172
Abbildung 4-17: Verhältnis der Ökobilanzindikatoren der Brandschutzmaßnahmen.....	174
Abbildung 4-18: Einfluss der Brandschutzmaßnahmen auf den ökologischen Erfüllungsgrad eines Deckenträgers IPE550	175
Abbildung 4-19: Kostenanstieg durch verschiedene Brandschutzmaßnahmen am Beispiel eines Deckenträgers IPE550.....	176
Abbildung 4-20: Ansichten von Fassadensystemen, Lochfassade (l. o.), Bandfassade (r. o.), Elementfassade (l. u.) und Ganzglasfassade (r. u.)	179
Abbildung 4-21: Globales Erwärmungspotential und Primärenergiebedarf von Fassadensystemen.....	183
Abbildung 4-22: Isometrie der Gründungskörper	185
Abbildung 4-23: Abhängigkeit zwischen charakteristischer Gründungslast und Gründungsvolumen für Flach- und Pfahlgründungen	186
Abbildung 4-24: Abhängigkeit zwischen der charakteristischen Gründungslast, dem Primärenergiebedarf und den Realisierungskosten bei Flach- und Pfahlgründungen	186

Abbildung 4-25: Vereinfachte Darstellung der Regelquerschnitte der Referenzgebäude mit Untergeschossen, v. l. n. r. geringe, mittlere und hohe Variabilität	187
Abbildung 4-26: Vereinfachte Darstellung der Regelquerschnitte der Referenzgebäude ohne Untergeschosse, v. l. n. r. geringe, mittlere und hohe Variabilität	188
Abbildung 4-27: Deckensysteme für das hochvariable Referenzgebäude	190
Abbildung 4-28: Baustoffbedarf der Decken und Stützen sowie Primärenergiebedarf und Realisierungskosten der Decken, Stützen und des Brandschutzes	191
Abbildung 4-29: Fassadenfläche und Gebäudehöhe bei verschiedenen Deckenhöhen sowie Primärenergiebedarf und Realisierungskosten der Gebäude mit vollständig verglaster Pfosten-Riegel-Stahl-Fassade	193
Abbildung 4-30: Summe der Nutzlasten, Eigenlasten und Ausbaulasten der Gebäude, die auf die Grundfläche wirken	194
Abbildung 4-31: Baustoffbedarf der Gründungen bei hoch und gering tragfähigem Baugrund sowie Primärenergiebedarf und Realisierungskosten der Gebäude mit hoher Variabilität ohne Untergeschosse	194
Abbildung 4-32: Baustoffbedarf der Gebäudegründungen und Untergeschosse mit Decken und Stützen in Verbundbauweise bei hoch und gering tragfähigem Baugrund sowie Primärenergiebedarf und Realisierungskosten der Gebäude mit hoher Variabilität	195
Abbildung 4-33: Deckensysteme der Referenzgebäude	197
Abbildung 4-34: Baustoffbedarf der Decken und Stützen sowie Primärenergiebedarf und Realisierungskosten der Decken, Stützen und des Brandschutzes	198
Abbildung 4-35: Fassadenfläche und Gebäudehöhe infolge der verschiedenen Deckenhöhen sowie Primärenergiebedarf und Realisierungskosten der Gebäude mit vollständig verglaster Pfosten-Riegel-Stahl-Fassade	200
Abbildung 4-36: Summe der Nutzlasten, Eigenlasten und Ausbaulasten der Gebäude, die auf die Grundfläche wirken	201

Abbildung 4-37: Baustoffbedarf der Gebäudegründungen bei hoch und gering tragfähigem Baugrund sowie Primärenergiebedarf und Realisierungskosten der Referenzgebäude	202
Abbildung 4-38: Baustoffbedarf der Gebäudegründungen bei zwei Untergeschossen mit Decken und Stützen in Verbundbauweise bei hoch und gering tragfähigem Baugrund sowie Primärenergiebedarf und die Realisierungskosten der Referenzgebäude	203
Abbildung 4-39: Primärenergiebedarf, ökologischer Erfüllungsgrad und Realisierungskosten pro Lebenszyklusjahr der Referenzgebäude bei einer einheitlichen Lebensdauer von 50 Jahren.	205
Abbildung 4-40: Primärenergie, ökologischer Erfüllungsgrad und Realisierungskosten pro Lebenszyklusjahr der Referenzgebäude bei Lebensdauern von 50, 60 und 70 Jahren.	206
Abbildung 4-41: Primärenergie, ökologischer Erfüllungsgrad und Realisierungskosten pro Lebenszyklusjahr der Referenzgebäude bei Lebensdauern von 50, 75 und 100 Jahren.	207
Abbildung 5-1: Standortklassifikation nach BulwienGesa	213
Abbildung 5-2: Zuordnung der Städte zur A-, B-, C- und D-Kategorie	214
Abbildung 5-3: Entwicklung des BIP und der Erwerbstätigkeit in Deutschland	215
Abbildung 5-4: Entwicklung des VPI und BPI in Deutschland	215
Abbildung 5-5: Entwicklung des Immobilienindex für Wohnen und Gewerbe	217
Abbildung 5-6: Leerstandsdaten von Büroflächen nach A-, B-, C- und D-Stadtkategorie.....	218
Abbildung 5-7: Leerstandsdaten von Wohnflächen in den A-Städten.....	219
Abbildung 5-8: Anteile der DEHOGA-klassifizierten Hotels in Deutschland.....	220
Abbildung 5-9: Lebenszyklusmodell	225
Abbildung 5-10: Szenarien für die wirtschaftliche Bewertung der Variabilität und Multifunktionalität von Büro- und Geschäftsgebäuden.....	227
Abbildung 5-11: Modellbildung.....	228
Abbildung 5-12: Zielniveau von Risiken	229
Abbildung 5-13: Wahrscheinlichkeitsverteilungen.....	231
Abbildung 5-14: Beispiel für Dichte- und Verteilungsfunktion	233

Abbildung 5-15: Zusammenhang der Flächendefinitionen nach DIN 277-1:2016-01 und gif	252
Abbildung 5-16: Durchschnittliche Mietpreise für Büroflächen	253
Abbildung 5-17: Durchschnittliche Mietpreise für Ladenflächen	254
Abbildung 5-18: Durchschnittliche Mietpreise für Wohnflächen	255
Abbildung 6-1: Realisierungskostenverteilung – geringer Variabilität.....	262
Abbildung 6-2: Realisierungskostenverteilung – mittlere Variabilität	264
Abbildung 6-3: Realisierungskostenverteilung – hohe Variabilität.....	265
Abbildung 6-4: Vereinfachter schematischer Aufbau eines Vollständigen Finanzplans (VoFi)	268
Abbildung 6-5: Schematischer Funktionsverlauf der Eigenkapitalrentabilität in Abhängigkeit von K_n	270
Abbildung 6-6: Sensitivitätsanalyse ausgewählter Eingangsgößen innerhalb des Szenarios geringen Variabilität mit Umnutzung zu Hotel.....	283
Abbildung 6-7: Szenarienübergreifende Sensitivitätsanalyse der Realisierungskosten mit Umnutzung zu Wohnen.....	284
Abbildung 6-8: Szenarienübergreifende Sensitivitätsanalyse der Realisierungskosten mit mittlerer Variabilität in alle Nutzungsarten	285
Abbildung 6-9: Sensitivitätsanalyse des Eigenkapitaleinsatzes bei geringer Variabilität mit Umnutzung zu Hotel	286
Abbildung 6-10: Grafische Darstellung der Sensitivitätsanalyse Kosteneingangsgößen für Elemente der Tragkonstruktion	286

List of figures

Figure 1-1: Vacancy rate in % of the seven biggest cities in Germany [1-14], [1-15].....	5
Figure 1-2: Frøsilo – Transformation of a former silo building into a residential building of high quality, MVRDV, Copenhagen (DK) 2005.....	8
Figure 1-3: Variations of revitalisations with different intervention into the building structure – status quo (1), renovation (2), partial addition (3), partial extension (4), extension (5), addition of storey (6) and demolition + new construction (7)	9
Figure 1-4: Existing and revitalized office building “Van Spaendonck Enterprise House” architectenbureau cepezed b.v. Tilburg (NL) 2017	12
Figure 1-5: Existing and revitalized business building “Hohlstraße 560” Romero Schaeffle Partner Architekten AG Zurich (CH) 2001	13
Figure 1-6: Existing and revitalized residential building “Quartier du Grand Parc” Lacaton & Vassal architects with Frédéric Druot und Christophe Hutin Bordeaux (FR) 2016	14
Figure 1-7: Existing and revitalized residential tower “Güterstraße 30” Freivogel Mayer Architekten Pforzheim (D) 2014	14
Figure 1-8: “The Silo” – spatial inefficient conversion of an industrial building into a residential building COBE Copenhagen (DK) 2017.....	16
Figure 1-9: Existing and converted office building “Tiramisù” NZAG Regensdorf (CH) 2015.....	17
Figure 1-10: Existing and converted silo „The Silo“ COBE Copenhagen (DK) 2017.....	17
Figure 1-11: Existing and converted office building “Bogenallee“ blauraum Architekten GmbH Hamburg (D) 2004	18
Figure 1-12: Existing and converted office and laboratory building“Quant“ Wilford Schupp Architekten Stuttgart (D) 2007	19
Figure 1-13: Existing and converted office tower “Lyoner Straße“ Stefan Forster Architekten Frankfurt am Main / Niederrad (D) 2010	19
Figure 1-14: Challenges for a successful revitalization [1-23].....	22

Figure 1-15: Schematic Diagram of far-reaching structural measures for the conversion of existing buildings (left) and target setting for the conversion of adaptive buildings with less structural measures (right)	23
Figure 2-1: Exemplary effect of increased energy efficiency of buildings on the ratio of gray energy for material and use [2-4].....	27
Figure 2-2: Total and construction waste amount of all EU-28 states as well as the shares of Germany from 2004 to 2014 (database [2-7]).....	28
Figure 2-3: Percentage of waste from economic activities and households – EU-28, 2014 (datab. [2-7]).....	29
Figure 2-4: Percentage shares of the EU-28 states in construction waste amount in 2014 with (left) and without (right) excavated soil and dredging spoils (database [2-7]).....	29
Figure 2-5: Percentages share and mass in tonnes of waste in the construction sector (left) and shares of recyclable waste in the construction sector (right) – EU-28, 2014 (database [2-7]).....	30
Figure 2-6: Waste treatment of the EU-28 states (left) and Germany (right) from 2004 to 2014 [2-8].....	30
Figure 2-7: Share of construction waste in Germany in 2014 [2-17]	32
Figure 2-8: Development of the mineral construction waste amount as well as the share of recycling and landfilling in Germany (data sources [2-9]–[2-17]).....	32
Figure 2-9: Recycling and reuse of wood, steel and concrete [2-29], [2-30], [2-63].....	32
Figure 2-10: Work program of CEN/TC 350(cf. [2-31], [2-74]).....	34
Figure 2-11: Life cycle phases of a building according to DIN EN 15804 [2-82].....	35
Figure 2-12: Dimensions of the sustainability assessment with cross-sectional qualities according to the latest version of the BNB [2-41] and DGNB-System until version 2015 (left) and DGNB-System for new buildings version 2018 [2-40] (right).....	40
Figure 2-13: Life cycle assessment of structures in research project P1118 [2-45]	43
Figure 2-14: Global warming potential (GWP) and non-renewable primary energy demand (PE _{ne}) of concrete in the different life cycle modules depending on the strength class (database [2-30]).....	45

Figure 2-15: Definition of the lifespan of buildings and building components (see. [2-50])	48
Figure 2-16: Influences on the technical and economic lifespan of building systems and buildings ([2-50], [2-52])	49
Figure 2-17: Lifetime of building components acc. [2-55]	50
Figure 2-18: Approach to increase the environmental impact of components that need to be replaced within the building lifecycle	51
Figure 3-1: Difficulty in valuing the appropriateness of measures for the adaptability [3-4]	62
Figure 3-2: Typical street scene in cities at the beginning of the 20 th century: three- to five-storied buildings with retail space in the ground floor.	64
Figure 3-3: Market hall in Rotterdam with residential use in the overarching frame MVRDV Rotterdam (NL) 2014	67
Figure 3-4: Residential and business building as mix-used building in a Gründerzeit-style quarter with the type of use office and living dominique coulou & associates Strasbourg (F) 2015.	68
Figure 3-5: Arrangement variants of mixed-used multi-storey buildings	69
Figure 3-6: “Stadthaus M1” – mixed use project with a residential and a hotel use Barkow Leibinger Gesellschaft von Architekten mbH Freiburg (D) 2013.....	71
Figure 3-7: “PEMA headline” – mixed use project with an office, a hotel and a retail use Henke Schreieck Architekten ZT GmbH Innsbruck (AT) 2012.....	72
Figure 3-8: “PEMA headline” – mixed use project with a residential and a parking use BIG Bjarke Ingels Group Copenhagen (DK) 2008Projektbeispiel Mischnutzung „Sundbyøster Hall 2“ Example mixed-used project „Sundbyøster Hall 2“	73
Figure 3-9: “Sundbyøster Hall 2” – mixed use project with a supermarket, sports hall and a residential use Dorte Mandrup A/S Copenhagen (DK) 2015	73
Figure 3-10: “Timmerhuis” – mixed use project with an office, a residential and a retail use OMA Rotterdam (NL) 2015.....	74
Figure 3-11: “Bethanien” – mixed use project with an office, a residential and a retail use E2A Architekten ETH BSA SIA AG Zurich (CH) 2017	75
Figure 3-12: Extract of the land-use plan, city of Darmstadt	77

Figure 3-13: Exemplary floor plan of a flexible office building Headquarters World Trade Organisation WTO Wittfoht Architekten Geneva (CH) 2013	87
Figure 3-14: Exemplary floor plan of a residential building Sihlbogen Areal B Dachtler Partner AG Architekten Zurich (CH) 2014	88
Figure 3-15: Exemplary floor plan of a residential building with pergola access Wozoco MVRDV Amsterdam (NL) 1997	89
Figure 3-16: Exemplary floor plan of a senior residence Nursing home Esternberg Gärtner + Neururer ZT GmbH Esternberg (AT) 2008.....	91
Figure 3-17: Exemplary floor plan of a student residence Student residence Sarphatistraat Claus en Kaan Architecten Amsterdam (NL) 2005.....	92
Figure 3-18: Exemplary floor plan of an accommodation Alpenhotel Ammerwald Oskar Leo Kaufmann + Albert Rüt Reutte (AT) 2009	93
Figure 3-19: Exemplary floor plan of a parking garage Parking garage at Bollwerksturm MGF Architekten GmbH Heilbronn (D) 1998.....	95
Figure 3-20: Relevance of typical urban uses to the floors of buildings	96
Figure 3-21: Variation of the building shape by the example of the type of use office.....	98
Figure 3-22: Typological basic structure of the included types of use	99
Figure 3-23: Building parameter model	100
Figure 3-24: Typical building depth of different types of use as well as compatible building depth.....	101
Figure 3-25: Very limited to high functionality in hotel rooms due to the positioning of the column rows	103
Figure 3-26: Slight restricted functionality of the types of use office, hotel and parking by the interior grid of 1,20 m (left); high functionality of the types of use by the interior grid of 1,35 m (right)	104
Figure 3-27: Typical storey height of different types of use as well as compatible storey height.....	106
Figure 3-28: Space requirement of ceiling structures including installation space for the technical building equipment.....	107
Figure 3-29: Compatible structure of storeys as section and floor plan.....	110
Figure 3-30: Various functionality and space requirement of building cores in the transformation of an office into a residential building	119

Figure 3-31: Project examples for the types of façades sort by the different types of use	121
Figure 3-32: Requirements to the structure-borne and airborne sound in rooms of the different types of use in accordance with DIN 4109	122
Figure 3-33: Connection options to different types of façades of additional or sliding partitions	122
Figure 3-34: Comparison of size, number and position of sanitary facilities in the types of use office and hotel	123
Figure 3-35: Overview of relevant building and planning parameters describing the adaptability of multi-storey buildings	126
Figure 3-36: Usage Scenarios for office buildings with different variability	129
Figure 3-37: Spatial and functional criteria to dimension the reference buildings (ap. areas)	129
Figure 3-38: Sections of reference buildings with different degrees of variability with indications of room heights and imposed loads	131
Figure 3-39: Overview of the integrated parameters for the reference building with low variability	132
Figure 3-40: Schematically floor plan and sections office use of the reference building with low variability	133
Figure 3-41: Schematically floor plan residential use (left) and hotel use (right) of the reference building with low variability	134
Figure 3-42: Overview of the integrated parameters for the reference building with medium variability	135
Figure 3-43: Schematically floor plan and sections office use of the reference building with medium variability	136
Figure 3-44: Schematically floor plan residential use (left) and hotel use (right) of the reference building with medium variability	137
Figure 3-45: Overview of the integrated parameters for the reference building with high variability	138
Figure 3-46: Schematically floor plan and sections office use of the reference building with high variability	139
Figure 3-47: Schematically floor plan residential use (left) and hotel use (right) of the reference building with high variability	140

Figure 4-1: Comparison of imposed loads for different categories of use [4-53]	147
Figure 4-2: Beam and column spacing of the floor systems with single- and two-span composite beams	156
Figure 4-3: Transverse and longitudinal sections of the floor systems with downstand beams	156
Figure 4-4: Building material demand of the floor systems with single- and two-span composite beams IPE in S355 and S460 for imposed loads of 3,0 und 5,0 kN/m ²	159
Figure 4-5: Primary energy demand, realisation costs and height of the floor systems with single- and two-span composite beams.....	159
Figure 4-6: Beam and column spacing as well as cross and longitudinal section view of the ceiling systems with integrated floor beams (IFB)	161
Figure 4-7: Building material demand, primary energy demand, realisation costs and height of the ceiling systems with integrated floor beams (IFB)	163
Figure 4-8: Cross and longitudinal section view as well as system grid of the TOPfloor Integral® system.....	165
Figure 4-9: Building material and primary energy demand, realisation costs and construction height of the TOPfloor Integral® floors.....	165
Figure 4-10: Fire protection measures for steel and composite structures using the example of an IPE-beam with three sided fire exposure	167
Figure 4-11: Required plate thickness for three sided fire exposure depending on the fire resistance class and the profile factor for gypsum fire protection boards according to DIN 4102-4 [4-63]	168
Figure 4-12: Required plate thickness for three sided fire exposure depending on the fire resistance class and profile factor for cement-based fire protection boards (left) [4-38]and rock wool (right) [4-39]	168
Figure 4-13: Required layer thickness of various spray plaster products for three sided fire exposure depending on the fire resistance class and profile factor [4-67]–[4-69].....	168
Figure 4-14: Required layer thickness of various spray plaster products on profile sheets depending on the fire resistance class [4-67]–[4-69].....	169
Figure 4-15: Required dry film thickness of intumescent paint for three sided fire exposure depending on fire resistance class and profile factor [4-70].....	169

Figure 4-16: Costs of fire protection measures [4-31].....	172
Figure 4-17: Ratio of LCA indicators of fire protections.....	174
Figure 4-18: Influence of the fire protections on the ecological degree of fulfillment of a beam IPE550	175
Figure 4-19: Increase in costs due to various fire protection measures using the example of a beam IPE550.....	176
Figure 4-20: Views of facade systems, perforated facade (u. l.), facade with window bands (u. r.), element facade (l. l.) and all-glass facade (l. r.)	179
Figure 4-21: Global warming potential and primary energy demand of facade systems.....	183
Figure 4-22: Isometry of the foundations	185
Figure 4-23: Dependency between characteristic foundation load and foundation volume for flat and pile foundations	186
Figure 4-24: Dependency between the characteristic foundation load, the primary energy demand and the realisation costs for flat and pile foundations.....	186
Figure 4-25: Simplified cross section views of the reference buildings with basements, f. l. t. r. low, medium and high variability.....	187
Figure 4-26: Simplified cross section views of the reference buildings without basements, f. l. t. r. low, medium and high variability.....	188
Figure 4-27: Floor systems for the reference building with high variability	190
Figure 4-28: Building material demand of floors and columns as well as the primary energy demand and realisation costs of floors, columns and fire protection.....	191
Figure 4-29: Facade surface and building height due to the different floor heights as well as primary energy demand and realisation costs of the buildings with fully glazed mullion-transom steel facade	193
Figure 4-30: Sum of imposed, dead and additional dead loads of the buildings, acting on the ground floor area	194
Figure 4-31: Building material demand of the foundations for high and low load subsoil capacity as well as primary energy demand and realization costs of buildings with high variability without basements.....	194
Figure 4-32: Building material demand of the foundations and basements with floors and columns in composite construction for high and low subsoil capacity	

as well as primary energy demand and realisation costs of the buildings with high variability	195
Figure 4-33: Floor systems of the reference buildings	197
Figure 4-34: Building material demand of floors and columns as well as the primary energy demand and realisation costs of ceilings, columns and fire protection	198
Figure 4-35: Facade area and building height due to the different floor heights as well as primary energy demand and realisation costs of the buildings with fully glazed mullion-transom steel façade	200
Figure 4-36: Sum of imposed, dead and additional dead loads of the buildings, acting on the ground floor area	201
Figure 4-37: Building material demand of the foundations with high and low subsoil capacity as well as primary energy demand and realisation costs of the reference buildings	202
Figure 4-38: Building material demand of the foundations and basements with floors and columns in composite construction for high and low subsoil capacity as well as primary energy demand and realisation costs of the reference buildings	203
Figure 4-39: Primary energy demand, ecological degree of fulfillment and realisation costs per life-cycle year of the reference buildings with a uniform lifespan of 50 years.	205
Figure 4-40: Primary energy demand, ecological degree of fulfillment and realisation costs per life-cycle year of the reference buildings with lifespans of 50, 60 and 70 years.	206
Figure 4-41: Primary energy demand, ecological degree of fulfillment and realisation costs per life-cycle year of the reference buildings with lifespans of 50, 75 and 100 years.....	207
Figure 5-1: Classification of locations of BulwienGesa.....	213
Figure 5-2: Assignment of cities to A-, B-, C- and D-category.....	214
Figure 5-3: Development of the gross domestic product.....	215
Figure 5-4: Development of the consumer price index and the building cost index in germany.....	215

Figure 5-5: Development of the property index for residential and commercial buildings.....	217
Figure 5-6: Vacancy rates of office space of A-, B-, C- and D-categorised Cities...	218
Figure 5-7: Vacancy rates of residential space in A-Cities.....	219
Figure 5-8: Percentages of DEHOGA-classified hotels in Germany	220
Figure 5-9: Life Cycle Model	225
Figure 5-10: Scenarios for the economic evaluation of the variability and multifunctionality of office and commercial buildings	227
Figure 5-11: Modelling	228
Figure 5-12: Target level of risks	229
Figure 5-13: Probability distributions.....	231
Figure 5-14: Example of density and distribution function.....	233
Figure 5-15: Connection of area definition based on din 277-1:2016-01 and gif....	252
Figure 5-16: Average rental rates for office areas.....	253
Figure 5-17: Average rental rates for retail and sales areas	254
Figure 5-18: Average rental rates for habitation areas.....	255
Figure 6-1: Realisation cost distribution – low variability.....	262
Figure 6-2: Realisation cost distribution – medium variability	264
Figure 6-3: Realisation cost distribution – high variability	265
Figure 6-4: Simplified schematic structure of a full financial plan.....	268
Figure 6-5: Schematic course of function of equity return in dependence of k_n	270
Figure 6-6: Sensitivity analysis of selected input variables within the scenario of low variability with conversion to hotel	283
Figure 6-7: Scenario-spreading sensitivity analysis of the realisation costs with conversion to living	284
Figure 6-8: Cross-scenario sensitivity analysis of realisation costs with middle variability in all types of use	285
Figure 6-9: Sensitivity analysis of the equity investment with low variability with conversion to hotel.....	286
Figure 6-10: Graphical representation of sensitivity analysis of cost inputs for elements of the supporting structure.....	287

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Zertifizierung von Gebäuden nach BNB, vgl. [2-41]	38
Tabelle 2-2: Zertifizierung von Gebäuden nach DGNB-System ab Juli 2015, vgl. [2-40].....	38
Tabelle 2-3: Aktuelle Versionen der BNB Bewertungskataloge für verschiedene Gebäudetypen (Stand April 2018, vgl. [2-41])	39
Tabelle 2-4: Kriterien zur Beurteilung der ökologischen Qualität und Bedeutungsfaktoren nach BNB_BN 2015 [2-41]	41
Tabelle 2-5: Referenz-, Ziel und Grenzwerte der globalen Umweltkriterien nach BNB [2-41].....	42
Tabelle 2-6: Referenz-, Ziel und Grenzwerte des Primärenergiebedarf sowie die Punktermittlung in den Teilkriterien nach BNB [2-41].....	42
Tabelle 2-7: Ausgewählte ökologische Indikatoren für verschiedene Bauprodukte.....	45
Tabelle 2-8: Übersicht aktueller spezifischer durch das IBU [2-47] zertifizierter Datensätze zur ökologischen Bilanzierung von Stahlerzeugnissen (nicht erschöpfend)	46
Tabelle 2-9: Übersicht aktueller generischer Datensätze der ÖKOBAUDAT [2-64] zur ökologischen Bilanzierung von Stahlerzeugnissen.....	47
Tabelle 2-10: Kriterien zur Beurteilung der ökonomischen Qualität verschiedener Gebäudetypen nach DGNB-System [2-40]	52
Tabelle 2-11: Kriterien zur Beurteilung der ökonomischen Qualität und Bedeutungsfaktoren nach BNB, Kriterienkatalog Büro- und Verwaltungsgebäude Neubau [2-41]	53
Tabelle 2-12: Anforderungsniveau der gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus nach BNB [2-41] und DGNB-System [2-40] in € / (m ² _{BGF} × a)	54
Tabelle 2-13: Anforderungen des BNB und DGNB-Systems für ausgewählte Nutzungsarten für anpassungsfähige Gebäude [2-40], [2-41].....	56
Tabelle 2-14: Zusammensetzung der Netto-Angebotssumme(vgl. [2-60])	58
Tabelle 3-1: Übersicht über zulässige Nutzungskombinationen der Baunutzungsverordnung	78

Tabelle 3-2: Ausführungsvorgaben an den Wärmedurchgangskoeffizienten für wärmeübertragende Umfassungsflächen des Referenzgebäudes gem. EnEV 2016 [3-29].....	84
Tabelle 3-3: Anforderungen des Brandschutzes an Bauteile gem. MBO und verschiedener Sonderbauverordnungen.....	114
Tabelle 4-1: Auszug zu den Kombinationsbeiwerten im Hochbau nach DIN EN1990/NA [4-54].....	148
Tabelle 4-2: Empfehlung zur Einstufung der Flächennutzung in Akzeptanzklassen in Abhängigkeit zum OS-RMS ₉₀ -Wert, vgl. [4-9].	151
Tabelle 4-3: Dämpfungsanteile verschiedener Faktoren, vgl. [4-9].....	151
Tabelle 4-4: Ökologische Indikatoren von Brandschutzprodukten für Stahlkonstruktionen je kg (ausführliche Tabelle siehe Anhang C2)	171
Tabelle 4-5: Ökologische Indikatoren von Hilfsbaustoffen für Brandschutzprodukte je kg (ausführliche Tabelle siehe Anhang C2).....	171
Tabelle 4-6: Übersicht zu den untersuchten Brandschutzsystemen mit Bekleidungsstärken und Materialbedarf in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse (ausführliche Tabelle siehe Anhang C3)	173
Tabelle 4-7: Nutzungsdauer von Brandschutzmaßnahmen nach den Angaben der jeweiligen Umweltproduktdeklarationen und technischen Zulassungen	177
Tabelle 4-8: Ökologische Indikatoren von Pfosten-Riegel-Fassadensystemen mit Aluminium- und Stahlrahmen und Dreifachverglasung	181
Tabelle 4-9: Aufbau und ökologische Indikatoren der Loch- und Bandfassade	182
Tabelle 4-10: Gebäudehöhe, Fassadenfläche und Flächenfaktor der Fassade zur BGF _a mit 6800 m ²	199
Tabelle 5-1: Verfahren der Investitionsrechnung	222
Tabelle 5-2: Monte-Carlo- und Latin-Hypercube-Simulation.....	232
Tabelle 5-3: Risikoarten und die Berücksichtigung im Investitionsmodell	235
Tabelle 5-4: Vergleich der Simulationsmethoden und Anzahl der Iterationen.....	236
Tabelle 5-5: Gegenüberstellung der Dichtefunktionen mit 500 Iterationen	237
Tabelle 5-6: Simulationsergebnisse zum Vergleich der Verteilungsfunktionen.....	240
Tabelle 5-7: Einflussgrößen im Lebenszyklusmodell	241
Tabelle 5-8: Kostengliederung von Bau- und Nutzungskosten	242

Tabelle 5-9: Auszug aus der Kostengliederungsstruktur nach DIN 276-1:2008-12 mit Leitpositionen	243
Tabelle 5-10 Kostengliederung mit Leitpositionen für Kostengruppe 330 – Außenwände	245
Tabelle 5-11: Kostengliederung mit Leitpositionen für Kostengruppe 340 – Innenwände.....	246
Tabelle 5-12: Kostengliederung mit Leitpositionen für Kostengruppe 350 – Decken.....	246
Tabelle 5-13: Kostengliederung mit Leitpositionen für Kostengruppe 360 – Dächer.....	247
Tabelle 5-14: Kostenkennwerte der Leitpositionen	248
Tabelle 5-15: Pauschale Kostenansätze der Realisierungsphase	249
Tabelle 5-16: Pauschale Kostenansätze der Umbauphase.....	250
Tabelle 5-17: Ansätze für Nutzungskosten.....	250
Tabelle 5-18: Projektspezifische Erlösansätze der Nutzungsarten	257
Tabelle 6-1: Notwendige Bezugsmengen für die Ermittlung der Realisierungs- und Umbaukosten	260
Tabelle 6-2: Realisierungskosten für Gebäude mit geringer Variabilität.....	262
Tabelle 6-3: Realisierungskosten für Gebäude mit mittlerer Variabilität.....	263
Tabelle 6-4: Realisierungskosten für Gebäude mit hoher Variabilität.....	264
Tabelle 6-5: Umbaukosten für die Umnutzungsszenarien.....	265
Tabelle 6-6: Überblick zu den gesamten Baukosten (Realisierungs- und Umbaukosten).....	266
Tabelle 6-7: Überblick zu den jährlichen Nutzungskosten.....	267
Tabelle 6-8: Überblick zu den Eingangsgrößen des Vollständigen Finanzplanes ...	271
Tabelle 6-9: Bestimmung der Regionalfaktor Anpassung.....	272
Tabelle 6-10: Eigenkapitalrentabilitäten der Szenarien	276
Tabelle 6-11: Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Zielgröße: Eigenkapitalrentabilität	277
Tabelle 6-12: Auswertung zur positiven Renditeentwicklung der Szenarien	278
Tabelle 6-13: Auswirkungen veränderter Eingangsgrößen auf die Eigenkapitalrentabilität (Teil 1 von 2)	280

Tabelle 6-14: Auswirkungen veränderter Eingangsgrößen auf die Eigenkapitalrentabilität (Teil 2 von 2)	281
Tabelle 6-15: Szenarienübergreifende Auswertung der Ergebnisse innerhalb einer Umnutzungsart.....	283
Tabelle 6-16: Szenarienübergreifende Auswertung der Ergebnisse innerhalb der mittleren Variabilität	284
Tabelle 6-17: Sensitivitätsanalyse der Kosteneingangsgrößen für Elemente der Tragkonstruktion	286

List of tables

Table 2-1: Certification of buildings according to BNB, cp. [2-41]	38
Table 2-2: Certification of buildings according to DGNB-System from July 2015, cp. [2-40]	38
Table 2-3: Current versions of the BNB assessment catalogs for different building types (April 2018, see. [2-41])	39
Table 2-4: Criteria for the assessment of ecological quality and importance factors acc. BNB_BN 2015 [2-41]	41
Table 2-5: Reference, target and limit values of the global environmental criteria acc. BNB [2-41]	42
Table 2-6: Reference, target and limit values of primary energy demand as well as the determination of points in sub-criteria acc. BNB [2-41]	42
Table 2-7: Selected ecological indicators for various construction products	45
Table 2-8: Overview of current specific data sets certified by the IBU [2-47] for the LCA of steel products (not exhaustive)	46
Table 2-9: Overview of current generic datasets of ÖKOBAUDAT [2-64] for the LCA of steel products	47
Table 2-10: Criteria for assessing the economic quality of different building types acc. DGNB-system [2-40]	52
Table 2-11: Criteria for assessing the economic quality and importance factors acc. BNB, criteria catalog for new office and administration building [2-41]	53
Table 2-12: Requirement level of building-related costs in the life cycle acc. BNB [2-41] and DGNB system [2-40] in € / (m ² _{BGF} × a)	54
Table 2-13: Requirements for adaptable buildings of the BNB and DGNB system for selected types of use [2-40], [2-41]	56
Table 2-14: Comparison of the net contract prices (cf. [2-60])	58
Table 3-1: Overview of permitted combinations of uses in the Federal Land Utilization Ordinance	78
Table 3-2: Construction specifications to the heat transmission coefficient for the heat transferring perimeter surface of the reference building in accordance with the EnEV 2016 [3-29]	84

Table 3-3: Requirements of the fire protection to building components under the MBO and different special building regulations	114
Table 4-1: Combination factors according to DIN EN1990/NA [4-54]	148
Table 4-2: Recommendation for the classification of use categories into serviceability classes as a function of OS-RMS90, cp. [4-9].....	151
Table 4-3: Damping effect of different elements , cp. [4-9].	151
Table 4-4: Ecological indicators of fire protection products for steel structures per kg (detailed table see Annex C2).....	171
Table 4-5: Ecological indicators of auxiliary materials for fire protection per kg (detailed table see Annex C2).....	171
Table 4-6: Overview of the investigated fire protection systems with layer thicknesses and material demand depending on the fire resistance class (detailed table see Annex C3).....	173
Table 4-7: Service life of fire protection measures according to the specifications of the respective EPD and technical approvals.....	177
Table 4-8: Ecological indicators of transom-mullion-facade systems with aluminum and steel frames and triple glazing	181
Table 4-9: Construction and ecological indicators of the perforated facade and facade with window bands	182
Table 4-10: Building height, facade area and area factor of the façade to GFA _a with 6800 m ²	199
Table 5-1: Methods of capital budgeting	222
Table 5-2: Monte-Carlo- and Latin-Hypercube-Simulation.....	232
Table 5-3: Risk types and consideration in the investment model	235
Table 5-4: Comparison of simulation methods and number of iterations	236
Table 5-5: Comparison of density functions with 500 iterations	237
Table 5-6: Simulation results for comparison of the distribution functions	240
Table 5-7: Input variables in the life cycle model	241
Table 5-8: Cost classification of construction and operational costs	242
Table 5-9: Example of the cost structure according to DIN 276-1:2008-12 and leading positions	243
Table 5-10 Cost breakdown with lead positions for cost group 330 – exterior walls.....	245

Table 5-11: Cost breakdown with lead positions for cost group 340 – interior walls	246
Table 5-12: Cost breakdown with lead positions for cost group 350 – slabs	246
Table 5-13: Cost breakdown with lead positions for cost group 360 – roofs	247
Table 5-14: Cost values of the lead positions.....	248
Table 5-15: Flat cost values of the realisation phase	249
Table 5-16: Flat cost values of the renovation phase	250
Table 5-17: Approaches to Usage Costs.....	250
Table 5-18: Project-related revenues of usage types	257
Table 6-1: Necessary quantities for the determination of realisation and renovation costs	260
Table 6-2: Realisation costs for buildings with low variability	262
Table 6-3: Realisation costs for buildings with medium variability	263
Table 6-4: Realisation costs for buildings with high variability	264
Table 6-5: Renovation costs for conversion scenarios	265
Table 6-6: Overview of the total construction costs (realisation and renovation costs).....	266
Table 6-7: Overview of annual usage costs	267
Table 6-8: Overview of input variables of the complete financial plan	271
Table 6-9: Determination of regional factor adjustment.....	272
Table 6-10: Return on equity of the scenarios.....	276
Table 6-11: Probability distributions of the target: return on equity	277
Table 6-12: Evaluation of the positive yield development of the scenarios	278
Table 6-13: Impact of changed input variables on return on equity (part 1 of 2)	280
Table 6-14: Impact of changed input variables on return on equity (part 2 of 2)	281
Table 6-15: Cross-scenario evaluation of the results within one usage	283
Table 6-16: Cross-scenario evaluation of the results within the middle degree of variability	284
Table 6-17: Sensitivity analysis of cost inputs for elements of the supporting structure	286

Abkürzungsverzeichnis / Abbreviations and symbols

AbZ	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung
AP	Acidification potential (Versauerungspotenzial)
BGF _a	Bruttogrundfläche
BNB	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen
CEN	Comité Européen de Normalisation (Europäisches Komitee für Normung)
CoSFB	Composite Slim-Floor-Beam (Flachdeckenträger mit Verbundwirkung)
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V.
DIN	Deutsches Institut für Normung
EC	Eurocode
EnEV	Energieeinsparverordnung
EP	Eutrophication potential (Eutrophicationspotenzial)
EPD	Environmental product declaration (Umweltproduktdeklaration)
et al.	et alii / et aliae; und andere
GJ	Gigajoule
GWP	Global warming potential (Treibhauspotenzial)
IBU	Institut Bauen und Umwelt e. V.
ISO	International Organisation for Standardisation (Internationale Organisation für Normung)
KPP	kombinierte Pfahl-Plattengründung
LCA	Life cycle assesment (Ökobilanz)
LCC	Life-Cycle-Costing (Lebenszykluskosten)
LMI	Lead Market Initiative
MBO	Musterbauordnung
MJ	Megajoule
NA	Nationaler Anhang
NCI	Non-contradictory complementary information (nicht im Widerspruch stehende zusätzliche Information)
NE	Nutzeinheiten
NGF _a	Nettogrundfläche
ODP	Ozone depletion potential (Ozonabbaupotenzial)
PE _e	Primärenergie erneuerbar
PE _{ne}	Primärenergie nicht erneuerbar
PE _{ges}	Gesamtprimärenergiebedarf (Enthält auch den sekundären Energieanteil falls dieser in EPDs angegeben ist)
POCP	photochemical ozone creation potential (Potenzial zur Bildung troposphärischen Ozons)

SE _e	Sekundärenergie erneuerbar
SE _{ne}	Sekundärenergie nicht erneuerbar
TJ	Terrajoule
VDI	Verein Deutscher Ingenieure

Glossar Glossary

Abfall:

jeder Stoff oder Gegenstand dessen sich sein Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss

Acidification potential (AP):

beschreibt das Potenzial eines Stoffs zur Versauerung von Boden- und Wasserressourcen und wird als Schwefeldioxid-Äquivalent (kg SO₂-Äquiv.) angegeben

Eutrophication potential (EP):

beschreibt den Eintrag von Phosphor- und Stickstoffverbindungen in Boden und Gewässer die zur Überdüngung (Eutrophierung) beitragen und wird als Phosphat-Äquivalent (kg PO₄-Äquiv.) angegeben

Flexibilität:

Anpassungsform von Gebäuden, Grundrissen oder Räumen bei gleichbleibender Nutzungsart.

Generische Ökobilanzdaten:

nicht-verifizierte, auf technischem Wissen oder Literatur basierende Daten, die mit einem Sicherheitszuschlag versehen sind. Diese sind nur anzuwenden, wenn keine systemspezifischen Daten zur Verfügung stehen.

Geschäftshaus:

ein Gebäude, dessen Räume dem allgemeinen Verständnis nach, nur gewerblichen Zwecken dienen. In Kombination mit Wohnzwecken erfolgt häufig die Bezeichnung als Wohn- und Geschäftshaus.

Global warming potential (GWP):

das globale Erwärmungspotential beschreibt den Beitrag eines Stoffs zum Treibhauseffekt durch die Freisetzung von Treibhausgasen. Es wird relativ zum Treibhauspotenzial von Kohlenstoffdioxid als CO₂-Äquivalent (kg CO₂-Äquiv.) angegeben

Konversion:

Form der Umnutzung, die (zeitweise) ungenutzte Brachflächen in den urbanen Raum wieder eingliedert.

Lebenszyklus (von Gebäuden):

beschreibt den Prozess von der Herstellung, einschließlich der Rohstoffgewinnung über die Nutzung, Instandsetzung und Modernisierung bis zum Abriss. Der Lebenszyklus gliedert sich in mehrere Lebenszyklusphasen wobei die Nutzungsphase in verschiedene Lebensdauerabschnitte unterteilt werden kann.

Leerstand:

kurzfristig verfügbares Büroflächenangebot, das zum Zeitpunkt der Erfassung ungenutzt oder innerhalb von drei Monaten beziehbar ist.

Mischnutzung:

Quartiere oder Gebäude, in denen verschiedene Nutzungen die Diversität im Stadtraum fördern.

modale Masse:

ist der Massenanteil, welcher unter einer bestimmten Schwingungsform ange-regt wird.

Nachnutzung:

abweichende Nutzung nach der ursprünglich einem Gebäude oder Fläche zu-gedachten Nutzung.

Ökobilanz (LCA):

die Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse und der potenziellen Umweltwirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines Le-benszyklus

Ozone depletion poential (ODP):

beschreibt das Potenzial zum Abbau der stratosphärischen Ozonschicht und wird relativ zu Fluorchlorkohlenwasserstoff als kg R11-Äquivalent angegeben (auch als kg CFC 11-Äquiv. bezeichnet)

Photochemical ozone creation potential (POCP):

beschreibt den Beitrag schädlicher Spurengase zur Bildung bodennahen Ozons und wird als Ethen-Äquivalent (kg C₂H₄-Äquiv.) angegeben

Primärenergie:

bezeichnet die Energie, die mittels natürlicher Energieträger erzeugt wird. Da-bei wird unterschieden in nicht erneuerbare Energieträger (z. B. Kohle, Erdgas, Erdöl) und erneuerbare Energieträger (z. B. Sonne, Wind, Geothermie, Bio-masse)

Recycling:

Prozess der Rückgewinnung, durch den Abfallstoffe zu Produkten, Werkstoffen oder Stoffen wiederaufbereitet werden, die entweder ihrem ursprünglichen Zweck oder anderen Zwecken dienen

Revitalisierung:

Anpassungsprozess von Immobilien, die über eine reine Sanierung hinausge-hen. Die Revitalisierung von Wohn-, Büro-, Handels- und auch Industrieimmo-bilien bezweckt die Anpassung der Gebäude an zeitgemäße Nutzer- und Nut-zungsanforderung bei gleichbleibender Nutzung. Sie beinhaltet Strategien Ge-bäude für den Immobilienmarkt wettbewerbsfähig zu machen.

Sekundärenergie:

durch Energieumwandlung oder Raffination erzeugt bzw. veredelt Energie bspw. Mineralölerzeugnisse, Fernwärme oder elektrischer Strom

spezifische Ökobilanzdaten

Daten, die für ein Produkt, eine Produktgruppe oder Dienstleistung repräsen-tativ sind und die von einem Hersteller oder Produktverband bereitgestellt wer-den

Struktureller Leerstand:

Büroflächenangebot, das unabhängig der konjunkturellen Lage für längere Zeit – mehr als drei Monate – leer steht und fehlende Möglichkeiten bestehen, es zu marktüblichen Preisen einer Wiederverwertung zu zuführen.

Umnutzung:

erweiterte Form der Revitalisierung, die eine Nutzungsveränderung beinhaltet. Die Nutzungsänderung ist baurechtlich einem Neubau gleichzustellen und bedarf einer Baugenehmigung.

Umweltdeklaration Typ III (EPD):

Umweltdeklaration, die quantitative umweltbezogene Daten auf der Grundlage festgelegter Parameter bereitstellt, und dort, wo dies notwendig ist, ergänzende Umweltinformationen

Umweltindikatoren:

methodische Kenngröße die auf eine messbare Ersatzgröße (*Indicans*) zurückgreift um somit komplexe Umwelt-Sachverhalt zu beschreiben

Variabilität:

Anpassungsform von Gebäuden, Grundrissen oder Räumen bei veränderter Nutzungsart.

1 Einleitung Introduction

Kurzfassung

Trotz der aktuell positiven wirtschaftlichen Lage und der lang anhaltenden Wachstumsphase des Immobilienmarktes ist nur ein geringfügiger Rückgang der Leerstandraten von Büroimmobilien festzustellen. Im vorliegenden Kapitel werden die Ursachen dieser Entwicklung analysiert und die Ziele des Forschungsvorhabens beschrieben. Zudem werden Hinweise zum Aufbau des Forschungsberichtes gegeben. Aus Projektbeispielen revitalisierter oder umgenutzter Immobilien werden Erkenntnisse für die Objektplanung abgeleitet, auf deren Basis die objektplanerischen, konstruktiven und wirtschaftlichen Anforderungen in den nachfolgenden Kapiteln entwickelt werden.

Abstract

Only a slight decline in the vacancy rates of office real estates can be observed despite of the current positive economic situation and the long-term growth of the real estate market. This Chapter analyses the causes of this development and describes the resulting objectives of the research project. Furthermore, information about the structure of the research report are given. By means of project examples of revitalisation or conversion real estates, findings for the object planning are derived. On this basis, the object planning, constructive and economic requirements are developed in subsequent chapters.

1.1 Motivation und Ziele des Forschungsvorhabens Motivation and objectives of the research project

Der konjunkturelle Aufschwung führte in den vergangenen Jahren, insbesondere in den zentralen Lagen der A- und B-Städte, zu einer Verknappung von Büroflächen. Dennoch stellt der strukturelle Leerstand von Bürogebäuden in Deutschland und in vielen anderen europäischen Ländern ein generelles Problem dar. Wie die Erfahrungen aus den vergangenen Jahrzehnten zeigen, führt die Errichtung kostengünstiger monofunktionaler Gebäudestrukturen und Stadtteile, wie sie vielerorts seit den 1970er Jahren umgesetzt wurden, häufig zu einem frühzeitigen Leerstand. Dabei ermöglichen es die Gebäude nicht, mit einem für den Investor vertretbaren monetären Aufwand auf eine Veränderung der Nutzeranforderungen zu reagieren. Der daraus resultierende frühzeitige Abriss und Neubau führt zu einem erhöhten Ressourcenverbrauch und zusätzlichen umweltschädlichen Emissionen. Angesichts der voranschreitenden globalen Erwärmung und des Klimawandels besteht jedoch vor allem im Bausektor die Notwendigkeit, die Nachhaltigkeit der Bauwerke und deren technische und wirtschaftliche Lebensdauer zu erhöhen.

Im AIF-FOSTA-Forschungsprojekt P881 [1-1] erfolgte durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Architekten, Tragwerksplanern, Arbeitswissenschaftlern und Ökonomen die Erarbeitung von Planungshilfen für nachhaltige Bürogebäude in Stahl- und

Verbundbauweise. In diesem Zusammenhang erfolgten die Analyse von Bewertungssystemen für die Nachhaltigkeit, die Entwicklung von Methoden zur Bewertung von Baukonstruktionen, Strukturoptimierungen für flexible Bürogrundrisse und die Zusammenstellung von Datengrundlagen zur Bilanzierung der Ökonomie und Ökologie der Gebäude.

Aufbauend auf P881 wurde das AIF-FOSTA-Forschungsprojekt P1118 zur Entwicklung multifunktionaler Büro- und Geschäftshäuser konzipiert. Mit dem Vorhaben werden Wege aufgezeigt, wie eine multifunktionale Nutzung von Büro- und Geschäftshäusern

- durch geeignete Planungsansätze,
- durch die Gestaltung der Rohbaukonstruktionen und Schaffung geeigneter Randbedingungen für den technischen und strukturellen Ausbau sowie durch eine
- geeignete Fassadenkonstruktion und optimierte Erschließung ermöglicht wird.

In Bezug auf die Funktionalität stehen unterschiedliche Mischnutzungen im Vordergrund. Es werden Szenarien für verschiedene Nutzungsformen analysiert und unter Berücksichtigung des Baurechts die objektplanerischen Anforderungen an die Tragstrukturen für unterschiedliche Grade der Funktionalität abgeleitet.

Aufbauend auf und in Ergänzung zum Forschungsprojekt P881 wird der Einfluss der Stahl- und Verbundkonstruktionen auf wesentliche Nachhaltigkeitskriterien untersucht. Im Fokus stehen gleichberechtigt zur Ökologie die ökonomischen Fragestellungen der Gebäudeerrichtung, des Nutzwertes und der Vermarktungsfähigkeit. Neben den direkten Auswirkungen auf die in dieser Bauweise errichteten Tragkonstruktionen (Decken, Unterzüge, Stützen) werden Wechselwirkungen auf vertikale Bauteile und Gründungselemente (hier insbesondere Auswirkungen der Konstruktionshöhen und Gebäudemassen) verifiziert.

Die Optimierung der Rohbaukonstruktionen erfolgt durch geeignete Wahl der Bausysteme, elementiertes Bauen, Optimierung der Rastermaße und umweltgerechte Gestaltung der Bauelemente. Ferner werden die Schnittstellen zum Ausbau, der Technischen Gebäudeausrüstung und den Fassaden untersucht und Lösungen zur Schaffung der Umnutzungsfähigkeit bei geringen Umbauaufwendungen entwickelt und aufbereitet. Ergänzend und in enger Beziehung zur planerischen und strukturellen Umsetzung stehen ökonomische Fragestellungen aus der Immobilienwirtschaft. Mit welchen Mehrkosten ist im Vergleich zu weniger flexibel und variabel nutzbaren Gebäuden zu rechnen? In welchem Maße erhöht sich die Vermarktungsfähigkeit und wie kann dies über die relevanten Nutzungszeiträume monetär bewertet werden? Welche Renditeerwartungen lassen sich vor dem Hintergrund der höheren Anfangsinvestitionen, längerer Nutzungsdauern, geringerer Umbauaufwendungen und Ausfallzeiten ableiten? Was bringt die Stahl- und Verbundbauweise mit ihren kürzeren Bauzeiten, der höheren Prozesssicherheit, der früheren Verfügbarkeit und der erhöhten Flexibilität/Variabilität bei späteren Umbaumaßnahmen?

Die ökonomische Bewertung basiert auf einer umfassenden Lebenszyklusbetrachtung. Dabei kommen Vollständige Finanzpläne (VoFi) unter Berücksichtigung aller relevanten Zahlungsflüsse zum Einsatz. Ergänzt wird das Modell durch die Integration von

Risiken, die mit Hilfe von stochastischen Ansätzen quantifiziert werden. Darauf aufbauend werden Entscheidungshilfen erarbeitet, die von Investoren, Projektentwicklern und Bauherren für ihre Investitionen, aber auch von Architekten und Ingenieuren bei ihren Planungsansätzen zugrunde gelegt werden können.

1.2 Aufbau und Inhalt des Forschungsberichtes Structure and content of the research report

In den nachfolgenden Abschnitten werden zunächst die aktuelle Situation des Immobilienmarktes sowie die Ursachen des strukturellen Immobilienleerstandes analysiert. Weiterhin werden Projektbeispiele revitalisierter oder umgenutzter Immobilien vorgestellt und Erkenntnisse für die Objektplanung abgeleitet.

Das zweite Kapitel des Forschungsberichtes beschreibt die Grundlagen der Nachhaltigkeitsbewertung. Neben den normativen Grundlagen werden vor allem die Bewertungskriterien der ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit beleuchtet sowie die im Forschungsprojekt angewendeten Bewertungsmethoden beschrieben.

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus bisherigen Revitalisierungsprojekten erfolgt in Kapitel 3 die Erarbeitung von Empfehlungen für die Objektplanung multifunktionaler Gebäude. Dabei werden die Anforderungen verschiedener Nutzungsarten, wie beispielweise lichte Geschosshöhe, Gebäudetiefe oder Erschließung, zusammengefasst. Durch eine Überlagerung der genannten Aspekte ergeben sich die Anforderungen variabler Gebäudestrukturen. Diese werden anhand von Entwürfen von Referenzgebäuden mit verschiedenen Variabilitätsgraden verdeutlicht.

Aufbauend auf den objektplanerischen Anforderungen werden im 4. Kapitel die konstruktiven Implikationen abgeleitet, die sich aus einer multifunktionalen Nutzung ergeben. Es werden die Eigenschaften klassischer und multifunktionaler Deckensysteme in Verbundbauweise sowie die Einflüsse des Brandschutzes, der Fassaden und Gebäudegründungen beleuchtet. In Parameterstudien werden die ökologischen, monetären und funktionalen Einflüsse der verschiedenen Gebäudebestandteile bewertet. Am Beispiel der Referenzgebäude werden die Zusammenhänge der Gebäudekomponenten sowie die Auswirkungen einer Verlängerung des Lebenszyklus untersucht.

Im 5. und 6. Kapitel erfolgt die Analyse der Wirtschaftlichkeit multifunktionaler Gebäude anhand stochastisch modellierter vollständiger Finanzpläne. Die dafür erforderlichen Grundlagen und Ausgangparameter des projektspezifischen Modells zur monetären Bewertung der Variabilität werden in Kapitel 5 zusammengefasst. Dabei erfolgt u. a. die Analyse der für das Forschungsvorhaben relevanten Marktsegmente sowie der Prognosen zur zukünftigen Marktentwicklung. Weiterhin werden die nutzungsartspezifischen Erlöse und monetär bewertbaren Risiken bestimmt. Die Untersuchungen bilden die Grundlage stochastischer Szenarioanalysen, durch die Aussagen zur Schwankungsbreite der prognostizierten Kosten, Erlöse und festgelegten Zielgrößen getroffen werden können. Im Kapitel 6 werden am Beispiel der Referenzgebäude die Renditeerwartungen anhand der Eigenkapitalrentabilität für verschiedene Umnutzungsszenarien bestimmt. In Sensitivitätsanalysen werden die Auswirkungen der einzelnen Eingangsparameter verdeutlicht.

Während der Bearbeitung des Forschungsprojektes erfolgte die Veröffentlichung einzelner Untersuchungen in Fachbüchern, Zeitschriften und Konferenzbeiträgen (u. a. [1-2]–[1-11]). Im Forschungsbericht werden z. T. Texte, Tabellen und Abbildungen hieraus verwendet oder in modifizierter Form wiedergegeben. Da der Abschlussbericht und die genannten Veröffentlichungen von denselben Autoren verfasst wurden, erfolgt keine explizite Angabe der Quellen. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit im Forschungsteam war von einem hohen Wissensaustausch und Erkenntnisgewinn geprägt. Sie führte zu einer intensiven Vernetzung der verschiedenen Themenfelder. Zur Strukturierung des Forschungsberichtes wurden diese Themenfelder entsprechenden Kapiteln zugeordnet. Während sich die Kapitel 1 bis 4 vor allem an eine architektur- und ingenieurwissenschaftliche Leserschaft richtet, sind die Kapitel 5 und 6 vorwiegend auf Leser der Wirtschaftswissenschaften ausgerichtet. In den genannten Kapiteln erfolgte die Anwendung verschiedener, an die jeweiligen Inhalte und die jeweilige Leserschaft angepassten Zitierstile.

1.3 Aktuelle Situation des Immobilienmarktes Current situation of the real estate market

Der Immobilienmarkt befindet sich durch die positive Wirtschaftslage seit einigen Jahren in einer lang anhaltenden Wachstumsphase. Ein Ende wird aktuell nicht prognostiziert. Bleibt es bei der behutsamen Abkehr von der lockeren Geldpolitik durch die europäische Zentralbank mit allenfalls langsam steigenden Zinsen und gleichzeitig weiterhin hohen Baubedarfen, wird sich im Laufe der Zeit eine weniger dynamische Abschwungphase anschließen [1-12]. Investoren nutzen die aktuellen Bedingungen mit dem geringen Zinssatz und sehen in der Finanzierung von Bauprojekten eine attraktive Geldanlage. Sie investieren in den Städten wirtschaftsstarker Metropolregionen in Neubauten, die einerseits dem dauerhaft bestehenden Wohnungsmangel entgegenwirken und andererseits einen steigenden Bedarf an Büroflächen decken.

Nach aktuellen Prognosen hält in den nächsten Jahren die hohe Nachfrage nach Wohn- und Büroflächen in den Städten an. Ab dem Jahr 2035 wird jedoch durch den demografischen Wandel die Zahl der Beschäftigten sinken. Damit verbunden ist ein Rückgang des Büroflächenbedarfs und eine Steigerung der Leerstandsflächen [1-13]. Die Folge ist, dass Investoren den Refinanzierungszeitraum aktueller Bauprojekte auf kürzere Nutzungszyklen auslegen, obwohl die bauliche Gestaltung der Gebäude längere Nutzungszeiten erlaubt. Kostenoptimierte Ausführungen für den frühzeitigen „Return-on-Investment“ (ROI) wirken sich zwangsläufig auf die Ausführungs- und Nutzungsqualität von Neubauten aus. Nachnutzungsstrategien werden aus Kostengründen häufig nicht in die Planung einbezogen, sodass nach einer ersten Nutzungsphase erneute Ausgaben für einen Umbau entstehen. Langfristig werden die Eigentümer von zu spezifisch ausgelegten, monofunktionalen Gebäuden mit Vermarktungsproblemen umgehen müssen.

Auf dem Immobilienmarkt von Büro- und Verwaltungsgebäuden sorgen die Neubautätigkeiten für ein erhöhtes Angebot an zur Verfügung stehender Flächen. So erhalten bestehende, aber nicht mehr zeitgemäße und schwer vermarktungsfähige Gebäude Konkurrenz, die die Gefahr des Leerstandes erhöht. Noch heute suchen viele deutsche und europäische Städte nach Lösungsstrategien für die Folgen der geplatzen Dotcom-

Blase um die Jahrtausendwende, in deren Gefolge ein verzögertes Überangebot an Büroflächen geschaffen wurde, sowie der Banken- und Finanzkrise im Herbst 2008.

Durch die stark rückläufige Nachfrage nach Büroflächen betrug der durchschnittliche Anteil leerstehender Flächen am Gesamtbestand zu Beginn dieses Jahrzehnts für die 125 größten deutschen Städte rund 7,5 % (Abbildung 1-1). In Einzelfällen wurde eine Leerstandsquote von knapp 20 % erreicht [1-14]. Die hohe Quote wird in einigen Städten und Gemeinden zu einem sichtbaren Problem, da der Leerstand und ein heruntergekommenes Erscheinungsbild negative Folgewirkungen auf die umliegenden Gebäude ausüben. Gleichzeitig ist ein gewisser Leerstand für einen funktionierenden Büroimmobilienmarkt unentbehrlich. Bei anziehender Nachfrage können kurzfristig keine neuen Gebäude bzw. Flächen geschaffen werden, so dass der Leerstand dem schnellen Ausgleich des Marktes bei schwankenden konjunkturellen Zyklen dient.

Den leerstehenden, aber unmittelbar beziehbaren Bürogebäuden werden nach Ursache und Dauer folgende Hauptursachen zugewiesen:

- Konjunktureller Leerstand – Schwankungen im Verhältnis von Angebot und Nachfrage nach Gebäudeflächen, die durch einen temporären Rückgang der Nachfrage aufgrund wirtschaftlicher Entwicklungen entstehen.
- Spekulativer Leerstand – Gebäudeflächen, die trotz der Möglichkeit einer Nutzung vom Eigentümer nicht vermietet oder verkauft werden, da eine höhere Renditeerwartung erhofft wird.

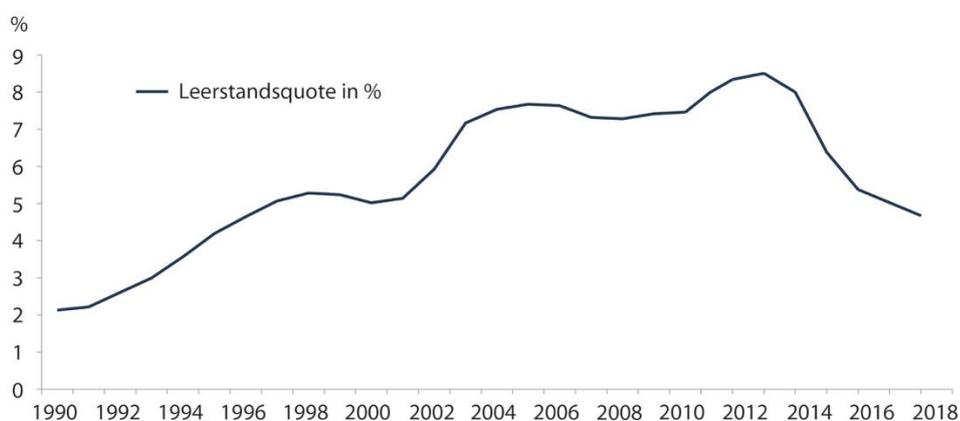


Abbildung 1-1: Leerstandsquote in % der sieben größten Städte Deutschlands [1-14], [1-15]

Figure 1-1: Vacancy rate in % of the seven biggest cities in Germany [1-14], [1-15]

Abweichend davon ist der strukturelle Leerstand einzustufen, bei dem Büroflächen unabhängig von der konjunkturellen Lage für längere Zeit – mehr als drei Monate – leer stehen. Aufgrund der Gebäudeeigenschaften besteht keine Möglichkeit, eine zeitnahe Vermarktung zu marktüblichen Preisen herbeizuführen. Der strukturelle Leerstand wird in den Leerstandstatistiken in der Regel nicht erfasst und verschärft die Leerstandsproblematik einiger deutscher und europäischer Städte.

Seit wenigen Jahren ist eine leicht rückläufige Tendenz der Leerstandsquoten in den Städten erkennbar. In den sieben größten Städten Deutschlands konnte ein deutlicher Rückgang festgestellt werden. Hier lag der durchschnittliche Wert im ersten Quartal 2018 bei noch 4,8 %, was einem Rückgang von über 5 %-Punkten gegenüber 2013

entspricht [1-15]. Der Büroimmobiliensektor profitiert von der aktuell sehr guten konjunkturellen Lage in Deutschland und einigen europäischen Ländern, die zu steigenden Beschäftigungszahlen und zu einem erhöhten Büroflächenbedarf vorrangig in den Städten führt [1-12].

Eigentümer von konjunkturell bedingter oder aufgrund von Spekulationen leerstehender Bürogebäude nutzen die aktuelle Phase positiver Wirtschaftsentwicklungen auf dem Immobilienmarkt und verändern durch Vermietung oder Verkauf ihrer Immobilien kurzfristig die Leerstandstatistiken im positiven Sinne. Demgegenüber sind strukturell leerstehende und schwer vermarktungsfähige Bürogebäude stärker der Konkurrenz durch bedarfsgerechte und energieeffiziente Neubauten ausgesetzt. Denn Büroimmobilien werden von Investoren im Vergleich zu Wohnimmobilien weiterhin als attraktivere Anlage gewertet, da die Bewirtschaftungskosten geringer und die erzielbaren Mieten höher liegen – trotz volatiler Preisentwicklung, der prognostizierten Stagnation bis zum Rückgang der Büroflächennachfrage nach 2035 [1-16] sowie dem höheren Leerstandsrisiko. Attraktive, neuwertige Büroflächen, die modernste Standards erfüllen und eine hochwertige Arbeitsumgebung bieten, sind für Arbeitgeber von hoher Relevanz, um auf dem unter Fachkräftemangel leidenden Arbeitsmarkt konkurrenzfähig zu sein. Zusätzlich spielt die „*Corporate Social Responsibility*“ gegenüber Mitarbeitern und Kunden eine immer größere Rolle, die sich in energieeffizienten, hochwertigen Neubauten mit geringen Nebenkosten widerspiegelt. Energie lässt sich leichter bei Neubauten einsparen als bei Bestandsgebäuden, die für vergleichbare bauliche und energetische Bedingungen meist aufwendig und kostenintensiv saniert werden müssen.

Erschwerend kommt hinzu, dass Gemeinden und Städte trotz aller intensiven Diskussionen über einen nachhaltigen Umgang mit Flächen und Ressourcen weiter neues Bauland ausweisen, um gegenüber Nachbargemeinden und -städten nicht an Wirtschaftskraft und Attraktivität zu verlieren. Bestehende, leerstehende Immobilien werden ihrem Schicksal und somit häufig dem Verfall überlassen. Erfahrungen aus den sieben A-Städten (Berlin, Düsseldorf, Frankfurt, Hamburg, Köln, München und Stuttgart) zeigen jedoch, dass in konjunkturellen Hochphasen zunehmend das Raumangebot strukturell leerstehender Immobilien in Innenstadtlagen durch Investoren genutzt wird, da Bauflächen in attraktiven Lagen kaum noch verfügbar sind. Die Revitalisierung, Umnutzung oder der Abriss zugunsten effizienter Neubauten führte in den vergangenen Jahren in den genannten Städten zu einem überdurchschnittlich hohem Rückgang der Leerstandsraten [1-15]. In Berlin, Stuttgart und München wird bereits vor einer Büroknappheit in Innenstadtlagen gewarnt. „Sie sind im Zentrum faktisch voll vermietet. Das hemme die wirtschaftliche Entwicklung der Städte“ [1-17].

1.4 Ursachen des strukturellen Gebäudeleerstandes **Causes of structural building vacancy**

Die Ursachen für den strukturellen Leerstand von Büro- und Verwaltungsgebäuden lassen sich neben Veränderungsprozessen in der Gesellschaft und der Arbeitswelt – Demographischer Wandel, Urbanisierung, Digitalisierung, Dienstleistungsgesellschaft, Home-Office, Desk-Sharing, Networking, etc. – sowie dem Überangebot an Büroflächen auf wenige, aber entscheidende gebäudestrukturelle Faktoren zurückführen. Wurden in den 1960er bis 1980er Jahren funktional und räumlich optimierte Gebäude

für langfristige Nutzer errichtet, hat sich die Nutzungsdauer von Büroflächen im Laufe der Jahre erheblich reduziert. Eine Marktumfrage der europäischen Kommission [1-18] zeigt, dass bei Büroimmobilien alle 11,3 Jahre eine Veränderung des Bürokonzeptes oder der Nutzungsform stattfindet. Doch mit den starren Strukturen der Bürobauten aus den 1960er bis 1980er Jahren, die den damaligen Anforderungen des Büroflächenmarktes entsprachen, kurzfristig auf veränderte Nutzungs- und Nutzerkonzepte zu reagieren, ist nur unter hohem finanziellem Aufwand möglich. Typische Zellenstrukturen, deren Trennwände auch konstruktive Aufgaben übernehmen („Schottenbauweise“), oder zu große Gebäudetiefen stehen der Transformation in eine offene, tageslichtdurchflutete und im besten Falle stützenfreie Arbeitswelt, wie sie heute von Arbeitnehmern erwartet wird, durch ihre Gebäudestruktur im Wege. Als strukturell entscheidend erweist sich zusätzlich die ursprünglich als ausreichend dimensionierte Raumhöhe der Geschosse, die heutigen Anforderungen nicht genügt. Der notwendige Platzbedarf für akustisch wirksame abgehängte Decken mit einem Installationsraum für Beleuchtungselemente sowie Lüftungskanäle oder aufgeständerte Bodenkonstruktionen schränken die lichte Raumhöhe zu stark ein. Doch heutige Büroflächenangebote benötigen eine ausreichende lichte Raumhöhe, um die verschiedenen Bürokonzepte mit immer weiträumigeren Büroeinheiten realisieren zu können.

Veränderte baurechtliche Vorgaben an die Tragstruktur, an die Bauphysik (vorrangig Schall- und Wärmeschutz), an den Brandschutz sowie an die Barrierefreiheit können die Revitalisierung bestehender Gebäude weiter erschweren. Hinzu kommen fehlende Flächenreserven in vorhandenen Schächten der Gebäudetechnik, die für eine erhöhte technische Ausstattung heutiger vernetzter, digitaler Arbeitswelten sowie für einen erhöhten Nutzerkomfort, wie zum Beispiel die mechanische Belüftung, benötigt werden. Das äußere Erscheinungsbild leerstehender oder schwer vermarktungsfähiger Gebäude entspricht in der Regel nicht mehr dem heutigen Bild moderner, offener Arbeitswelten. Diese Objekte sind schwierig an Unternehmen zu vermitteln, die auf die Außenwirkung ihrer Standorte einen verstärkten Fokus legen. Ein meist geringer Wärmedämmstandard der Gebäudehülle verursacht vergleichsweise hohe Nebenkosten.

Nach Überschreiten bestimmter Leerstandszeiten erscheinen Abriss und Neubau strukturell leerstehender Gebäude oft zielführender als ein aufwendiger Umbau. Je länger ein Gebäude leer steht, desto stärker erhöhen sich Sanierungskosten durch Verfall und ggf. Vandalismus. Das zusätzliche Angebot an bedarfsgerechten Neubauten erschwert die Vermarktungsfähigkeit leerstehender und unattraktiver Bürogebäude. Doch die Gesamtrechnung einer Wiedereinführung ist bei genauerer Betrachtung nicht nur von rein ökonomischen, sondern auch von standort- und marktspezifischen Faktoren abhängig, wie es die Projekte im nachfolgenden Kapitel verdeutlichen.

1.5 Revitalisierung und Umnutzung von Gebäuden Revitalisation and conversion of buildings

1.5.1 Chancen der Revitalisierung und Umnutzung Opportunities of revitalisation and conversion

Bei der genaueren Betrachtung von Leerständen oder Gebäuden, die auf Grund ihrer Eigenschaften einem Leerstandsrisiko ausgesetzt sind, kommt der Lage der jeweiligen Objekte und dem Zustand der Bausubstanz eine besondere Bedeutung zu. Aufgrund von Neubauangeboten gibt es für leerstehende Gebäude nur dann Wiedervermietungschancen durch eine Revitalisierung, wenn die Gebäudequalität einem hohen Standard entspricht und die Gebäude in zentralen und attraktiven Lagen stehen. Wenn sich der Leerstand auf peripher gelegene Standorte mit Qualitätsnachteilen konzentriert, erscheint eine Wiedernutzung als Bürofläche wenig wahrscheinlich. Allerdings ist dann eine Umnutzung zu Wohnzwecken denkbar, gerade wenn die Gebäude gut an den öffentlichen Nahverkehr angebunden sind. Die Vermarktungsfähigkeit ist durch den dauerhaften Wohnungsmangel in den Städten gegeben. Revitalisierungen in zentralen und attraktiven Lagen sind generell erfolgsversprechender, da den Umbaukosten höhere Miet- oder Verkaufspreise gegenüberstehen [1-14]. Es generieren sich auch dann höhere Einnahmen, wenn die Nachnutzung den Ansprüchen von Nutzern mit einem hohen Lebensstandard gerecht wird oder ein außergewöhnlicher Standort die Attraktivität einer Immobilie steigert. In diese Kategorien fallen Projekte mit ungewöhnlicher Ausgangslagen für Nachnutzungen, wie zum Beispiel die Umnutzung eines alten Silos in ein Wohngebäude mit unmittelbarem Bezug zum Wasser gemäß Abbildung 1-2. Von auffallenden Revitalisierungen geht häufig eine Magnetwirkung aus, die die Quartierentwicklung entscheidend beeinflussen kann. Dies kann besonders ausgeprägt bei langfristig leerstehenden Gebäuden der Fall sein, die sich im Stadtbild als markante Gebäude eingepreßt haben.



Abbildung 1-2: Frøsilø - Transformation einer ehemaligen Siloanlage in ein hochwertiges Wohngebäude, MVRDV, Kopenhagen (DK) 2005

Figure 1-2: Frøsilø – Transformation of a former silo building into a residential building of high quality, MVRDV, Copenhagen (DK) 2005

In Abschnitt 1.5.3 werden beispielhaft Projekte vorgestellt, die bei gleichbleibender Nutzung revitalisiert wurden. Abschnitt 1.5.4 beschreibt Projektbeispiele, die durch eine Nutzungsänderung transformiert wurden. Den Gebäuden ist gemein, dass sie auf Grund eines langen Nutzungszeitraums revitalisiert werden mussten, um der Gefahr

des Leerstandes zu entgehen. Teilweise wird im Zuge der Revitalisierung das räumliche Angebot im Rahmen baurechtlicher und konstruktiver Vorgaben mit Aufstockungen oder Anbauten erweitert. Die Veränderungsprozesse veranschaulichen den Aufwand der Eingriffe in die bestehende Gebäudestruktur und lassen vermuten, warum Neubauten gegenüber revitalisierten Projekten und Umnutzungen von Investoren bevorzugt werden. Für Neubauten sind die Baumaßnahmen und ihre ökonomischen Auswirkungen einfacher einzugrenzen. Räumliche Kompromisse oder Einschränkungen in der Nutzung, wie sie bei Umnutzungen auftreten, können bei Neubauten weitestgehend ausgeschlossen werden. In den dargestellten Projekte zeigt sich die Kreativität der Planer im Umgang mit den räumlichen Gegebenheiten des Bestandes, um Flächen neu zu zonieren und mit geeigneten Lösungsansätzen bestehende Gebäude attraktiv umzugestalten.

1.5.2 Kategorisierung der Revitalisierung Categorisation of revitalization

Anhand des unterschiedlich starken Eingriffs in die Gebäudestruktur können Revitalisierungen in die nachfolgend beschriebenen Kategorien gegliedert werden. Die Maßnahmen an bestehenden Gebäudestrukturen sind in Abbildung 1-3 dargestellt.

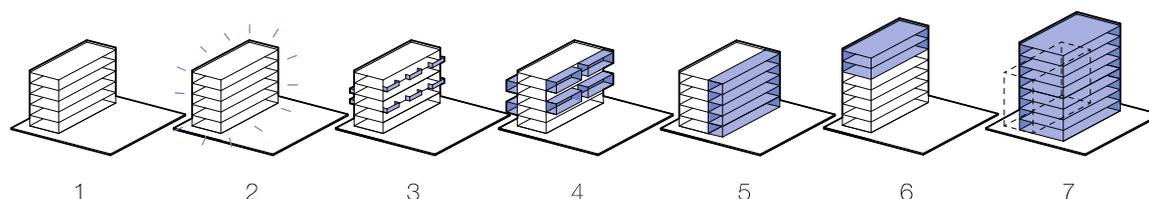


Abbildung 1-3: Variationen von Revitalisierungen mit unterschiedlich starkem Eingriff in die Gebäudestruktur – Ausgangszustand (1), Sanierung (2), partielle Ergänzung (3), partielle Erweiterung (4), Erweiterung (5), Aufstockung (6) und Abbruch + Neubau (7)

Figure 1-3: Variations of revitalisations with different intervention into the building structure – status quo (1), renovation (2), partial addition (3), partial extension (4), extension (5), addition of storey (6) and demolition + new construction (7)

Sanierung (2) – Die Ertüchtigung der Gebäudehülle beinhaltet auf Grund der aktuellen Rechtsprechung in der Regel eine energetische Sanierung. Ausgenommen sind Sanierungen, wenn die Fläche der geänderten Außenbauteilflächen nicht mehr als 10 von Hundert der gesamten jeweiligen Bauteilfläche des Gebäudes betrifft [1-19] oder die Außenbauteile bereits einen definierten Dämmstandard erfüllen. Die Vorgaben der Energieeinsparverordnung (EnEV) müssen nicht herangezogen werden, wenn sich die Ertüchtigung der Oberflächen auf einen farblichen Anstrich beschränkt („Pinselsanierung“). Bauordnungsrechtlich sind Sanierungen, die sich auf den Anstrich der Außenbauteile und einer konstruktiv nicht relevanten Veränderung der Innenräume beschränken, genehmigungsfrei. Der Eigentümer erhofft sich mit einem veränderten, „frischen“ Erscheinungsbild sowie einer verbesserten Energiebilanz der Gebäudehülle die Vermarktungsfähigkeit der Immobilie deutlich zu steigern. Bleiben Eingriffe in die Raumzonierung aus, die die Anforderungen moderner Nutzungskonzepte erfüllen, wird die Vermarktungsfähigkeit der Immobilie häufig nur kurzzeitig gesteigert.

Partielle Ergänzung (3) – Die Ergänzung des Nutzungsangebotes um eine Freifläche, wie sie als Balkon für die Nutzung Wohnen häufig realisiert wird, erfolgt ohne größeren Eingriff in die Gebäudestruktur. Aus konstruktiver und bauphysikalischer Sicht ist zu überprüfen, in wieweit die Tragstruktur des Gebäudes die vorgesehenen Ergänzungen konstruktiv aufnehmen kann oder ob diese, z. B. in Form einer Balkonanlage, der Gebäudestruktur vorangestellt werden. Zum Erschließen der Freiflächen werden lediglich geringe Anpassungen an der Fassade notwendig. Bauordnungsrechtlich gelten partielle Ergänzungen, wie Balkone, als untergeordnete Bauteile. Nach den Bauordnungen der Länder gehören sie in der Regel zu den baugenehmigungsfreien Vorhaben, wenn sie 30 m² Brutto-Grundfläche je Ergänzung nicht überschreiten, maximal 3,0 Meter auskragen und das Gebäude den Gebäudeklassen 1 bis 3 zuzuordnen ist. In allen anderen Fällen ist eine Baugenehmigung erforderlich.

Partielle Erweiterung (4) – Bei der partiellen, räumlichen Erweiterung des Nutzungsangebotes handelt es sich um die Erweiterung der Nutzflächen über die ursprüngliche Gebäudehülle hinaus. Diese Maßnahme bedingt ausreichend Lastreserven in der Gebäudetragstruktur. Für stark auskragende Erweiterungen – meist als Leichtbaukonstruktionen – sind konstruktive Ergänzungen am Tragwerk der Bestandsstruktur erforderlich, die sich auf die Grundrisszonierung auswirken. Bauordnungsrechtlich ist durch die Dimension der Ergänzungen eine Baugenehmigung inkl. der Überarbeitung des Statischen Nachweises erforderlich.

Erweiterung (5) – Bei einer Veränderung der Gebäudetiefe als räumliche Erweiterung des Gesamtgebäudes ist zunächst bauordnungsrechtlich zu überprüfen, inwieweit Grundstücksgrenzen, Baugrenzen, Ausnutzungsziffern oder Abstandsflächen eingehalten bleiben. Die räumliche Erweiterung des Gebäudevolumens ist im Zusammenhang mit der Belichtungssituation sowie der Zonierung der Grundrisse zu prüfen. Am Projektbeispiel von Lacaton Vassal in Bordeaux (siehe Abbildung 1-6) wurde sich bei der Planung des Anbaus für transluzente Materialien als Antwort auf die veränderte Belichtungssituation entschieden. Eine eigenständige Gründung der Anbauten ist zielführend, da sich die Auswirkungen auf das bestehende Gebäudetragwerk auf leichte Eingriffe beschränken.

Aufstockung (6) – Analog zum Revitalisierungsprozess „Anbau“ sind bei Aufstockungen die bauordnungsrechtlichen Vorgaben am Standort zu prüfen. Entscheidend für das Maß der Aufstockung sind die Lastreserven der tragenden Bauteile bis hin zur Gründung, die mit Leichtbauprinzipien, wie z. B. dem Stahlleichtbau, effektiv ausgenutzt werden können. Die vertikale Erweiterung von Bestandsgebäuden ist im Sinne der Nachhaltigkeit als positive Maßnahme einzustufen, da mit ihr die notwendige Verdichtung der Städte und eine damit verbundene Reduktion des Flächenverbrauchs erreicht wird.

Abbruch und Neubau (7) – Neben der Sanierung von Bausubstanz oder der Revitalisierung von Immobilien sind auch der Abriss und Neubau eine Option im Umgang mit dem Leerstand. Diese sollte aufgrund des Ressourcenverbrauchs nur dann in Betracht gezogen werden, wenn bestehenden Gebäudestrukturen mit unverhältnismäßig hohem Aufwand für relevante Nachnutzungen ertüchtigt werden können oder wenn Standortfragen zu diesem Ergebnis führen. Stehen Immobilien oder Anlagen unter Denkmalschutz ist ein Abriss ausgeschlossen.

Ziel von Revitalisierungen ist die Anpassung der räumlichen und gebäudetechnischen Qualitäten an aktuelle Nutzerbedürfnisse und -anforderungen bei verändertem äußeren Erscheinungsbild. Dabei stehen der bauliche bzw. finanzielle Aufwand im Verhältnis zu einer Erhöhung der Vermarktungsfähigkeit von Immobilien. Neben einer gründlichen Bestandsaufnahme fließen die Ergebnisse einer Machbarkeitsstudie, einer Wirtschaftlichkeitsberechnung, einer funktionalen Konzeptoptimierung sowie weitere standortspezifische Vorgaben in die Bewertung von Gebäuden ein. Revitalisierungen – je nach baulichem Ausmaß – bedürfen einer erneuten Baugenehmigung, die sich auf aktuelle und häufig überarbeitete Bauregularien beziehen. Dies kann dazu führen, dass bestehende Vereinfachungen, Ausnahmeregelungen oder Abweichungen bei einer erneuten Baugenehmigung ihre Gültigkeit verlieren oder durch veränderte Gegebenheiten vor Ort nicht mehr zu realisieren sind. Dies ist beispielhaft am Stellplatznachweis der Gemeinden darstellbar, dessen Berechnungsgrundlage in den vergangenen Jahren immer wieder angepasst wurde. Gegenüber Neubauten haben Revitalisierungen den Vorteil, dass durch eine verkürzte Bauzeit die Flächen schneller in die Vermietung bzw. den Verkauf überführt werden können. Die verkürzte Zwischenfinanzierung wirkt sich positiv auf den ROI aus.

1.5.3 Projektbeispiele der Revitalisierung **Examples of revitalised projects**

1.5.3.1 Allgemein **General**

Die Revitalisierung von Bestandsgebäuden nimmt ein immer größeres Betätigungsfeld von Architekten und Planern ein. Neben den Aspekten der Energieeinsparung stehen viele Eigentümer oder Betreiber vor dem Problem, dass immer weniger Mieter bereit sind, die teilweise erheblichen Nutzungseinschränkungen und hohen Nebenkosten aufgrund des mangelhaften Gebäudezustandes in Kauf zu nehmen. Mietkürzungen bis hin zu Kündigungen bedeuten langfristig Leerstand bei gleichzeitigem Imageverlust der Immobilie, sodass häufig neue Mieter über Niedrigangebote gesucht werden. Die Eigentümer führt diese Entwicklung geradewegs in eine Sackgasse. Sie beauftragen Planer, sich mit dem Gebäudebestand auseinander zu setzen und mit geeigneten baulichen Maßnahmen die Vermarktungsfähigkeit der Gebäude bei gleichbleibender Nutzung zu erhalten – bestenfalls im vermieteten Zustand, um die Mietausfälle zu minimieren. Über eine Flächenoptimierung der Grundrisse und Ergänzungen des Flächenangebots durch räumliche Erweiterungen können die Investitionen schneller refinanziert werden.

1.5.3.2 Revitalisierung eines Bürogebäude **Revitalisation of an office buildings**

Das in Abbildung 1-4 dargestellte Bürogebäude in Tilburg, 1986 errichtet, wurde über Jahre hinweg um verschiedene Anbauten erweitert. Die Verflechtung der Volumina führte dazu, dass das Gebäude nicht mehr zeitgemäße Standards der Gebäudetechnik erfüllte und moderne Bürokonzepte aufgrund fehlender Flexibilität im Grundriss nicht realisiert werden konnten. Der Bauherr sah zunächst in großen Teilen einen Ersatzbau für die bestehende Gebäudestruktur vor. Die beauftragten Architekten konnten durch

einen Kostenvergleich von Neubau gegenüber den Maßnahmen für eine Revitalisierung den Bauherren überzeugen, das Gebäude mit effizienten und wohlüberlegten Eingriffen von innen heraus für heutige und zukünftige Anforderungen zu revitalisieren. Der Ressourcenverbrauch konnte durch ausbleibende Abbruch- und Neubautätigkeiten erheblich reduziert werden. So wurde im Innenraum die bestehende, sehr geschlossene Unterteilung der Räume aufgebrochen und für eine Vielfalt an Arbeitsplätzen umstrukturiert. Die gemeinsamen Nutzungsbereiche um die zentralen Atrien wurden um Entspannungszonen und Besprechungsbereiche ergänzt. Die energetische Überarbeitung der Fassade erfüllt aktuelle Standards und erzeugt bei gleichbleibender Einteilung einen modernen Charakter ohne das ursprüngliche Erscheinungsbild gänzlich zu negieren.

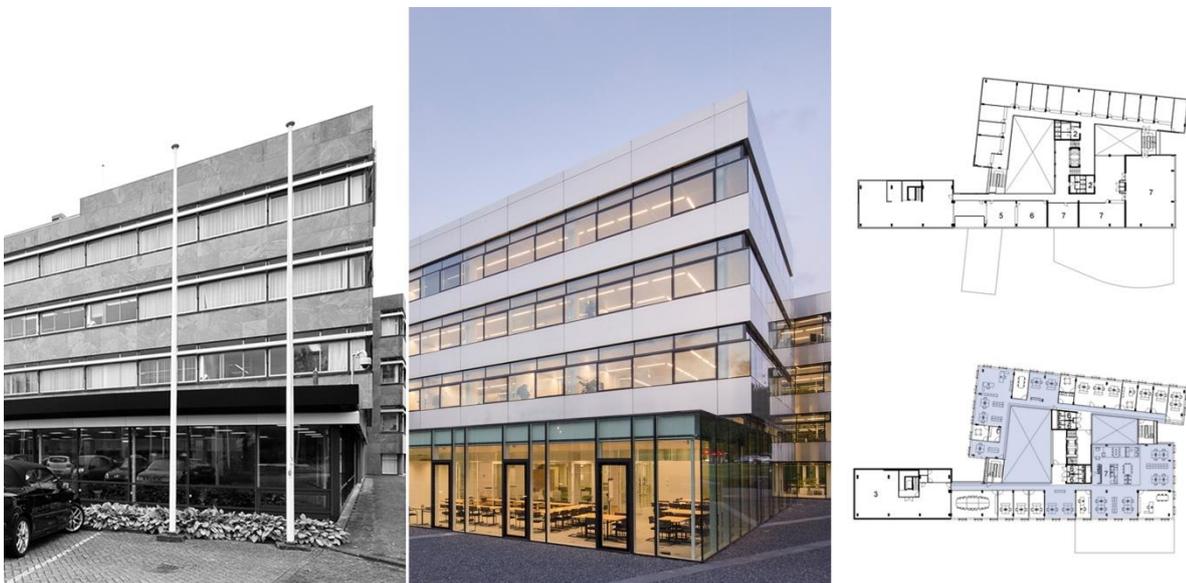


Abbildung 1-4: Bestand und revitalisiertes Bürogebäude „Van Spaendonck Enterprise House“ | architektenbureau cepezed b.v. | Tilburg (NL) | 2017

Figure 1-4: Existing and revitalized office building “Van Spaendonck Enterprise House” | architectenbureau cepezed b.v. | Tilburg (NL) | 2017

1.5.3.3 Revitalisierung und Aufstockung eines Geschäftshauses **Revitalisation and vertical extension of a commercial building**

Das bestehende Züricher Geschäftshaus (Abbildung 1-5) aus dem Jahre 1970 war strukturell und technisch baufällig. Die Gebäudesubstanz hatte in 30 Jahren Nutzung gelitten und die haustechnischen Anlagen waren deutlich überholt. Der Eigentümer nutzte die Kündigung des Hauptmieters für eine Sanierung. Die beauftragten Architekten konnten durch geringe Veränderungsmaßnahmen an der Gebäudestruktur die Maßnahme Sanierung um eine städtebaulich nachvollziehbare Aufstockung um zwei Geschosse erweitern. Die Architekten wählten für die Aufstockung eine Stahlleichtbaukonstruktion mit gewichtseffizienten Leichtbetongeschossdecken, um die zusätzliche Belastung der Tragkonstruktion zu begrenzen. Der Rückbau der Gebäudestruktur bis auf den Rohbau erbrachte im Inneren einen Flächengewinn von insgesamt knapp 300 m². Die bisherige kleinteilige Betonfassade mit Brüstungselementen wurde durch eine

transparente Glas-Aluminumfassade ersetzt, die im Inneren das bedrückende Raumgefühl bei niedriger Geschosshöhe beseitigte. Energetische Anforderungen konnten mit den vorgehängten Fassadenelementen erfüllt werden. Mit den am Ende weit über die ursprüngliche angedachte Sanierung hinausgehenden Revitalisierungsmassnahmen konnte die ehemals kleinräumige Bürostruktur mit dunkler Flurzone in großformatige, flexibel unterteilbare Büroflächen umgestaltet werden [1-20].



Abbildung 1-5: Bestand und revitalisiertes Geschäftshaus „Hohlstraße 560“ | Romero Schaeffle Partner Architekten AG | Zürich (CH) | 2001

Figure 1-5: Existing and revitalized business building “Hohlstraße 560” | Romero Schaeffle Partner Architekten AG | Zurich (CH) | 2001

1.5.3.4 Revitalisierung und Erweiterung eines Wohngebäudes Revitalisation and extension of a residential building

Das Wohngebäude in Bordeaux (Abbildung 1-6) als Teil einer großen Wohnanlage wurde zu Beginn der 1960er Jahre erbaut. Für eine Sanierung des elfgeschossigen Gebäudes bestanden geeignete Voraussetzungen, die 80 Wohneinheiten räumlich und technisch zu verändern. Ziel war es, von der vorhandenen Substanz auszugehen und der Gebäudestruktur mehr Luft, Licht und eine größere Freizügigkeit in den Räumen zu verschaffen. Die ansonsten unberührten Wohneinheiten wurden aufgrund der räumlichen Erweiterung um Wintergärten und Balkonen sowie dem Rückbau der Brüstungselemente mit einem erhöhten Tageslichteintrag, einem verbesserten Raumfluss sowie der Erweiterung des Ausblicks aufgewertet.

Die Wirtschaftlichkeit des Projekts basiert auf der Entscheidung, die Sanierung des Bestandsgebäudes ohne größerer Eingriffe in der Gebäudestruktur, den Treppenträumen oder der Unterteilung der Grundrisse vorzunehmen. So konnte der Fokus auf die großzügige, räumliche Erweiterung von knapp drei bis zu vier Metern gelegt werden, die der charakteristischen, von eingelassenen kleinen Loggien unterbrochenen Fassade vorgesetzt wurde. Ähnlich einem Baugerüst wurden an dem Skelettbau vorgefertigte Module von außen an die Fassade angebracht, die im gleichen Zuge die Gebäudehülle energetisch aufrüsteten. So entstanden aus den ursprünglich kleinen, dunklen Wohneinheiten durch den zusätzlichen Außenwohnraum großzügige, offene Wohnungsgrundrisse, die eine neue Wohnqualität mit einem starken Bezug nach Außen erzeugt.



Abbildung 1-6: Bestand und revitalisiertes Wohngebäude „Quartier du Grand Parc“ | Lacaton & Vassal architects mit Frédéric Druot und Christophe Hutin | Bordeaux (FR) | 2016

Figure 1-6: Existing and revitalized residential building “Quartier du Grand Parc” | Lacaton & Vassal architects with Frédéric Druot und Christophe Hutin | Bordeaux (FR) | 2016

1.5.3.5 Revitalisierung und Aufstockung eines Wohnhochhauses Revitalisation and vertical extension of a residential tower

Zu den Qualitäten des in Abbildung 1-7 dargestellten neungeschossigen Wohnhochhauses aus den 1970er Jahren, das gegenüber des Pforzheimer Hauptbahnhofes für Mitarbeiter der Bahn errichtet wurde, zählen die zentrale Lage sowie die schöne Aussicht über die Stadt und in den Nordschwarzwald. Nach 40 Jahren war das Haus dringend sanierungsbedürftig: Die Fassade war stark in Mitleidenschaft gezogen, die Wärmedämmung ungenügend, die Fenster undicht und der Schallschutz gegenüber der Bahngleise fehlte. Zudem waren die Bäder marode und die technische Gebäudeausrüstung nicht mehr zeitgemäß. Es genügte eine solide Bausubstanz sowie geeignete Wohnungsgrößen mit rund 90 Quadratmetern, die als Zweispänner organisiert waren, um das Gebäude für heutige Ansprüche und Standards zu revitalisieren.

Im Rahmen der Revitalisierung wurde das Haus um eine Etage aufgestockt. Das hatte neben der Schaffung von Wohnraum zu einer verbesserten Gebäudeproportion und durch die Überhöhung des neuen Geschosses zu einem klar definierten oberen Abschluss geführt. Die Wohnungsgrundrisse wurden weitestgehend in ihrem ursprünglichen Zustand belassen, so dass das Gebäude im vermieteten Zustand revitalisiert werden konnte. Der Energieverbrauch und die Betriebskosten konnten mit neuen technischen Anlagen und Leitungen deutlich gesenkt werden. Die heute hochgedämmte, hinterlüftete Fassade aus sandgestrahlten Betonfertigteilen wirkt durch die großzügigen Öffnungen der vorgesetzten Loggien offen und einladend.



Abbildung 1-7: Bestand und revitalisiertes Wohnhochhaus „Güterstraße 30“ | Freivogel Mayer Architekten | Pforzheim (D) | 2014

Figure 1-7: Existing and revitalized residential tower “Güterstraße 30” | Freivogel Mayer Architekten | Pforzheim (D) | 2014

1.5.3.6 Erkenntnisse der Revitalisierungsprojekte ***Findings of the revitalised projects***

Die dargestellten Projektbeispiele verdeutlichen, mit welcher Eingriffstiefe in die Gebäudesubstanz schwer vermarktungsfähige Gebäude für einen weiteren Nutzungszyklus überholt werden können. Mit bereits geringen strukturellen Eingriffen wird das bestehende Raumangebot aufgewertet, Grundrisse flexibel eingeteilt sowie das äußere Erscheinungsbild verändert. Die energetische Ertüchtigung der Gebäudehülle sowie die Überarbeitung des Energiekonzeptes mit effizienten gebäudetechnologischen Anlagen sind durch die aktuellen energetischen Vorgaben selbstverständlich. Im Umgang mit dem Bestand verleihen die Planer den Gebäuden einen modernen Ausdruck, der in einigen Fällen mit dem Erscheinungsbild des Bestandes wenig gemein hat. Sind denkmalpflegerische Aspekte zu beachten, ist eine energetische Sanierung der Fassade nur unter den geforderten Vorgaben zu erfüllen. Hier könnte beispielsweise eine Ertüchtigung von innen heraus erfolgen.

Revitalisierungen sind stets einzeln zu bewerten. Mögliche Lösungsansätze sind mit den ökonomischen, ökologischen und objektplanerischen Folgen ins Verhältnis zu bringen. Ihr Erfolg beruht häufig auf einem attraktiven Standort sowie einer soliden Gebäudesubstanz, die im Sinne der Ökologie und aus ökonomischen Gründen von den Planer aufrechterhalten wird – wenn konstruktive sowie aktuelle brandschutztechnische und bauphysikalische Anforderungen erfüllt sind. Mit der weiteren Nutzung der Baubsubstanz kann sich aus der baurechtlichen Situation heraus der Vorteil ergeben, Grundstücke mit einer höheren Dichte auszunutzen. Heutige Bebauungspläne – gerade im innerstädtischen Bereich – sehen eine weniger dichte Ausnutzung vor, was für Revitalisierungen im Falle eines Abbruches und Neubaus zur Unrentabilität führen kann.

1.5.4 Projektbeispiele der Umnutzung **Examples of converted projects**

1.5.4.1 Allgemeines ***General***

Die Umnutzung leerstehender oder schwer vermarktungsfähiger Gebäude kommt zum Tragen, wenn eine Revitalisierung der Gebäude auf Grund eines Flächenüberangebots, einer veränderten Flächennachfrage oder eines für die Nutzung mittlerweile ungeeigneten Standorts nicht zielführend erscheint. Die Umnutzung steht in vielen Fällen exemplarisch für den letzten Ausweg, die Immobilie vor dem Leerstand oder dem Abbruch zu wahren. Eigentümer und Investoren scheuen sich vor dem Schritt der Umnutzung, da sie mit einem erhöhten Planungs- und Ausführungsaufwand aller Beteiligten verbunden ist und viele Unwägbarkeiten bei der Anpassung der Gebäudestruktur mit sich führt.

Neben alten Industriebauten sind es hauptsächlich Bürogebäude der 1960er bis 1980er Jahre, die mit ihrer soliden Gebäudesubstanz ein Umnutzungspotential mit sich bringen. Aufgrund ähnlicher Gebäudeabmessungen sind diese für Umnutzungen in typisch städtische Nutzungsarten wie Wohnen, Hotels oder Wohnheime, gut geeignet. Voraussetzung hierfür ist, dass die strukturellen, konstruktiven und bauphysikalischen

Eigenschaften der Gebäude die baurechtlichen Vorgaben erfüllen oder durch entsprechende Eingriffe zu erfüllen sind. Bei der Umnutzung von Industriebauten liegen die Ziele häufig im Erzeugen eines Leuchtturm-Effekts, der sich auf die Entwicklung des Umfelds auswirken soll. Ein Beispiel dafür ist die 2017 in Kopenhagen realisierte Umnutzung eines Getreidesilos in ein Wohngebäude (Abbildung 1-8). Die Effizienz solcher Umnutzungen steht nicht im Vordergrund. Ökologisch machen die Umnutzungen von Industriebauten Sinn, da sie im Umgang mit der Gebäudesubstanz Ressourcen schonen.



Abbildung 1-8: „The Silo“ – räumlich ineffiziente Umnutzung eines Industriebaus in eine Wohnnutzung | COBE | Kopenhagen (DK) | 2017

Figure 1-8: “The Silo” – spatial inefficient conversion of an industrial building into a residential building | COBE | Copenhagen (DK) | 2017

1.5.4.2 Umnutzung eines Geschäftshauses in ein Wohngebäude Conversion of a commercial into a residential building

Das „Tiramisù“ ist ein ursprünglich leerstehendes Geschäftshaus mit über 50 Mietwohnungen und einem Erdgeschoss mit Atelier- und Dienstleistungsflächen (Abbildung 1-9). Das Geschäftshaus mit mehr als 4.000 m² Nutzfläche stand seit seiner Fertigstellung im Jahr 2002 leer. Zahlreiche Versuche zur Neukonzeption sind am fehlenden Mut der Investoren und nicht zuletzt an den gelten Bauvorschriften gescheitert. Die Wende kam mit der Veränderung der Bau- und Zonenverordnung 2012, die eine Umzonierung der Liegenschaft in eine Zentrumszone mit einem hohen Wohnanteil ermöglichte (Die Bau- und Zonenordnung regelt in der Schweiz die zulässige Bau- und Nutzweise der Grundstücke und ist daher mit den Vorgaben der Baunutzungsverordnung Deutschlands vergleichbar).

Ein Investor erkannte im sachlich gestalteten Geschäftshaus die Umnutzungspotentiale. Raumhöhen von 2,70 m und ein verhältnismäßig schlanker Baukörper sorgen für eine gute Belichtung. Die Tatsache, dass sich das Gebäude im erweiterten Rohbau befand, vereinfachte die Umnutzung, da teure Rückbauarbeiten vermieden und bestehende Bauteile übernommen werden konnten. Mit geringem Aufwand wurden die Geschossflächen in Loft-ähnliche Kleinwohnungen unterteilt. Die bestehenden Gebäudekerne konnten leicht transformiert für die Erschließung der Wohnungen verwendet werden. Rückseitig wurde ein weiteres vertikales Erschließungselement ergänzt, das den in Gebäudemitte liegenden Wohnungen dient. Die Sanitärflächen der Wohnungen

konnten an bestehende Schächte der Gebäudekerne angeschlossen werden. In Gebäudemitte wurden nachträglich in die Rohbaukonstruktion Durchbrüche für Schächte hergestellt. Die Ergänzung um Freiflächen in fast allen Wohneinheiten steigerte die räumlichen Qualitäten und somit die Vermarktungsfähigkeit des umfunktionierten Gebäudes.

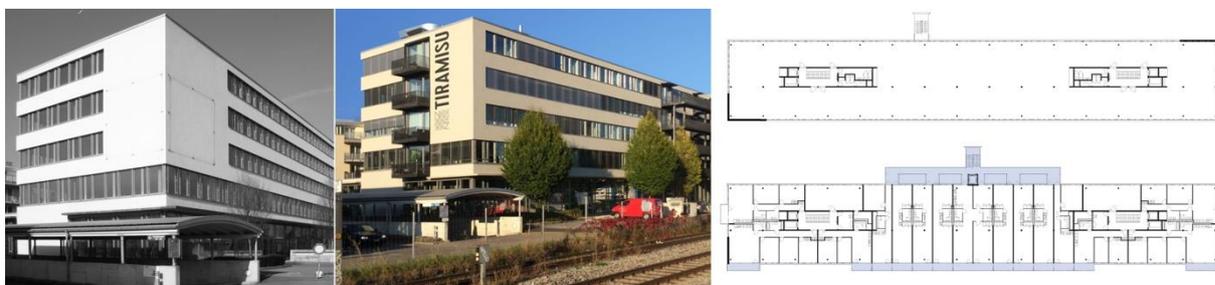


Abbildung 1-9: Bestand und umgenutztes Bürogebäude „Tiramisù“ | NZAG | Regensdorf (CH) | 2015

Figure 1-9: Existing and converted office building “Tiramisù“ | NZAG | Regensdorf (CH) | 2015

1.5.4.3 *Umnutzung eines Getreidesilos in ein Wohnturm* *Conversion of a silo into a residential tower*

Größer kann eine Verwandlung als beim fertiggestellten Wohnturm in Kopenhagen kaum sein. Das ursprünglich 17-geschossige Getreidesilo wurde von den Architekten zu einem Wohngebäude umgebaut (Abbildung 1-8 und Abbildung 1-10), das um öffentliche Nutzungen in Teilen des Gebäudes ergänzt wurde, um das wandelnde Hafanareal Nordhavn in Kopenhagen zu beleben. Im Umnutzungsprozess wurde ein Großteil der Fassaden der ehemals geschlossenen Betonstruktur des Silos geöffnet. Bodentiefe Fensterflächen lassen für die Wohnnutzung Tageslicht tief in die bis zu sieben Meter hohen Räume eindringen. Im Inneren wurden die Wohnungsgrundrisse der rohen Betonstruktur mit ihrer markanten Oberfläche untergeordnet. Wo immer es möglich war, wurde die Gebäudesubstanz im Originalzustand belassen. Dennoch entwickelten die Architekten im ehemaligen Kornspeicher eine räumliche Vielfalt, die Platz für 38 individuelle Apartments, zum Teil zweigeschossig, mit Größen von 100 bis 400 m² bietet. Eine facettierte Haut aus galvanisiertem Stahl dient als Klimahülle. Sie umschließt die Betonstruktur und ergänzt wo möglich das Wohnraumangebot um Balkonflächen. Die Patina der Fassade, die sie über die Jahre ansetzen wird, ist gewollt und verweist auf den industriellen Ursprung des Gebäudes und der Umgebung [1-21].



Abbildung 1-10: Bestand und umgenutztes Getreidesilo „The Silo“ | COBE | Kopenhagen (DK) | 2017

Figure 1-10: Existing and converted silo „The Silo“ | COBE | Copenhagen (DK) | 2017

1.5.4.4 Umnutzung eines Bürogebäudes in ein Wohngebäude Conversion of an office building into a residential building

Das in Abbildung 1-11, links dargestellte Bürogebäude von 1974 war in der Fassade abgänglich; der Innenausbau und die Haustechnik stark sanierungsbedürftig. Die Lage im attraktiven Umfeld einer Hamburger Stichstraße rechtfertigte jedoch keine weiteren Investitionen in eine Büronutzung. Der ehemalige Plattenbau wurde im Umnutzungsprozess bis auf die Stahlbetonskelettstruktur entkernt und in einjähriger Bauzeit in ein lichtdurchflutetes Wohngebäude mit 15 Wohneinheiten umgenutzt. Die Wohnungsgrößen variieren zwischen ca. 85 bis 145 m². Fließende Wohnungsgrundrisse wurden in der Skelettstruktur um auskragende Kuben und Balkone erweitert, die beide Hauptfassaden jeweils gliedern. Aufgrund der Straßen-Hof-Orientierung des Gebäudes wurde die zweischalige, hinterlüftete Vorhangfassade unterschiedlich konzipiert: eine raumhohe verglaste und mit Balkonen ausgestattete westliche Fassade in Richtung Garten und eine stärker geschlossene Fassade mit den markanten räumlichen Auskragungen in Richtung der Straße. Die Konzeption als Zweispänner bedurfte der Ergänzung um einen weiteren Treppenraum, um die einzelnen Wohneinheiten effizient zu erschließen. Dieser konnte durch Öffnungen in den Geschossdecken im Raster der Skelettstruktur bewerkstelligt werden.



Abbildung 1-11: Bestand und umgenutztes Bürogebäude „Bogenallee“ | blauraum Architekten GmbH | Hamburg (D) | 2004

Figure 1-11: Existing and converted office building “Bogenallee” | blauraum Architekten GmbH | Hamburg (D) | 2004

1.5.4.5 Umnutzung eines Büro- und Laborgebäudes in ein Wohngebäude Conversion of an office and laboratory building into a residential building

In Stuttgart verwandelten Architekten ein steriles Laborgebäude aus dem Jahr 1959 in ein Wohngebäude mit 23 licht- und luftdurchfluteten, hochpreisigen Stadtwohnungen (Abbildung 1-12). Dass das Gebäude nicht abgerissen wurde, ist auf ein verändertes Baurecht zurückzuführen. Das Laborgebäude hätte durch einen maximal zwei- bis dreigeschossigen Neubau ersetzt werden können, was den Eigentümern trotz der attraktiven Lage unrentabel erschien. Das umgenutzte Wohngebäude liegt in der teuersten Wohngegend der Stadt.

Die Archivbilder zeigen einen viergeschossigen Verwaltungsriegel mit einfachverglaster Rasterfassade, monotonen Fensterbändern und Bürozellen zu beiden Seiten der dunklen Mittelflure. In den neugeschaffenen 95 bis 220 m² großen Wohnungen ist von der ehemaligen Enge der schmalen Bürozellen nichts mehr vorhanden. Die tragenden Flur- und Fassadenwände wurden großzügig geöffnet, so dass sich die Wohnungen zu beiden Seiten „durchwohnen“ lassen. Nur noch weiß verputzte Stützen erinnern an die

Struktur des Bestandes. Fehlende Balkone auf der Südseite des Gebäudes ersetzt eine zweite, vor die Fassade gestellte Raumschicht, die Loggien und in Teilen Wohnraum aufnimmt [1-22].



Abbildung 1-12: Bestand und umgenutztes Büro- und Laborgebäude „Quant“ | Wilford Schupp Architekten | Stuttgart (D) | 2007

Figure 1-12: Existing and converted office and laboratory building“Quant“ | Wilford Schupp Architekten | Stuttgart (D) | 2007

1.5.4.6 *Umnutzung eines Büroturms in einen Wohnturm* *Conversion of an office tower into a residential tower*

Bei der Umnutzung des in Abbildung 1-13 dargestellten ehemals vierzehngeschossigen Büroturmes aus den 1960er Jahren und der Aufstockung um drei Etagen überlagerten sich zwei Prozesse. Die von der Frankfurter Bauaufsicht geförderte Umwidmung von Büro- in Wohnraum sowie die Revitalisierung eines in die Jahre gekommenen Hochhauses, bei dem durch die Umwidmung der Bestandsschutz verloren ging. Die Defizite der Gebäudesubstanz lagen im Schallschutz und dem konstruktiven Brandschutz, die eine Ertüchtigung tragender Bauteile erforderte.

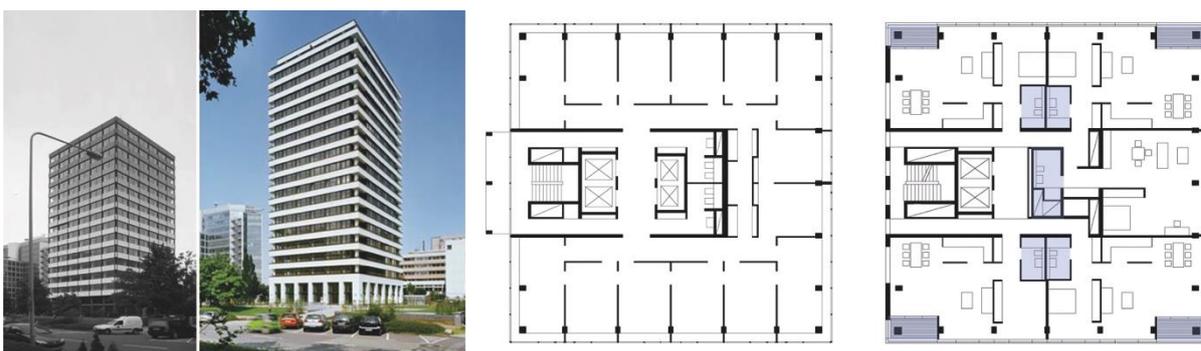


Abbildung 1-13: Bestand und umgenutzter Büroturm „Lyoner Straße“ | Stefan Forster Architekten | Frankfurt am Main / Niederrad (D) | 2010

Figure 1-13: Existing and converted office tower “Lyoner Straße“ | Stefan Forster Architekten | Frankfurt am Main / Niederrad (D) | 2010

Die ehemaligen Büroetagen wurden in insgesamt 98 Wohnungen mit einer offenen Wohnfläche zwischen 50 bis zu 160 m² umgestaltet. Dabei wurde das Gebäude bis auf seine Tragstruktur zurückgebaut; eine Aufstockung um drei Etagen ging an die Grenze der statischen Möglichkeiten. Aufgrund des quadratischen Grundrisses und des Rückbaus von Aufzugsanlagen konnten in Gebäudemitte der erhöhte Platzbedarf der Sanitärflächen und -stränge untergebracht werden. Die Wohnungen wurden in den Gebäudeecken angeordnet, so dass eine Ausrichtung des Wohnraums in zwei Himmelsrichtungen möglich wurde. Die Ergänzung um Loggien steigert das Wohnraumangebot.

1.5.4.7 Erkenntnisse der Umnutzungsprojekte

Findings of the converted projects

An die Umnutzung von Gebäuden werden im Vergleich zu Revitalisierungen mit gleichbleibender Nutzung erweiterte Anforderungen gestellt. Diese begründen sich in den unterschiedlichen Vorgaben der Bau- und Sonderbauverordnungen sowie Richtlinien, die sich in den verschiedenen typologischen Grundsätzen von Nutzungsarten darstellen. Zur Transformation einer Gebäudestruktur in eine abweichende Nutzungsart bedarf es Anpassungen der Grundrisse und somit Eingriffe in die Gebäudestruktur, da bauliche Ergänzungen oder ein Rückbau für die Funktionalität der Nutzung notwendig werden. Dies ist in den dargestellten Beispielen an der Ergänzung um vertikale Erschließungsmöglichkeiten oder Schächte der technischen Gebäudeausrüstung für eine kleinteilige Wohnnutzung erkennbar. Ein erhöhter Planungs- und Abstimmungsaufwand entsteht zusätzlich durch den Abgleich konstruktiver, brandschutztechnischer und bauphysikalischer Gegebenheiten mit den aktuellen Anforderungen abweichender Nutzungsarten. Diese Maßnahmen erhöhen die Bau- und Planungskosten, sodass je nach Standort und Gegebenheiten für Umnutzungen hohe Miet- oder Verkaufspreise für eine Rentabilität des Prozesses erforderlich werden.

Auffällig ist der hohe Prozentsatz an Umnutzungen von leerstehenden Gebäuden in die Nutzungsart Wohnen. Begründen lässt sich dies an dem dauerhaften Wohnungsmangel attraktiver Städte und der damit verbundenen Verwertung der Räumlichkeiten. Die Wohnungsmieten sind in vielen deutschen Städten bereits annähernd auf dem Niveau von günstigen Büroflächenmieten, wie sie in schwer zu vermarktenden Gebäuden häufig noch erzielt werden. Die Anpassungsfähigkeit von Wohnungsgrundrissen an bestehende Raumvorgaben, die im Vergleich zu Beherbergungsstätten oder Büroflächen weniger auf ein effizientes Gebäuderaster angewiesen sind und eine hohe Vielfalt besitzen, wirkt sich förderlich auf die Umsetzung aus.

1.6 Erkenntnisse der Revitalisierungen und Umnutzungen für die Objektplanung

Conclusion of the revitalisation and conversion projects for the building planning

Der Grundstock des deutschen Immobilienbestandes wurde in der Zeitspanne zwischen den 1950er bis 1980er Jahren errichtet. Dieser wird immer stärker mit den Veränderungen unserer Gesellschaft und unserer Umwelt konfrontiert. Unzureichende Baupflege, konstruktive Mängel, veränderte energetische und bauphysikalische Stan-

dards sowie ungeeignete Raumstrukturen haben vielen Gebäuden zugesetzt. Beginnende Vermarktungsschwierigkeiten aufgrund fehlender Attraktivität und Flexibilität wurden durch steigende Betriebskosten beschleunigt. Die Auswirkungen zeigen sich deutlich auf dem Büroflächenmarkt mit seiner hohen Leerstandsrate. Im Vergleich dazu besteht auf dem städtischen Wohnungsmarkt durch veränderte Wohngewohnheiten, wie dem steigenden Wohnflächenbedarf je Person, und der verstärkten Urbanisierung ein dauerhafter Wohnungsmangel, sodass auch unattraktive Flächen und Gebäude vermarktungsfähig bleiben.

Im Umgang mit dem Bestand sollten sich die Planungen auf die Fragestellung ob Modernisieren oder Umnutzung fokussieren. Die Entscheidung geht jedoch häufig in entgegengesetzte Richtung zum Neubau hin. Einerseits weil die Auftraggeber die unvorhersehbaren (finanziellen) Risiken einer Umgestaltung scheuen oder die Potentiale des Bestandes nicht erkennen, die im Weiterbauen liegen. In der Auseinandersetzung mit dem Gebäudebestand macht sich vor allem in den Städten ein Paradigmenwechsel bemerkbar, der zugunsten der Bestandsentwicklung ausfällt. Dies lässt sich am Trend der Gesamtinvestitionen der Erneuerungsmaßnahmen ablesen: 1977 betrug statistisch der Anteil an Neubauinvestitionen noch ca. 80 Prozent. Dieser wird laut Prognosen bis in die Mitte unseres Jahrhunderts auf ein Drittel zurückgehen. Die Erfahrungen aus solchen Projekten, neue und auf den Umgang mit dem Bestand ausgerichtete Bauprodukte sowie ggf. baupolitische Unterstützung unterstützen und steigern die notwendige Auseinandersetzung mit dem Gebäudebestand.

Dass schwer zu vermarktende Gebäude ggf. ein erhebliches (Umnutzungs-)Potenzial bergen, verdeutlichen die zuvor beschriebenen Beispiele revitalisierter Bauwerke, denen mit planerischem Aufwand und finanziellem Einsatz – häufig zu Neubaukostenwerten – ein verlängertes Leben gewährt wurde. Meist wurden unterstützende Maßnahmen oder baurechtliche Erleichterungen durch die Verantwortlichen auf Seiten der Stadtplanung und der Bauaufsicht gewährt, die eine Revitalisierung erst ermöglichten. Revitalisierungen können sich auch aus finanzieller Sicht lohnen, wenn die Gebäudestruktur zum Großteil erhalten werden kann und somit beispielsweise auf die Finanzierung der konstruktiven Elemente sowie der Baugrube verzichtet werden kann. Dies beschleunigt zusätzlich den Bauprozess. Grundsätzlich sind mit einem entsprechenden finanziellen Aufwand alle Gebäude nach einem langen Nutzungszeitraum an aktuelle Bedürfnissen anpassbar. Eine erfolgreiche und vorrangig ökonomisch sinnvolle Revitalisierung bzw. Umnutzung von Gebäuden ist an einigen entscheidenden Faktoren auszumachen. Eine Übersicht der Herausforderungen für eine erfolgreiche Revitalisierung zeigt Abbildung 1-14.

Ausgangslage für die Untersuchung, ob Gebäude für eine Revitalisierung oder Umnutzung geeignet sind, ist die Anpassungsfähigkeit der Gebäudestruktur an räumlich abweichende Nachnutzungen. Dabei stellt sich die Frage nach der Eingriffstiefe in die Gebäudestruktur und ihre Auswirkungen auf das Tragwerk. Neben Geschosshöhe, Gebäudelänge und -tiefe sind die Geometrie, Anzahl und Größe einzelner Gebäudeelemente sowie der Abstand zwischen den Elementen als hauptsächliche Faktoren auszumachen. Beispielhaft ist eine überdimensionale Gebäudetiefe zu nennen, die für Nutzungsarten aufgrund der schwierigen Belichtungssituation in Gebäudemitte zum Aus-

schlusskriterium führen kann. Sehr geringe Gebäudetiefen mit einer hohen Tageslichtausbeute erzeugen ein ineffizientes Verhältnis von Nutzfläche zu Erschließungsfläche, dass durch vergleichsweise hohe Mieten gegenfinanziert werden müsste und daher von Nutzern abgelehnt wird. Für die Nachnutzung als Bürogebäude sind für moderne Büroräumlichkeiten die lichte Geschosshöhe und der vorhandene Platzbedarf für Nachinstallationen von Medien der TGA in abgehängten Deckenbereichen oder aufgeständerten Böden entscheidend. Sind die Anforderungen nicht oder nur schwer zu erfüllen, erscheint eine Nachnutzung funktional schwierig.

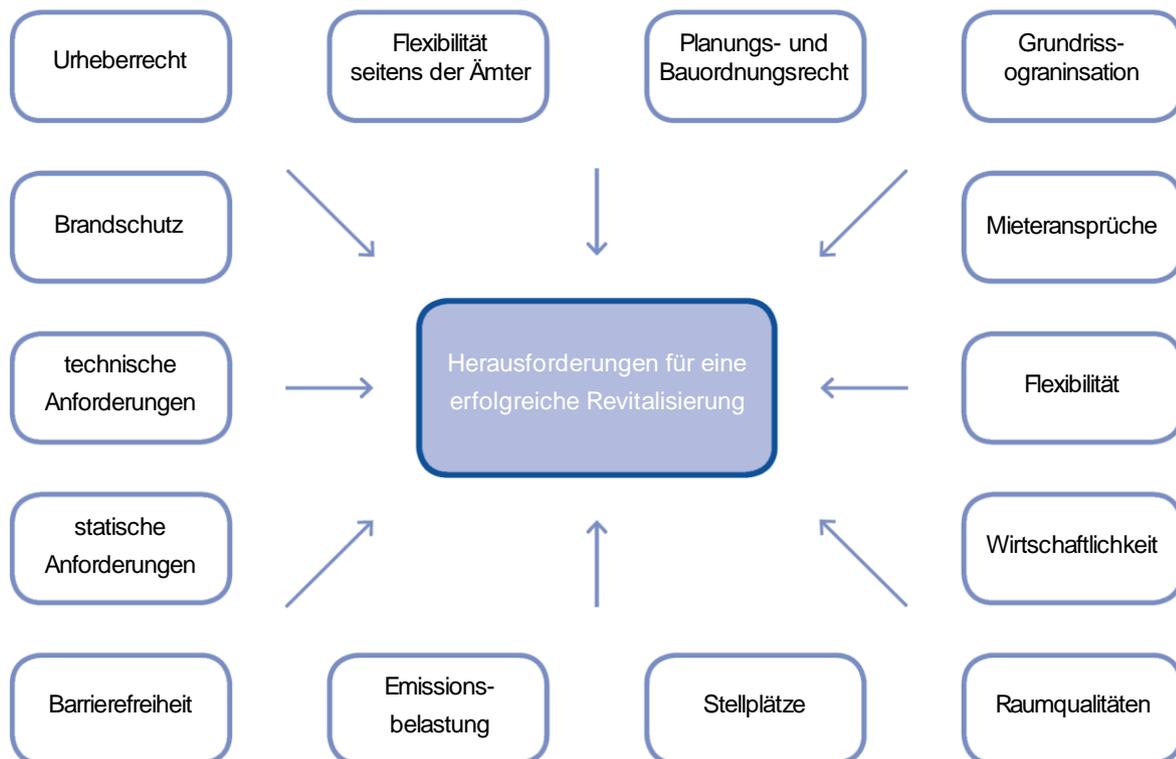


Abbildung 1-14: Herausforderungen für eine erfolgreiche Revitalisierung [1-23]

Figure 1-14: Challenges for a successful revitalization [1-23]

Neben diesen grundsätzlichen Voraussetzungen ist die Vereinbarkeit der Nachnutzungsstrategie mit dem aktuell gültigen Baurecht abzugleichen. Wird eine Nutzungsänderung oder deutlich sichtbare Anpassungen des Gebäudevolumens sowie an der Gestaltung der Gebäudehülle vorgenommen, ist die Konformität mit den Vorgaben der Bebauungspläne zu prüfen. Nur bei gleichbleibender Nutzung ohne größere bauliche Eingriffe gilt Bestandsschutz. Die Ertüchtigung einer abgängigen Gebäudehülle gegen eine energetisch aufgewertete Fassadenkonstruktion, die den aktuellen Anforderungen entspricht, ist für revitalisierenden Baumaßnahmen nach aktuellem Baurecht Voraussetzung. Der Rückbau bzw. die Ertüchtigung sind abhängig von der konstruktiven Anbindung an das Primärtragwerk. Ist die Fassade als ein dem Rohbau vorgesetztes Bauteil konzipiert, lässt sich der Austausch von Fassadenelementen ohne größere Eingriffe in das Primärtragwerk realisieren. Sind Elemente der Fassade für das Primärtragwerk konstruktiv wirksam, ist der Eingriff aufwendig und kostspielig. Die Modernisierung der

TGA ist, vergleichbar mit den Maßnahmen der energetischen Sanierung der Gebäudehülle, im Sinne eines verminderten Energieverbrauchs nach aktuellen baurechtlichen Vorgaben notwendig. Im Zusammenwirken mit einer verbesserten Dämmwirkung der Fassadenbauteile wird im Zuge der Revitalisierung über effizientere technische Anlagen die Energiebilanz verbessert und die Behaglichkeit in den Nutzräumen gesteigert. Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass die Erfolgsaussichten von Revitalisierungen und Umnutzungen von den Eigenschaften der Gebäudegrundstruktur abhängig sind. „Nebenbaustellen“, wie die Sanierung der Fassade oder der Austausch der TGA, sind bei entsprechendem finanziellen Einsatz lösbar und in der Regel nicht als Ausschlusskriterium festzustellen. Für anpassungsfähige Büro- und Geschäftshäuser ist eine Gebäudegrundstruktur zu entwickeln, die die Anforderungen verschiedener, in Betracht gezogener Nutzungsarten erfüllt. Im Falle einer Nutzungsänderung sind die Eingriffe bei anpassungsfähigen Gebäuden mit geringem Aufwand möglich, ohne Veränderungen der Primärstruktur vornehmen zu müssen (Abbildung 1-15). Für den Umnutzungsprozess ist die konstruktive Trennung der Systeme der Primärstruktur (Rohbau), Sekundärstruktur (Fassade) und der Tertiärstruktur (Ausbau und TGA) förderlich, da die Trennung den Austausch bzw. die Anpassung einzelner Gebäudeteile vereinfacht, für die unterschiedliche technische Lebensdauern festzustellen sind.

Sind die baurechtlichen, konstruktiven, bauphysikalischen und brandschutztechnischen Vorgaben aller Nutzungsarten bereits in der Planung berücksichtigt, beschleunigt dies den Umnutzungsprozess erheblich. Die notwendigen Maßnahmen beschränken sich auf den Austausch von Ausbauelementen, einer Anpassung der TGA sowie ggf. Veränderungen der Fassadeneinteilung. Sind die Vorgaben eingehalten, kann sowohl auf kurze Nutzerzyklen auf dem Büroflächenmarkt als auch durch eine Neuausrichtung der Nutzung auf Vermarktungsschwierigkeiten reagiert werden.

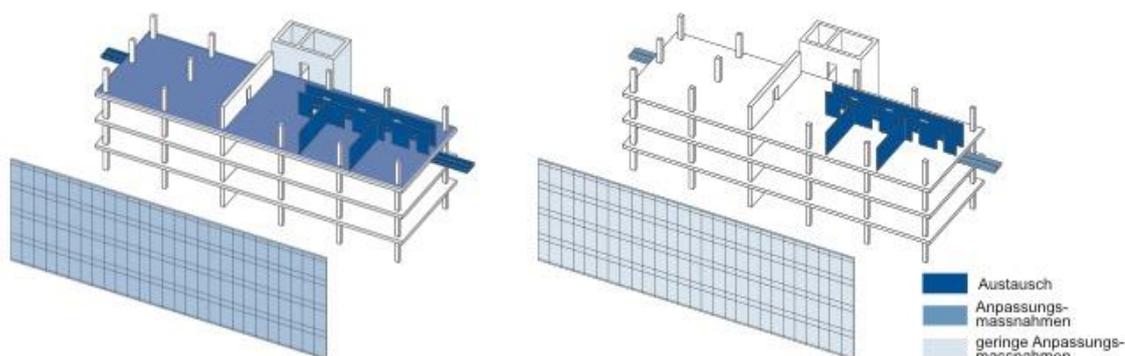


Abbildung 1-15: Schematische Darstellung der weitreichenden baulichen Maßnahmen für die Umnutzung bestehender Gebäude (links) und Zielsetzung für die Umnutzung von anpassungsfähigen Gebäuden mittels geringer baulicher Maßnahmen (rechts).

Figure 1-15: Schematic Diagram of far-reaching structural measures for the conversion of existing buildings (left) and target setting for the conversion of adaptive buildings with less structural measures (right)

Verminderter Ressourcenverbrauch durch verringerte Neubautätigkeiten, geringerer Flächenverbrauch und Bodenversiegelung in Städten und Gemeinden durch die Umnutzung von Bestandsgebäuden, geringere Ausbreitung der Städte ins Umfeld durch sinnvolle Binnenentwicklung als ökologische Potentiale von Umnutzungsprozessen müssen und werden aus Gründen der Nachhaltigkeit verstärkt in das Interessensfeld von Eigentümern und Investoren rücken. Werden zukünftig Gebäude anpassungsfähig geplant und somit auf unbekannte Nutzergruppen bei nicht vorhersehbarem Flächenbedarf vorbereitet, können die Aspekte um eine langfristige Nutzung und hohe Vermarktungsfähigkeit ergänzt werden – Welche Auswirkungen die Anpassungsfähigkeit auf die Objektplanung, die Konstruktion, die Ökologie und die Ökonomie hat, wird in den folgenden Kapiteln beschrieben.

2 Nachhaltigkeit Sustainability

Kurzfassung

Die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden rückt angesichts des zunehmenden Klimawandels immer stärker in den Focus der Betrachtung. Neben der Begrenzung des Schadstoffausstoßes soll eine Verringerung des Ressourcenverbrauches und Abfallaufkommens erreicht werden. Im vorliegenden Kapitel werden die europäischen Ziele zur Begrenzung des Treibhausgasausstoßes, Ressourcenverbrauches und Abfallaufkommens betrachtet. Anhand europäischer und deutscher Abfallstatistiken werden die verursachten und behandelten Abfälle im Bausektor betrachtet und das Recyclingpotential verschiedener Baustoffe analysiert. Anschließend werden die normativen Grundlagen der Nachhaltigkeitsbewertung und Ökobilanzierung zusammengefasst. Es erfolgt eine kurze Übersicht der Entwicklung von Bewertungssystemen im Bausektor. Darauf aufbauend werden die Struktur und Inhalte des deutschen Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB) und des Systems der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB-System) erläutert. Hauptaugenmerk liegt auf den Bewertungskriterien der ökologischen und ökonomischen Qualität. Dabei werden die im Forschungsvorhaben angewendeten Bewertungsverfahren sowie die Datengrundlagen der Ökobilanzierung, Lebenszyklusbetrachtung und Kostenermittlung erläutert.

Abstract

Because of the increasing climate change, the assessment of the sustainability of buildings is increasingly important. In addition, a limitation of emissions as well as a reduction of the resource consumption and waste generation should be achieved. This chapter summarises the European objectives for limiting greenhouse gas emissions, resource consumption and waste generation. Furthermore, European and German waste statistics are used to look at the waste generated and treated in the construction sector and to analyse the recycling potential of various building materials. Subsequently, the normative principles of sustainability assessment and life cycle assessment are recapitulated. The development of rating systems in the construction sector will be briefly reflected. Building on this, the structure and contents of the German Assessment System for Sustainable Building (BNB) and the system of the German Sustainable Building Council (DGNB-System) are explained. The main focus is on the evaluation criteria of ecological and economic quality. Thereby, the evaluation methods used in the research project as well as the data base of life cycle assessment, life cycle analysis and costing will be explained.

2.1 Allgemeines General

Im Rahmen des Pariser Klimaschutzabkommens wurde deutlich gemacht, dass die Begrenzung der Erderwärmung mit bisherigen Maßnahmen nicht erreicht werden kann. Um das vereinbarte Ziel erfüllen zu können, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf unter 2 °C des vorindustriellen Niveaus zu begrenzen, müssen ehrgeizige Aktionspläne durch die Mitgliedstaaten umgesetzt werden. Der deutsche Klimaschutzplan 2050 sieht Maßnahmen in den fünf Sektoren Energiewirtschaft, Gebäude, Verkehr, Industrie und Landwirtschaft vor. Zentrales Ziel des Plans stellt die Reduktion des Treibhausgasausstoßes gegenüber 1990 um 55 % bis zum Jahr 2030 dar. Im Sektor Gebäude wird mit einer Reduktion von 66 % das höchste Einsparpotenzial angestrebt. Bis 2050 soll eine Reduktion um 80 % bis 95 % in allen Sektoren erreicht werden. Danach wird eine weitestgehende Treibhausgasneutralität angestrebt. In Verbindung mit dem Pariser Abkommen werden alle 5 Jahre neue ambitioniertere Ziele verfasst. Diese Anforderungen stellen vor allem im Sektor Gebäude, der aktuell etwa 30 % zum Treibhausgasausstoß beiträgt, eine hohe Herausforderung dar [2-1], [2-2]. Der aktuelle Emission Gap Report [2-3] stellt selbst mit den vorgesehenen Maßnahmen die Erreichung des in Paris gesetzten Zieles in Frage. Ein weiteres Problem stellt das hohe Aufkommen von Abfällen dar, die durch den Bausektor verursacht werden. Zwar konnte der Anteil der verwerteten Abfälle im europäischen Raum in den vergangenen Jahren gesteigert werden, jedoch wird weiterhin ein Großteil der Abfälle deponiert. Abschnitt 2.2 enthält eine Übersicht zur Entwicklung des Bauabfallaufkommens und der Verwertung in Europa und Deutschland.

Circa 80 % des Energieverbrauches und Treibhausgasausstoßes im Gebäudesektor sind derzeit der Nutzungsphase durch Heizen, Kühlen und den Verbrauch von Ressourcen durch den Nutzer zuzuordnen [2-4]. Weiterhin tragen die Errichtung, Wartung und der Abriss von Gebäuden zum Energieverbrauch, dem Schadstoffausstoß und dem Aufkommen von Abfällen bei. Angesichts der steigenden Energieeffizienz von Gebäuden, wird sich der Ressourcenverbrauch und Schadstoffausstoß in der Nutzungsphase in den nächsten Jahrzehnten verringern. Die energieeffiziente Herstellung von Bauprodukten und Gebäuden rückt somit zunehmend in den Focus. Abbildung 2-1 enthält eine prinzipielle Darstellung zur Entwicklung des Anteils der grauen Energie für Materialien gegenüber der Nutzung.

Zur Förderung nachhaltiger Bauwerke wurde im Jahr 2007 das nachhaltige Bauen als einer der 6 Märkte der „Lead Market Initiative for Europa (LMI)“ benannt, um das Wirtschaftsvolumen des Marktes bis 2020 zu verdoppeln [2-5]. Mit der Erarbeitung von Normen zur Umweltproduktbilanzierung und der Einführung von Systemen zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden erfolgte ein wichtiger Schritt für eine ökologische und zukunftsfähige Umwelt. Hierzu liefern die Abschnitte 2.3 und 2.4 eine Übersicht des aktuellen Standes der Normung der Nachhaltigkeit sowie der Entwicklung und aktuellen Situation der Bewertungssysteme für Gebäude. Das in Deutschland entwickelte „Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen“ (BNB) stellt die Grundlage für die im Forschungsprojekt vorgenommenen Ökobilanzierung von Bauprodukten und Gebäuden dar. Die Bewertung der ökologischen Qualität wird in Abschnitt 2.5 beschrieben.

Die Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes wird nicht nur durch die Errichtungskosten bestimmt. Vielmehr beeinflussen Lebenszykluskosten und die langfristige Nutzbarkeit die ökonomische Qualität. Die bei der Gebäudebewertung anzuwendenden Kriterien sowie das im Forschungsvorhaben angewendete Bewertungsverfahren werden in Abschnitt 2.6 beschrieben.

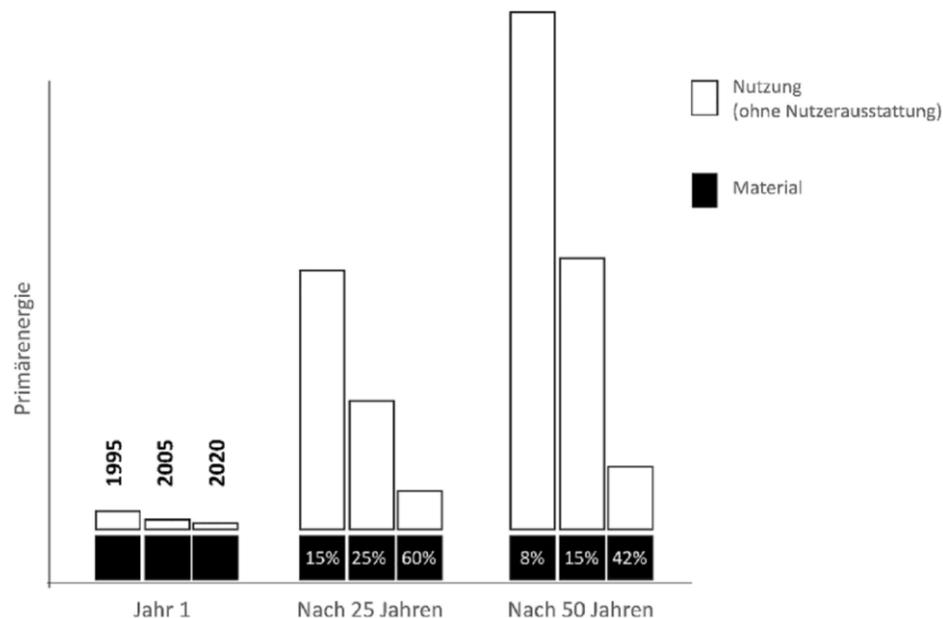


Abbildung 2-1: Prinzipdarstellung zur Auswirkung der gesteigerten Energieeffizienz von Gebäuden auf das Verhältnis der grauen Energie für Material und Nutzung nach [2-4].

Figure 2-1: Exemplary effect of increased energy efficiency of buildings on the ratio of gray energy for material and use [2-4].

2.2 Bauabfallaufkommen Construction waste amount

Neben Energiebedarf, Treibhaus- und Versauerungspotenzial sind Recyclingfähigkeit und Abfallaufkommen bedeutend. Unter dem Begriff „Abfall“ ist nach Artikel 3 Absatz 1 der Richtlinie 2008/98/EG [2-72] jeder Stoff oder Gegenstand zu verstehen, dessen sich sein Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss. „Gefährlicher Abfall“ weist zudem eine oder mehrere gefährliche Eigenschaften auf, z. B. explosiv, entzündbar, reizend, giftig, gesundheitsschädlich, ätzend usw. (vgl. [2-72], Anhang III). Unter „Recycling“ ist jedes Verwertungsverfahren zu verstehen, durch das Abfallmaterialien zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden. Es schließt die Aufbereitung organischer Materialien ein, aber nicht die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind [2-72]. Mit der EU-Politik im Bereich der Abfallwirtschaft sollen die Auswirkungen von Abfall auf die Umwelt und die Gesundheit verringert und die Ressourceneffizienz verbessert werden. Dabei soll langfristig das Abfallaufkommen gesenkt und, wenn die Entstehung von Abfällen unvermeidlich ist, die Bedeutung von Abfall als Ressource gestärkt und dadurch eine höhere Recyclingquote und die sichere Entsorgung von Abfällen gewährleistet werden (vgl. [2-6], [2-72]).

Um die Umsetzung der Abfallpolitik und insbesondere die Einhaltung der Grundsätze der Wiederverwertung und der sicheren Entsorgung überwachen zu können, wurde im Jahr 2002 die Verordnung (EG) Nr. 2150 zur Abfallstatistik [2-73] erlassen, nach der die EU-Mitgliedstaaten verpflichtet sind, ab dem Bezugsjahr 2004 alle zwei Jahre Daten zu Aufkommen, Verwertung und Beseitigung von Abfällen entsprechend einer harmonisierten Gemeinschaftsstatistik zu melden. Nach dieser Statistik belief sich das Abfallaufkommen aller Wirtschaftszweige und Haushalte im Jahr 2014 in den EU-28-Staaten auf 2,494 Mrd. t (Anhang A, Tabelle A-1). Damit ist weiterhin seit 2008 ein Anstieg des Abfallaufkommens zu verzeichnen (Abbildung 2-2). Der Großteil des Abfalls von rund 65 % ist mineralischen Ursprungs. Circa 3,8 % des Gesamtabfalls und 7 % des nicht-mineralischen Anteils wurden als gefährliche Abfälle eingestuft. Deutschland trägt mit dem europaweit höchsten Aufkommen von 387,5 Mio. t zu rund 15,5 % zum Gesamtaufkommen bei. Es folgen Frankreich und Großbritannien mit 13,5 und 10 %. Bezogen auf die Einwohnerzahl der EU-28-Staaten lag das durchschnittliche Abfallaufkommen in 2014 bei 4915 kg. Dabei liegt Deutschland mit 4785 kg Abfall pro Einwohner im europäischen Durchschnitt (vgl. [2-6]).

Mit 859 Mio. t fiel rund ein Drittel des Abfallaufkommens im „Bausektor“ an. Dieses Aufkommen ist seit 2006 nahezu konstant geblieben. Nur im Jahr 2004 wurden ca. 90 Mio. t weniger Bauabfälle erzeugt (Abbildung 2-2). Ähnlich hoch (28,2 %) war das Aufkommen aus dem Bereich „Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden“ (Abbildung 2-3). Wie Abbildung 2-4 zeigt, trägt Deutschland rund ein Viertel am europaweiten Abfallaufkommen im Bausektor bei. Auffallend ist, dass vor allem die wirtschaftlich führenden europäischen Staaten den höchsten Anteil des Abfalls im Bausektor verursachen.

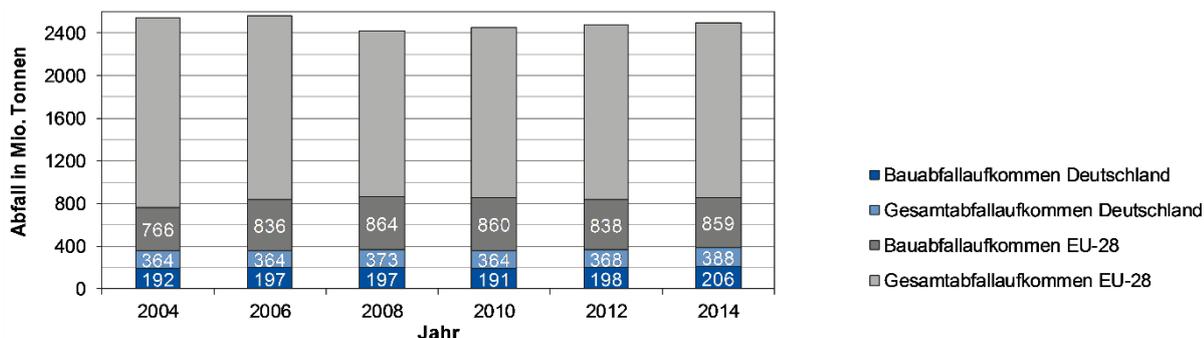


Abbildung 2-2: Gesamt- und Bauabfallaufkommen der aller EU-28-Staaten sowie die Anteile Deutschland von 2004 bis 2014 (Datengrundlage [2-7])

Figure 2-2: Total and construction waste amount of all EU-28 states as well as the shares of Germany from 2004 to 2014 (database [2-7])

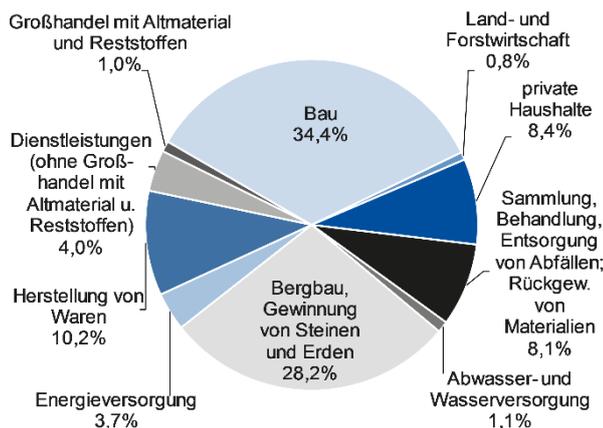


Abbildung 2-3: Prozentuale Aufteilung der Abfälle aus wirtschaftlichen Tätigkeiten und von Haushalten – EU-28, 2014 (Datengrundlage [2-7])

Figure 2-3: Percentage of waste from economic activities and households – EU-28, 2014 (datab. [2-7])

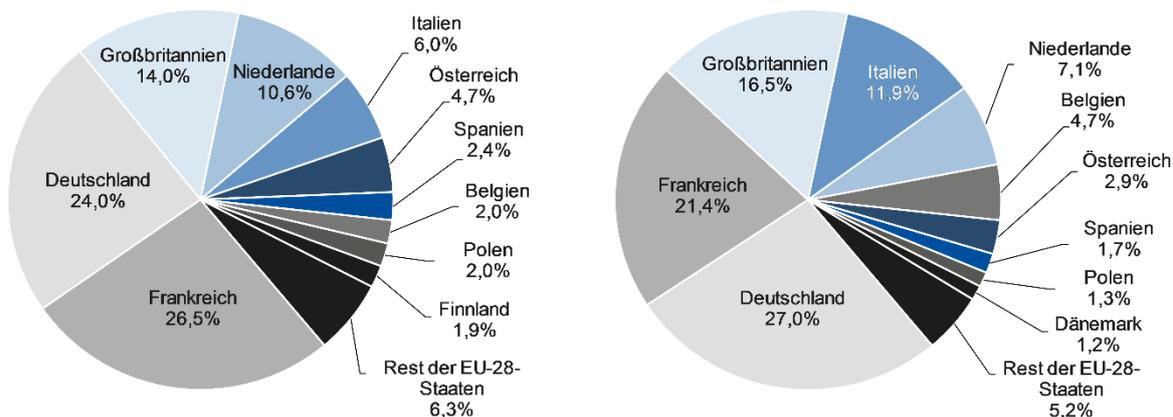


Abbildung 2-4: Prozentuale Anteile der EU-28-Staaten am Bauabfallaufkommen 2014 mit (links) und ohne (rechts) Bodenaushub und Nassbaggereütern (Datengrundlage [2-7])

Figure 2-4: Percentage shares of the EU-28 states in construction waste amount in 2014 with (left) and without (right) excavated soil and dredging spoils (database [2-7])

Die Statistik für den Bausektor berücksichtigt die Abfälle von Hochbauten, Ingenieur- und Sonderbauwerken. Der Hauptanteil mit 817 Mio. t im Jahr 2014 entfiel auf die mineralischen Stoffe. Dieser beinhaltet den Aushub von Boden (51,5 %) und Nassbaggereütern (9,3 %) sowie mineralische Abbruch- und Konstruktionsabfälle (34,0 %), wie Beton-, Ziegel-, gipshaltige, bituminöse und teerhaltige Baustoffe (siehe Abbildung 2-5 links). Metallische und nicht metallische Baustoffe (Glas, Papier, Holz, Plastik, Gummi und Textilien) hatten mit 30,7 Mio. t nur einen geringen Anteil von 3,6 % am Abfallaufkommen. Dabei stellen Eisen- und Nichteisenmetalle mit insgesamt 19,4 Mio. t rund zwei Drittel der nicht mineralischen, recyclingfähigen Abfälle (siehe Abbildung 2-5 rechts) dar.

Im Jahr 2014 wurden 2,320 Mrd. t der Abfälle einer Behandlung unterzogen (Anhang A, Tabelle A-2). Hierzu zählen das Recycling, die Verbrennung mit und ohne energetische Verwertung, das Verfüllen z. B. zur Geländemodellierung und Landschaftsgestaltung und die Beseitigung, z. B. durch Deponieren auf und in der Erde sowie die Einlei-

tung in Gewässern. Wie Abbildung 2-6 links zeigt, stieg die Summe der abfallbehandelten Stoffe in den EU-28-Ländern seit 2004 um ca. 10 %. Die prozentualen Anteile der beseitigten, recycelten, verfüllten und verbrannten Stoffe blieben dabei annähernd konstant. In Deutschland wird im Vergleich zur gesamteuropäischen Abfallverwertung ein deutlich höherer Recyclinganteil von 62 % bis 70 % erreicht (Abbildung 2-6 rechts). Der beseitigte Anteil beträgt in Deutschland seit 2010 weniger als 20 %. Weiterhin erfolgte seit 2004 eine Zunahme des energetisch verwerteten Abfallanteils. 2014 betrug der Anteil 11 %. Europaweit wurden hingegen nur 5 % energetisch genutzt.

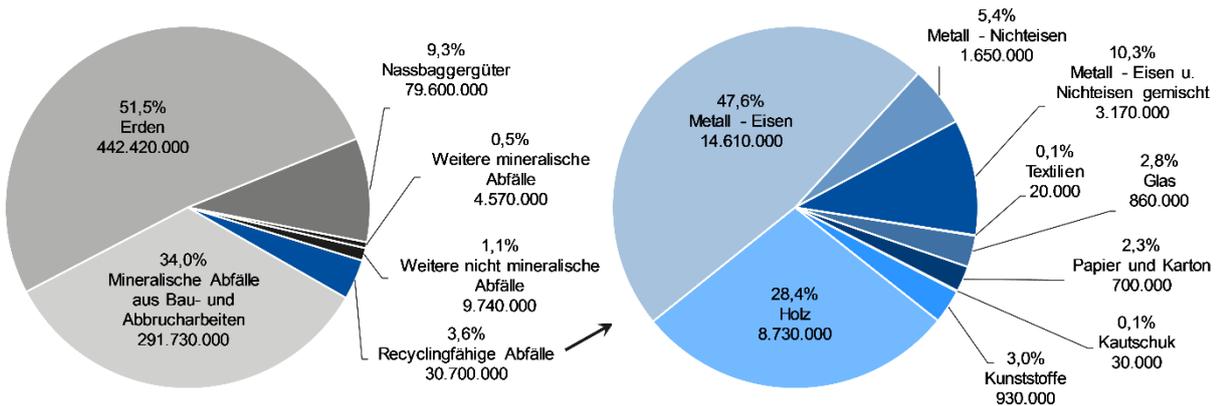


Abbildung 2-5: Prozentuale Anteile und Masse in t der Abfälle im Bausektor (links) sowie Aufteilung der recyclingfähigen Abfälle im Bausektor (rechts) – EU-28, 2014 (Datengrundlage [2-7])

Figure 2-5: Percentages share and mass in tonnes of waste in the construction sector (left) and shares of recyclable waste in the construction sector (right) – EU-28, 2014 (database [2-7])

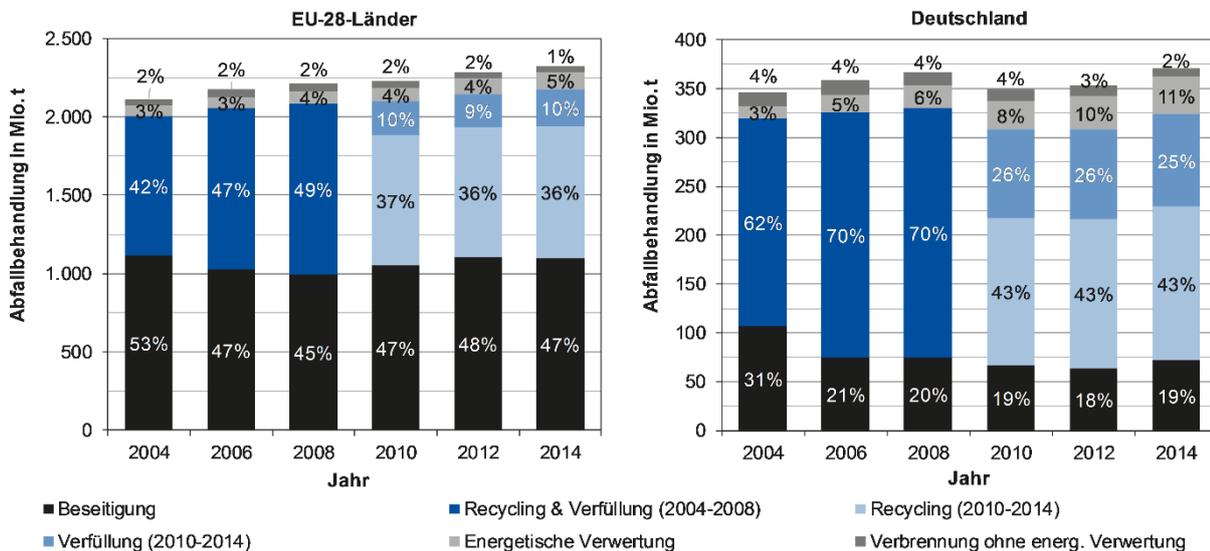


Abbildung 2-6: Abfallbehandlung der EU-28-Staaten (links) und Deutschlands (rechts) von 2004 bis 2014 [2-8]

Figure 2-6: Waste treatment of the EU-28 states (left) and Germany (right) from 2004 to 2014 [2-8]

Die Abfallstatistiken für Deutschland der Vereinigung Kreislaufwirtschaft Bau [2-9]–[2-17] stützen sich auf Angaben des Statistischen Bundesamtes. Sie weist kleine Abweichungen zur europäischen Statistik auf. Die Baustoffe sind nicht einheitlich kategorisiert, sodass ein direkter Vergleich nicht möglich ist. Nach dieser Statistik wurden im Jahr 2014 rund 202 Mio. t Bauabfälle erzeugt. Der Hauptanteil entfällt auf die Kategorie Böden und Steine (inkl. Nassbaggergut, 58,7 %). Unter Bauschutt (27,0 %) werden Beton-, Ziegel- und Keramikprodukte zusammengefasst. Die Kategorie Straßenaufbruch (6,7 %) berücksichtigt ausschließlich bituminöse Abfälle. Die Baustellenabfälle (7,2 %) beinhalten Holz, Glas, Kunststoffe, Metalle und Dämmmaterialien. Bauabfälle auf Gipsbasis werden seit dem Jahr 2004 getrennt erfasst. Abbildung 2-7 zeigt Anteile der Abfallkategorien am Gesamtabfallaufkommen.

Abbildung 2-8 zeigt, dass das Aufkommen mineralischer Bauabfälle seit dem Jahr 2000 deutlich verringert werden konnte. Die ARGE Kreislaufwirtschaftsträger Bau (ARGE KWTB) verpflichtete sich zu einer Reduzierung der Deponierung verwertbarer Bauabfälle um min. 50 % innerhalb des Zeitraums von 1995 bis 2005. Der Anteil verwerteter Bauabfälle wurde in diesem Zeitraum auf über 90 % gesteigert [2-16]. Auch in den darauffolgenden Jahren wurde die Recyclingrate erhöht und der deponierte Anteil reduziert. Vor allem wurden weniger Bodenaushub und Bauschutt deponiert und vermehrt mineralische Baustoffe recycelt.

Stahl wird durch Erschmelzen von Erzen im Hochofen (Roheisen) und Veredlung im Konverter (Primärprozess) erzeugt oder aus Schrott im Elektroofen (Sekundärprozess) hergestellt. Das anschließende Vergießen und Walzen zu Produkten (Grob- und Feinbleche, Profil- und Stabstahl, Drähte und Gussbauteile, etc.) ist bei beiden Verfahren vergleichbar. Stahl im Bauwesen wird aufgrund der hohen Wertigkeit zu nahezu 100 % recycelt oder wiederverwendet (vgl. [2-18]–[2-20]). Der ökologischen Produktdeklaration westeuropäischer Qualitätsstähle [2-63] liegt eine Sammelrate von 99 %, eine Recyclingrate von 88 % und eine Wiederverwendungsrate von 11 % zugrunde (Abbildung 2-9). Inzwischen hat sich eine Recyclingindustrie entwickelt, die den Schrott sehr spezifisch nach Herkunft und Legierung sortiert und aufbereitet, um den Qualitätsverlust durch metallurgisch schwer zu beseitigende Legierungsbestandteile (z. B. Kupfer, Nickel, Molybdän, Zinn) so gering wie möglich zu halten (vgl. [2-19]). Zu den wesentlichen Nachhaltigkeitsaspekten der Stahl- und Verbundbauweise gehören:

- die Recyclingfähigkeit von Stahl und die Reduzierung von Abfall (vgl. [2-21], [2-22]),
- der hohe Vorfertigungsgrad, mit dem Flächenbedarf, Lärm und Staub auf Baustellen vermieden und dem ausführenden Personal gute und kontrollierte Arbeitsbedingungen geboten werden (vgl. [2-21]),
- die kurzen Montagezeiten, die höhere Prozesssicherheit und Qualität aufgrund der Vorfertigung (vgl. [2-23]),
- die vergleichsweise geringen Konstruktionsgewichte und Baustoffmassen, die zu einer Reduzierung der Transportkosten, der erforderlichen Hubkapazität auf der Baustelle sowie zu wirtschaftlicheren Gründungskörpern führen,

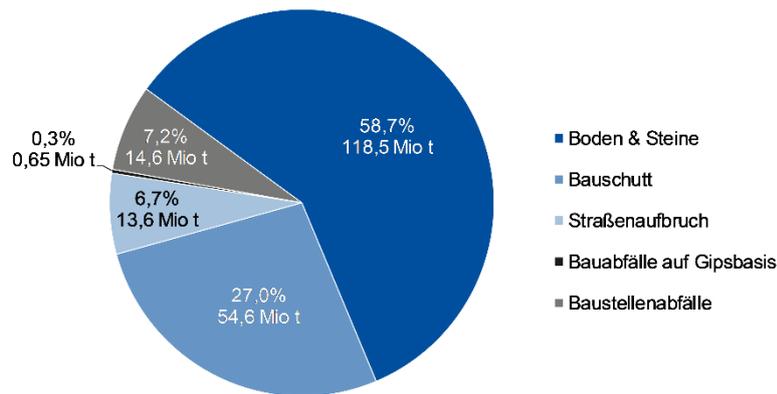


Abbildung 2-7: Anteile der Bauabfälle in Deutschland im Jahr 2014 [2-17]

Figure 2-7: Share of construction waste in Germany in 2014 [2-17]

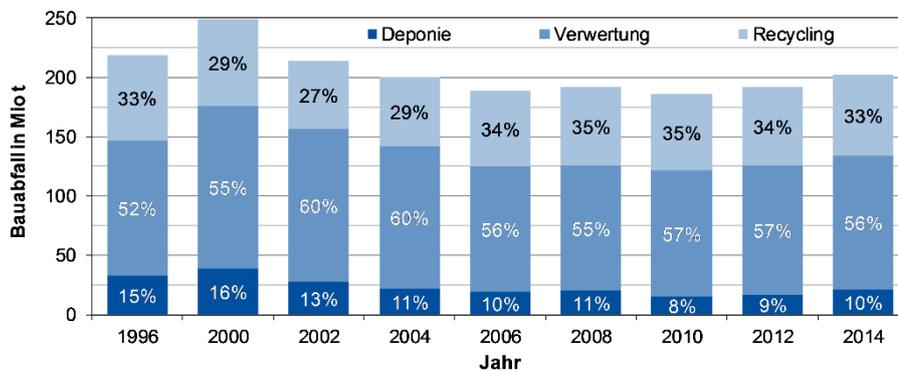


Abbildung 2-8: Entwicklung des Aufkommens mineralischer Bauabfälle sowie der Anteile an Recycling, Verwertung und Deponierung in Deutschland (Datenquellen [2-9]–[2-17])

Figure 2-8: Development of the mineral construction waste amount as well as the share of recycling and landfilling in Germany (data sources [2-9]–[2-17])

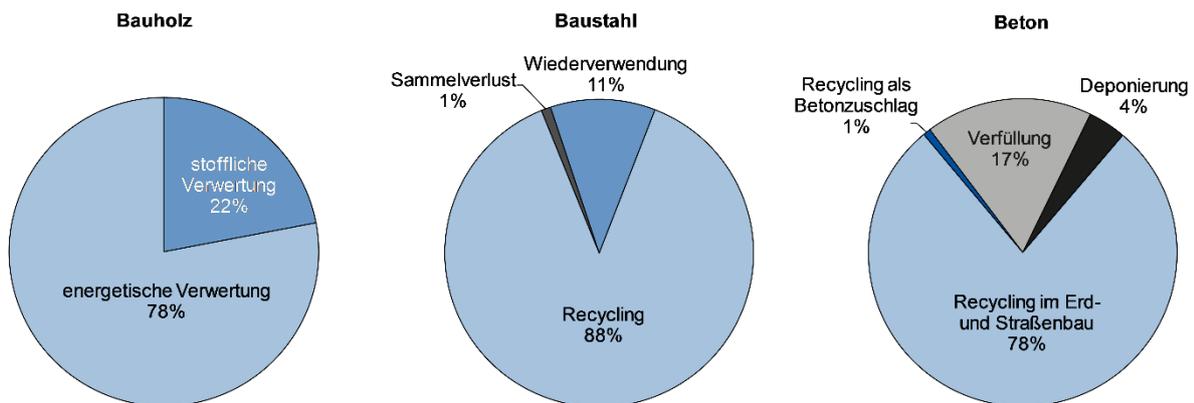


Abbildung 2-9: Recycling, Wiederverwendung und Verwertung von Holz, Stahl und Beton [2-29], [2-30], [2-63]

Figure 2-9: Recycling and reuse of wood, steel and concrete [2-29], [2-30], [2-63]

- die Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit, die durch größere Spannweiten, geringeren Raumbedarf für Konstruktionselemente, einfaches Verstärken, Austauschen oder Demontieren von Traggliedern ermöglicht wird (vgl. [2-24]),
- die Dauerhaftigkeit der Konstruktionen, die Nutzungsdauern weit über 100 Jahre ermöglichen (s. a. [2-24], [2-25]).

Durch geschickte Systemwahl, Variation der Konstruktions- und Stützenraster und weiterer Parameter können die Tragkonstruktionen für den Geschossbau unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien optimiert werden (vgl. [2-22], [2-26]–[2-28]).

2.3 Normung Standards

Allgemeine Grundsätze und Indikatoren zur Erarbeitung internationaler Normen werden seit 2002 durch das Subkomitee SC 17 des Technischen Komitees des Bauwesens ISO TC 59, geschaffen. Das Subkomitee erarbeitet in fünf Arbeitsgruppen (WG1 bis WG5) Normen zu verschiedenen Teilbereichen des nachhaltigen Bauens [2-5]. Auf europäischer Ebene erfolgt die Erarbeitung von Methoden zur Bewertung der Nachhaltigkeit und Vorschriften zur Entwicklung von Umweltproduktdeklarationen durch die sechs Arbeitsgruppen des CEN/TC 350 [2-31]. Eine Übersicht zur Zuständigkeit der Arbeitsgruppen liefert *Mensing et. al* [2-26].

Die nationalen Interessen in den Komitees und Arbeitsgruppen werden in Deutschland durch den Spiegelausschuss NA 005-01-31 AA vertreten. Weitere Informationen zu den verschiedenen Ebenen der Normung des nachhaltigen Bauens bietet das Informationsportal des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) [2-5]. Durch die Arbeitsgruppen des CEN/TC 350 erfolgte in den vergangenen Jahren die Erarbeitung verschiedener neuer Normen und Technischen Berichte. Abbildung 2-10 zeigt eine Übersicht der aktuell gültigen Dokumente. Die Normen der EN 15643 in den Teilen 1 bis 4 [2-74]–[2-77] erläutern die Rahmenbedingungen zur Bewertung von Gebäuden aller Art nach umweltbezogenen, sozialen und ökonomischen Aspekten. Als Leitfaden zu den Grundsätzen und Anforderungen zur Bewertung von Ingenieurbauwerken erfolgte im Mai 2018 die Veröffentlichung Teil EN 15643-5 [2-78]. Durch die Normenreihe werden keine Bewertungsverfahren oder Qualitätsgrenzen festgelegt. Diese sind durch Abstimmungen mit dem Auftraggeber, durch gesetzliche Vorgaben oder nationale Normen vorzugeben. Vielmehr dient die Normenreihe als Grundlage zur Schaffung vergleichbarer Bewertungsergebnisse.

Auf Gebäudeebene werden durch die Normen EN 15978 [2-79], EN 16309 [2-80] und EN 16627 [2-81] Berechnungsmethoden und Anforderungen zur Bewertung der drei Qualitätskategorien gegeben. Weiterhin erfolgt durch die Normen keine Definition von Bewertungsverfahren, Gütestufen oder Qualitätsgrenzen. Durch den Technischen Bericht CEN/TR 17005 werden jedoch Empfehlungen für die Anwendung ökologischer Bewertungskriterien in Zusammenhang mit EN 15978 [2-79] und EN 15804 [2-82] gegeben.

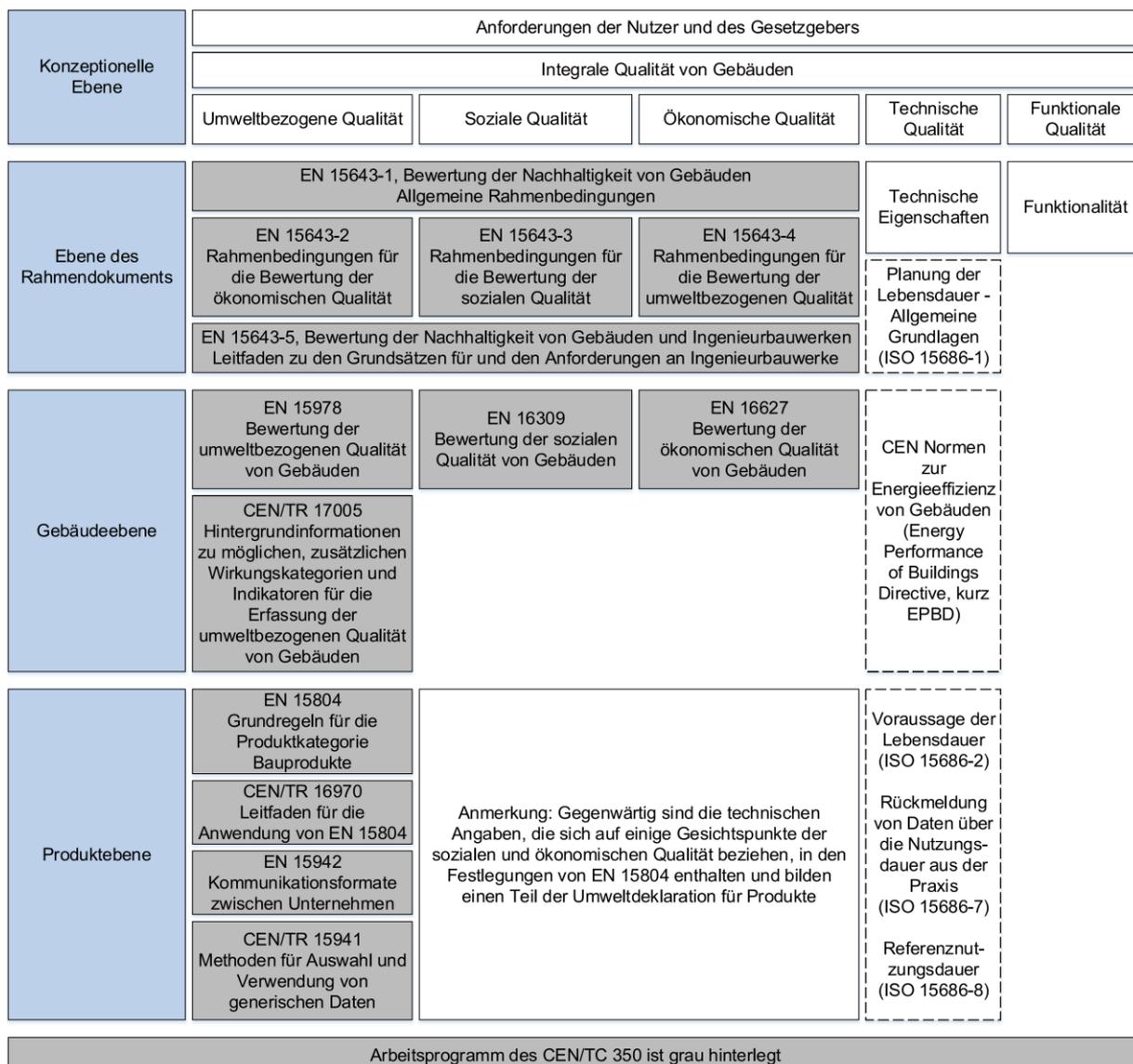


Abbildung 2-10: Arbeitsprogramm des CEN/TC 350 (vgl. [2-31], [2-74])

Figure 2-10: Work program of CEN/TC 350(cf. [2-31], [2-74])

Auf Produktebene erfolgt die Bewertung von Bauprodukten durch Typ III Umweltproduktdeklarationen (Environmental product declaration, kurz EPD). Dabei werden anhand spezifischer Indikatoren Daten zur weiteren Untersuchung und Bewertung von Produkten und den damit verbundenen Prozessen zur Verfügung gestellt. Die Grundlage der Berechnung der Indikatoren bildet auf europäischer Ebene die EN 15804. Basis der Norm bilden die internationalen Normen ISO 14040 [2-83] und ISO 14044 [2-84] zur Erstellung von Ökobilanzen.

Durch EN 15804, EN 15978 und EN 15643-2 erfolgt die Definition der Lebenszyklusphasen zur Erstellung von EPD und Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden (siehe Abbildung 2-11). Bei den EPD kann hinsichtlich der erfassten Phasen des Lebenszyklus in drei Arten unterschieden werden. Bei der sogenannten „cradle to gate“ EPD wird lediglich die Herstellungsphase mit den Modulen A1 bis A3 deklariert. Erfasst eine EPD optionale weitere Module, wie beispielsweise den Transport, die Rückgewinnung und den Abriss sowie die Gutschriften im Modul D, so wird diese als

„gradle to gate with options“ EPD bezeichnet. Umfasst eine EPD alle Lebenszyklusphasen des Gebäudes, so wird diese als „gradle to grave“ EPD bezeichnet. Lediglich die Gutschriften und Belastungen in der Phase D sind weiterhin optional. Durch EN 15804 wird lediglich eine „cradle to gate“ Bilanzierung gefordert. Die Angabe aller weiteren Module ist freiwillig.

Ziel für jedes Produkt sollte die vollständige Rückgewinnung der eingesetzten Rohstoffe im Sinne einer perfekten Kreislaufwirtschaft sein. Dieser Prozess wird als cradle to cradle bezeichnet und beispielsweise von europäischen Baustählen mit einer Recyclingrate von 99 % als eines von wenigen Materialien erreicht (siehe Abbildung 2-9).

Angaben zum Lebenszyklus eines Gebäudes													Ergänzende Informationen außerhalb des Lebenszyklus		
Herstellungsphase			Errichtungsphase		Nutzungsphase					Entsorgungsphase				Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenzen	D
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4		
Rohstoff-bereitstellung	Transport	Herstellung	Transport	Bau / Einbau	Nutzung	Inspektion, Wartung, Reinigung	Reparatur	Austausch, Ersatz	Verbesserung, Modernisierung	Abbruch	Transport	Abfallbewirtschaftung	Deponierung		
					B6	Energieverbrauch im Betrieb									
					B7	Wasserverbrauch im Betrieb									
													Potential für Wiederverwertung, Rückgewinnung und Recycling		

Abbildung 2-11: Lebenszyklusphasen eines Gebäudes nach DIN EN 15804 [2-82]

Figure 2-11: Life cycle phases of a building according to DIN EN 15804 [2-82]

Um eine einheitliche Kommunikation von EPD-Daten zwischen Unternehmen zu ermöglichen, wird durch EN 15942 das Format der Inhalte festgelegt. Zur Festlegung des Kommunikationsformates zwischen Unternehmen und Verbrauchern soll ein weiteres Dokument durch den CEN/TC 350 erarbeitet werden [2-31]. Weiterhin wird durch den Technischen Bericht CEN/TR 16970 eine Anleitung zur Umsetzung der EN 15804 und zur Erstellung zusätzlicher Produktkategorieeregeln gegeben [2-31].

Eine ausführliche Darstellung der Normung der Nachhaltigkeit mit einer Erläuterung der gesetzlichen Hintergründe und methodischen Grundlagen sowie Kommentaren zur DIN EN 15804 und DIN EN 15978 liefert *Zinke et. al* [2-4]. Die Grundlagen der ökologischen Bilanzierung mit einer Darstellung der Phasen und Ebenen enthalten *Fischer et. al* [2-32], *Stroetmann et. al* [2-6] sowie *Mensing et. al* [2-26].

EPD können anhand spezifischer Sach- oder Ökobilanzen für bestimmte Produkte und Dienstleistungen oder anhand generischer Daten erstellt werden. Dabei sind spezifische Daten grundsätzlich zu bevorzugen. Die Daten sind einer unabhängigen Prüfung zu unterziehen und zu verifizieren. Dient eine EPD zum Informationsaustausch zwischen anbietender Wirtschaft und Verbrauchern, so ist eine Verifizierung durch einen unabhängigen Dritten vorzunehmen. In Deutschland erfolgt die unabhängige Verifizierung häufig durch das „Institut Bauen und Umwelt e. V.“ (IBU). In anderen europäischen Staaten existieren ebenfalls unabhängige Organisationen zur Verifizierung. Diese sind bspw. AENOR, EPD-Norge oder Bau EPD GmbH. Durch einen Zusammenschluss ver-

schiedener Organisationen wurde die ECO PLATFORM gegründet. Ziel ist es, einheitliche verifizierte EPD zu entwickeln und diese verstärkt im europäischen und internationalen Markt zu etablieren.

Generische Daten beziehen sich nicht auf ein spezifisches System und sind nicht gemäß EN 15804 verifiziert, aber qualitätsgeprüft. Sie werden häufig als Durchschnittswerte verstanden, wobei dies nicht zwingend korrekt ist. In Abhängigkeit der Repräsentativität und Vollständigkeit der Datensätze muss ein Sicherheitszuschlag zwischen 10 und 30 % berücksichtigt werden. Generische Daten sind nur anzuwenden, wenn keine spezifischen Daten zur Verfügung stehen. Beispielweise bei der Berechnung allgemeiner Prozesse, wie der Erzeugung von 1 kWh Elektrizität, dem Transport einer Tonne über eine bestimmte Distanz oder die energetische Verwertung von 1 kg Abfall. Eine Anleitung zur Auswahl und Anwendung generischer Daten bei der Erstellung und Zertifizierung von EPD wird durch den Technische Bericht CEN/TR 15941 (auch als DIN SPEC 18941 geführt) zur Verfügung gestellt.

2.4 Bewertungssysteme Assessment systems

2.4.1 Internationale Entwicklungen von Gebäude-Bewertungssystemen International developments of building-assessment-systems

Die Bewertung der Nachhaltigkeit durch Verfahren mit Gütestufen oder Qualitätsgrenzen ist bisher nicht durch internationale oder nationale Normen geregelt. Vielmehr obliegt es den Ländern bzw. den Bauherren selbst, geeignete Systeme zur Bewertung von Bauwerken auszuwählen und anzuwenden.

Heute existieren weltweit eine Vielzahl verschiedener Bewertungssysteme. Dabei begann in Deutschland die ökologische Zertifizierung von Produkten bereits 1978 mit der Einführung des Labels „Der Blaue Engel“, das nach kurzer Zeit auch internationale Anerkennung fand [2-33]. Im Jahr 1990 erfolgte in Großbritannien mit der „Building Research Establishment Environmental Assessment Method“, kurz BREEAM, die Veröffentlichung des ersten Zertifizierungssystems für Gebäude. Neben ökologischen Aspekten erfolgte bereits auch eine Bewertung soziokultureller Werte. Das System wurde in den darauffolgenden Jahren stetig weiterentwickelt. In anderen Ländern erfolgt ebenfalls die Entwicklung von Gebäudezertifizierungssystemen. Zu den bekanntesten zählen LEED (USA), DGNB und BNB (Deutschland), CASBEE (Japan), Green Mark (Singapur) oder Green Star (Australien u. Neuseeland). Einige der Systeme betreiben auch internationale oder für verschiedene Länder angepasste Bewertungssysteme. Das US-Amerikanische System LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) gilt mit seiner Anwendung in über 167 Ländern als das am weitesten verbreitete System (Stand Juli 2016 [2-34]).

Alle Bewertungssysteme verfolgen das Ziel einer Steigerung der ökologischen Qualität von Gebäuden. Die dabei berücksichtigten Kriterien und Bewertungsverfahren unterscheiden sich jedoch deutlich, und das nicht nur aufgrund verschiedener nationaler Gegebenheiten. Ebenso werden durch nahezu alle Systeme soziokulturelle Aspekte bei der Bewertung berücksichtigt. Einige, wie beispielsweise die Systeme BNB, DGNB

oder Green Mark, enthalten auch ökonomische Kriterien, die bei der Planung und Errichtung neuer Gebäude zu berücksichtigen sind. Vergleiche der international führenden Bewertungssysteme wurden u. a. von *Bernardi et. al* [2-35], *Jurleit* [2-33], *Ebert et. al* [2-36] und *Dirlich* [2-37] durchgeführt.

Auf internationaler Ebene wird die Bestrebung, die nachhaltige Entwicklung und Zertifizierung von Gebäuden voranzutreiben, unter anderem durch das World Green Building Council (WorldGBC) und die Sustainable Building Alliance (SBA) verfolgt. Im Rahmen eines von der EU geförderten Projektes wurde vom Fraunhofer-Institut der EeB-Guide [2-38] erarbeitet und der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Der EeB-Guide – Operational Guidance for Life Cycle Assessment Studies of the Energy Efficient Buildings Initiative – stellt eine Plattform zum Austausch von Informationen und der Harmonisierung von internationalen Normen bis zum Zertifikat dar. Zwar existieren Bestrebungen, international einheitliche Bewertungskriterien zu schaffen, jedoch werden diese durch die verschiedenen lokalen klimatischen Gegebenheiten und nationalen rechtlichen Anforderungen sowie wirtschaftlichen Interessen erschwert.

2.4.2 Bewertungssysteme für den deutschen Markt Assessment-Systems for the German market

In Deutschland erfolgte 2007 die Gründung der „Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V.“ (DGNB). In einer zweijährigen Kooperation des Vereins mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) wurde ein Kriterienkatalog zur ganzheitlichen Beurteilung der Nachhaltigkeit von Gebäuden entwickelt. Das erstellte Bewertungssystem ermöglichte zunächst eine Zertifizierung von neu errichteten Büro- und Verwaltungsgebäuden. Die Bewertung basiert dabei auf dem sogenannten Performanceansatz. Dieser verhindert, dass lediglich Einzelmaßnahmen bewertet werden. Stattdessen wird immer die Gesamtleistung eines Projektes beurteilt. 2009 folgte auf der Weltleitmesse für Architektur, Materialien und Systeme die Auszeichnung von 16 zertifizierten Gebäuden [2-39]. Die DGNB konzentrierte sich mit dem DGNB-System [2-40] fortan auf die Bewertung von Gebäuden des privatwirtschaftlichen Sektors. Für öffentliche Gebäude wurde durch den Bund das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) [2-41] erarbeitet.

Aufgrund der gemeinsamen Wurzeln der Systeme bestehen Ähnlichkeiten bei der Zertifizierung. In Abhängigkeit des errechneten Gesamterfüllungsgrades wird ein Gebäude mit einem Nachhaltigkeitslabel ausgezeichnet. Das BNB unterscheidet dabei in die Label Gold, Silber und Bronze (siehe Tabelle 2-1) [2-41]. Durch die DGNB erfolgte im Juli 2015 die Einführung des Labels Platin als höchste Auszeichnung (siehe Tabelle 2-2). Die Bewertungssystematik blieb dabei unverändert. Die Anforderungen der bisherigen Label wurden um eine Stufe herabgesetzt. Für Bestandsbauten erfolgte die Definition einer weiteren Bewertungsstufe, sodass das Label Bronze bereits ab einem Erfüllungsgrad von 35 % erteilt wird. Neubauten können nach DGNB somit nicht länger mit diesem Label ausgezeichnet werden [2-40]. Das DGNB-System verlangt zusätzlich zum Gesamterfüllungsgrad einen Mindestteilerfüllungsgrad in jeder Kategorie um eine Zertifizierungsstufe zu erreichen. Damit soll verhindert werden, dass hohe Qualitätsunterschiede in den Kategorien entstehen.

Tabelle 2-1: Zertifizierung von Gebäuden nach BNB, vgl. [2-41]

Table 2-1: Certification of buildings according to BNB, cp. [2-41]

Gesamterfüllungsgrad	BNB Zertifikat
≥ 80 %	Gold
≥ 65 %	Silber
≥ 50 %	Bronze

Tabelle 2-2: Zertifizierung von Gebäuden nach DGNB-System ab Juli 2015, vgl. [2-40]

Table 2-2: Certification of buildings according to DGNB-System from July 2015, cp. [2-40]

Gesamterfüllungsgrad	Mindesterfüllungsgrad in den einzelnen Themenbereichen	DGNB Auszeichnung ab Juli 2015
≥ 80 %	≥ 65 %	Platin
≥ 65 %	≥ 50 %	Gold
≥ 50 %	≥ 35 %	Silber
≥ 35 %	-	Bronze (nur bei Bestandsgebäuden)

Das steigende Interesse und die nutzungsspezifischen Anforderungen verschiedener Gebäudetypen führten zur Weiterentwicklung der bestehenden Systeme und die Erarbeitung neuer Bewertungskataloge. Tabelle 2-3 enthält eine Übersicht der aktuellen Bewertungskataloge des BNB. Nach RBBau [2-42] besteht für Bundesbauten eine verpflichtende Anwendung des Leitfadens für Nachhaltiges Bauen [2-43] bzw. des Leitfadens für Nachhaltige Unterrichtsgebäude [2-44]. Dabei wird ein Mindesterfüllungsgrad von 65 % (Zertifikat Silber) für Neubauten und Komplettanierungen gefordert. Zusätzlich ist unabhängig vom Gesamterfüllungsgrad ein Mindesterfüllungsgrad von 50 % innerhalb der Hauptkriteriengruppen zu erzielen [2-43], [2-44]. Mit Zustimmung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BUMB) kann das System BNB zur Zertifizierung nicht öffentlicher Gebäude kostenfrei genutzt werden [2-85].

Aufgrund der Vielfalt der Gebäudetypen und der damit verbundenen Anforderungen im privatwirtschaftlichen Bereich erfolgte durch die DGNB in den vergangenen Jahren die Erarbeitung unterschiedlicher Bewertungskataloge für den Neubau, den Bestand und unterschiedliche Nutzungen von Gebäuden. Dabei wird nach den Nutzungsarten Büro, Wohnen, Hotel, Handel, Gewerbe, Bildungs- und Gesundheitswesen differenziert. Ebenso wurden Regeln zur Bewertung mischgenutzter Gebäude erarbeitet.

In früheren Versionen basierte die Bewertung der Systeme BNB und DGNB aufgrund der gemeinsamen Wurzeln auf eine identische Grundstruktur. Diese wird durch das BNB auch in neueren Versionen unverändert angewendet. Wie in Abbildung 2-12 links dargestellt, erfolgt eine gleichwertige Berücksichtigung der drei Hauptdimensionen der Nachhaltigkeit, der ökologischen, ökonomischen sowie der soziokulturellen und funktionalen Qualität mit je 22,5 % am Gesamterfüllungsgrad. Weiterhin werden die technische Qualität und Prozessqualität bewertet, die als Querschnittsqualitäten einen Ein-

fluss auf die drei Hauptdimensionen besitzen. Der Anteil der technischen Qualität beträgt ebenfalls 22,5 %. Die Prozessqualität wird mit den verbleibenden 10 % gewertet. Die Standortmerkmale eines Gebäudes fließen nicht in das Bewertungsergebnis ein, da häufig kein Einfluss auf die Gegebenheiten genommen werden kann. Die Merkmale werden daher als zusätzliche Information ausgewiesen (vgl. [2-41]). Diese Grundstruktur wurde auch im DGNB-System für Neubauten bis 2015 angewendet.

Tabelle 2-3: Aktuelle Versionen der BNB Bewertungskataloge für verschiedene Gebäudetypen (Stand April 2018, vgl. [2-41])

Table 2-3: Current versions of the BNB assessment catalogs for different building types (April 2018, see. [2-41])

Anwendung	Gebäudetyp	Version
Neubau	Büro- und Verwaltungsgebäude – Neubau	BNB_BN 2015
	Unterrichtsgebäude – Neubau	BNB_UN 2017
	Laborgebäude – Neubau	BNB_LN 2014
Bestand	Bestand / Komplettsanierung (Büro- Verwaltungsgebäude)	BNB_BK 2017
	Unterrichtsgebäude – Komplettsanierung	BNB_UK 2017
Nutzung	Nutzung und Betreiben	BNB_BB 2013_3
Außenanlagen	Außenanlagen von Bundesliegenschaften	BNB_AA – V2016

Mit der Einführung der Version 2018 des DGNB-Kriterienkataloges für Neubauten erfolgt eine Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens. Das neue System ist als Global Benchmark for Sustainability noch stärker auf eine internationale Anwendung ausgerichtet. Die Überarbeitung erfolgte anhand der sechs definierten Kernthemen

- Mensch im Mittelpunkt,
- Circular Economy,
- Gestalterische baukulturelle Qualität,
- Sustainable Development,
- EU-Konformität und
- Innovation.

Die Bewertung erfolgt weiterhin nach den drei Haupt- und Querschnittsdimensionen. Fortan wird jedoch die Standortqualität mit einer Wichtung von 5 % im Gesamterfüllungsgrad berücksichtigt (siehe Abbildung 2-12 rechts). Der Standort besitzt einen zunehmenden Einfluss auf die Qualität des Gebäudes. Dazu zählen die Verkehrsanbindung und -nähe zu nutzungsrelevanten Einrichtungen ebenso wie negative Umwelteinflüsse. Zudem wird die Umwelt durch ein Gebäude selbst geprägt und beeinflusst. Es kann beispielsweise zur Aufwertung oder zur Abwertung der umliegenden Quartiere führen. Die Wichtung der Prozessqualität steigt im neuen Kriterienkatalog auf 12,5 %, da in den Phasen der Planung und Bauausführung ein hoher Einfluss auf die Nachhaltigkeit der Gebäude genommen werden kann. Technische Aspekte sind hingegen als Querschnittsthemen bereits in andere Kriterien verankert. Daher wurde die Wichtung auf 15 % verringert.

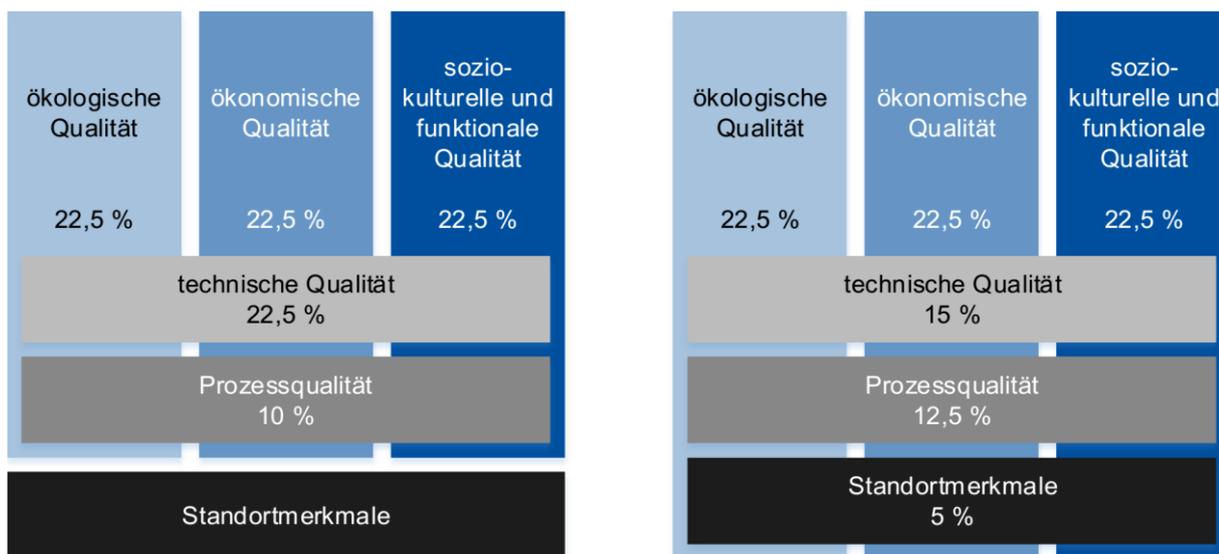


Abbildung 2-12: Dimensionen der Nachhaltigkeitsbewertung mit Querschnittsqualitäten nach aktueller Version des BNB [2-41] und DGNB-System bis Version 2015 (links) sowie nach DGNB-System für Neubauten Version 2018 [2-40] (rechts).

Figure 2-12: Dimensions of the sustainability assessment with cross-sectional qualities according to the latest version of the BNB [2-41] and DGNB-System until version 2015 (left) and DGNB-System for new buildings version 2018 [2-40] (right).

Deutschland gilt seit langer Zeit als eines der führenden Länder im Klimaschutz. Durch die frühe Einführung von Richtlinien und Verordnungen wurde das Bewusstsein für eine effiziente Ressourcennutzung gefördert. Diese Vorreiterrolle spiegelt sich auch in den heutigen Bewertungssystemen zur Förderung des nachhaltigen Bauens wieder. Vor allem die gleichwertige Berücksichtigung der drei Hauptdimensionen der Nachhaltigkeit unterscheidet die in Deutschland entwickelten Systeme von ihren internationalen Pendanten. Sie werden daher häufig als Systeme der zweiten Generation bezeichnet.

2.5 Bewertung der ökologischen Qualität Assessing the ecological quality

2.5.1 Bewertung nach BNB Assessment according to BNB

Die Bewertung der ökologischen Qualität nach dem BNB und DGNB-System erfolgt anhand von Einzelkriterien. Jedes der Einzelkriterien enthält ein oder mehrere quantitative oder qualitative Indikatoren anhand derer eine Punktvergabe vorgenommen wird. In Abhängigkeit des Bewertungssystems und des zu bewertenden Gebäudetyps unterscheiden sich diese Indikatoren sowie die Bedeutung der Einzelkriterien für die ökologische Qualität. Die nachfolgenden Erläuterungen beschränken sich auf die Darstellung der Kriterien des BNB für Büro- und Verwaltungsgebäude im Neubau. Diese bilden die Basis der im Forschungsvorhaben angewandten Bewertungsmethode bei Bauteilen und Gebäuden.

Tabelle 2-4 enthält eine Zusammenfassung der Kriteriengruppen, Einzelkriterien und Bedeutungsfaktoren. Die Kriteriengruppe „Wirkung auf die globale und lokale Umwelt“ berücksichtigt die globalen Auswirkungen auf die Umwelt durch quantitative Kriterien, wie das Treibhaus- und das Versauerungspotential. Dabei werden Referenz-, Ziel- und

Grenzwerte für die Kriterien definiert und mit einer Punktzahl bewertet (siehe Tabelle 2-5). Durch einen Vergleich, der von einem Gebäude im gesamten Lebenszyklus pro m² Nettogrundfläche (NGF_a) erzeugten Belastung, kann die Punktzahl im jeweiligen Kriterium bestimmt werden. Neben den quantitativen Kriterien erfolgt in der Kriterien-Gruppe auch eine Bewertung der lokalen Risiken aufgrund von gefährlichen und giftigen Stoffen sowie die nachhaltige Materialgewinnung von Holz anhand qualitativer Indikatoren. Dabei werden Anforderungen beschrieben, die zu einer Einstufung in Qualitätsstufen führt. Je höher die erzielte Qualitätsstufe desto mehr Punkte werden für das Kriterium erreicht.

In der Kriterien-Gruppe „Ressourceninanspruchnahme“ werden Energie- und Wasserbedarf sowie Abwasseraufkommen quantitativ bewertet. Die qualitative Berücksichtigung der Flächeninanspruchnahme zielt auf eine effiziente Nutzung von Gebäudeflächen und ein zunehmendes Flächenrecycling ab.

Tabelle 2-4: Kriterien zur Beurteilung der ökologischen Qualität und Bedeutungsfaktoren nach BNB_BN 2015 [2-41]

Table 2-4: Criteria for the assessment of ecological quality and importance factors acc. BNB_BN 2015 [2-41]

Kategorien- gruppe	Kriterium	Bedeutungs- faktor	Gewichtung Σ = 22,5 %
Wirkung auf die globale und lo- kale Umwelt	Treibhauspotenzial (GWP)	3	3,75 %
	Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	1	1,25 %
	Ozonbildungspotenzial (POCP)	1	1,25 %
	Versauerungspotenzial (AP)	1	1,25 %
	Überdüngungspotenzial (EP)	1	1,25 %
	Risiken für die lokale Umwelt	3	3,75 %
	Nachhaltige Materialgewinnung / Biodiversität	1	1,25 %
Ressourcenin- anspruchnahme	Primärenergiebedarf	3	3,75 %
	Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	2	2,50 %
	Flächeninanspruchnahme	2	2,50 %

Das Kriterium Primärenergiebedarf besteht aus den Teilkriterien nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf (PE_{ne}), Gesamtprimärenergiebedarf (PE_{ges}) und Anteil des erneuerbaren Primärenergiebedarfs (PE_e). Die Teilkriterien werden durch Punkte bewertet, deren Summe die Gesamtbewertungspunkte des Kriteriums ergibt (siehe Tabelle 2-6). Dabei wäre eine Übererfüllung des Kriteriums rechnerisch möglich. Die Gesamtpunktzahl ist in diesem Fall jedoch auf 100 Punkte zu begrenzen. Durch die zugrunde gelegte Punktverteilung in den Teilkriterien soll verhindert werden, dass Gebäude mit einem sehr hohen Energiestandard auch mit einem geringen Anteil an erneuerbarer Energie die volle Punktzahl erzielen können (vgl. [2-41]).

Tabelle 2-5: Referenz-, Ziel und Grenzwerte der globalen Umweltkriterien nach BNB [2-41]

Table 2-5: Reference, target and limit values of the global environmental criteria acc. BNB [2-41]

Kriterium	GWP	ODP	POCP	AP	EP
Einheit	kg CO ₂ -Äqu.	kg R ₁₁ -Äqu.	kg C ₂ H ₄ -Äqu.	kg SO ₂ -Äqu.	kg PO ₄ -Äqu.
	pro (m ² NGF _a × a)				
Z: 100	≤ 24	≤ 1,01×10 ⁻⁷	≤ 0,0063	≤ 0,0662	≤ 0,0086
R: 50	= 37	= 1,39×10 ⁻⁷	= 0,0107	= 0,0894	= 0,015
G: 10	≥ 66	≥ 2,48×10 ⁻⁷	≥ 0,0202	≥ 0,1601	≥ 0,0277
0	Kriterium wird nicht nachgewiesen				

Tabelle 2-6: Referenz-, Ziel und Grenzwerte des Primärenergiebedarf sowie die Punktermittlung in den Teilkriterien nach BNB [2-41]

Table 2-6: Reference, target and limit values of primary energy demand as well as the determination of points in sub-criteria acc. BNB [2-41]

Anforderungsniveau Primärenergiebedarf					
Z: 100	Summe der Bewertungspunkte der Teilkriterien ergibt ≥ 100				
R: 50	Summe der Bewertungspunkte der Teilkriterien ergibt 50				
G: 10	Summe der Bewertungspunkte der Teilkriterien ergibt 10				
0	Summe der Bewertungspunkte der Teilkriterien ergibt < 10				
Teilkriterien Primärenergiebedarf					
PE _{ne}		PE _{ges}		Anteil PE _e an PE _{ges}	
Punkte	kWh/(m ² NGF _a ×a)	Punkte	kWh/(m ² NGF _a ×a)	Punkte	kWh/(m ² NGF _a ×a)
60	≤ 109	40	≤ 121	20	≥ 37 %
30	= 167	20	= 204	10	= 29 %
6	≥ 277	4	≥ 343	2	= 15 %
0	nicht nachgew.	0	nicht nachgew.	0	< 15 %

Der Energieverbrauch und die globalen Umweltkriterien sind pro m² NGF_a pro Lebenszyklusjahr des Gebäudes für die Herstellungs-, Errichtungs-, Nutzungs- und Rückbauphase zu bestimmen. Dabei wird die Lebenszyklusdauer von Gebäuden mit 50 Jahren definiert. Die Vorteile und Belastungen außerhalb des Lebenszyklus können, sofern diese in den genutzten EPD angegeben sind, ebenfalls berücksichtigt werden.

Bei der Bilanzierung der Herstellungsphase sind Roh- und Ausbauprozesse zu berücksichtigen. Dabei sind alle Materialien, die mehr als 1 % zur Gebäudemasse, dem GWP oder PE_{ges} beitragen, zu berücksichtigen. Die Summe der vernachlässigten Massen bzw. des vernachlässigten GWP oder PE_{ges} darf jedoch 5 % nicht überschreiten.

2.5.2 Bewertungsmethode im Forschungsprojekt Assessment-Method within the research project

Im Forschungsprojekt erfolgt die ökologische Bewertung anhand der Kriterien und Bedeutungsfaktoren des BNB. Die Referenz-, Ziel- und Grenzwerte der Indikatoren liegen jedoch nur für Gebäude und nicht für einzelne Bauteile oder Bausysteme vor. Für eine vergleichende Beurteilung bei der Bauteil- und Bausystemoptimierung ist es daher notwendig, Ziel- und Grenzwerte zu den relevanten Lösungen zu bestimmen, anhand derer die Güte der jeweils vorliegenden Lösung eingeordnet werden kann. Analog zum BNB kann anschließend der ökologische Erfüllungsgrad bestimmt werden.

Das prinzipielle Vorgehen im Rahmen des Forschungsvorhabens P1118 ist in Abbildung 2-12 dargestellt. Anhand der ermittelten Baustoffmassen und EPD-Daten (siehe Abschnitt 2.5.3) erfolgt die Berechnung der Umweltauswirkungen und Ressourceninanspruchnahme über alle Lebenszyklusphasen einschließlich der Vorteile und Belastungen im Modul D. Innerhalb des Vergleichs verschiedener Bauteile bzw. Bausysteme definiert der jeweils geringste Wert eines Indikators den zu erreichenden Zielwert und wird mit 100 Punkten bewertet. Der Grenzwert wird, in Anlehnung an die Spreizung im BNB, mit dem 2,7-fachen des Zielwertes definiert und mit 10 Punkten bewertet. Anschließend kann die Punktzahl des jeweiligen Systems für jeden Indikator anhand der Grenz- und Zielwerte interpoliert werden. Die Gesamtpunktzahl eines Bauteils oder Bausystems ergibt sich aus der Summe der Punkte für die jeweiligen Indikatoren und deren Bedeutungsfaktoren. Abschließend erfolgt die Umrechnung der Gesamtpunktzahl in den prozentualen Erfüllungsgrad. Dabei definiert die höchste Gesamtpunktzahl den Erfüllungsgrad von 100 %.

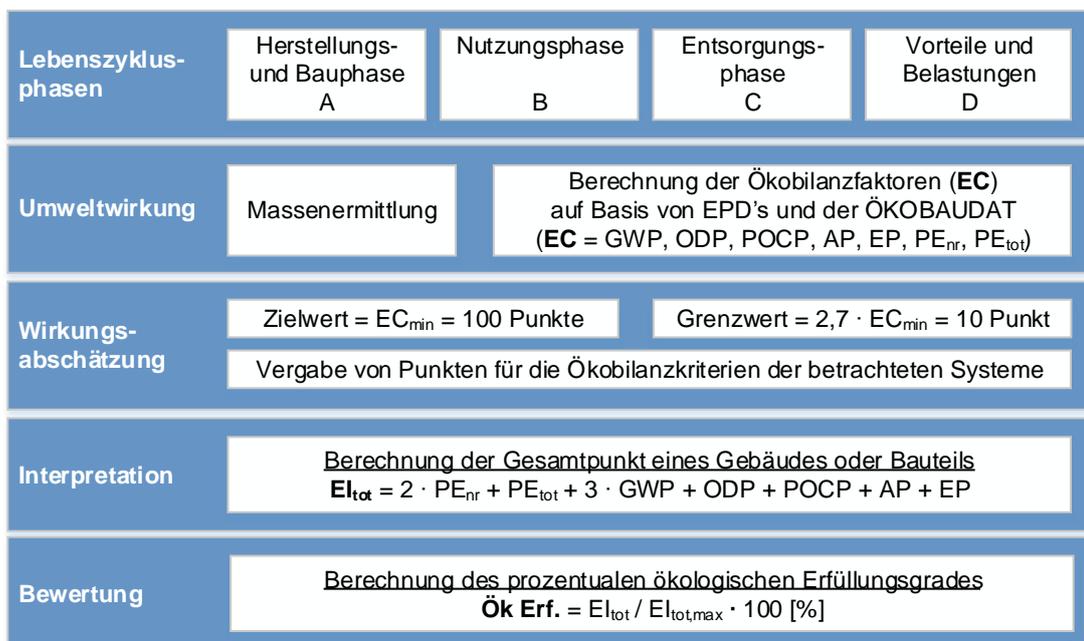


Abbildung 2-13: Ökobilanzierung von Tragwerken im Forschungsprojekt P1118 [2-45]

Figure 2-13: Life cycle assessment of structures in research project P1118 [2-45]

2.5.3 Umweltprodukt Daten von Baustoffen und Bauprodukten Environmental data of building materials and products

Die Umweltindikatoren (z. B. GWP, PE_{ne}) für Baustoffe und Bauprodukte werden innerhalb von Umweltproduktdeklarationen (EPD) zur Verfügung gestellt (siehe Abschnitt 2.3). Das Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat (BMI) stellt durch die ÖKOBAUDAT [2-64] eine EPD-Datenbank für die Ökobilanzierung von Bauwerken zur Verfügung, die bei der Gebäudebewertung angewendet werden können. Die Datenbank bietet sowohl generische als auch hersteller- und verbandsspezifische Datensätze für Baumaterialien, Energieträger, Bau-, Transport und End-of-Life-Prozesse. Der DGNB-Navigator [2-46], die IBU-Datenbank [2-47] und die ECO Plattform [2-48] enthalten weitere firmen- und verbandsspezifische EPD.

Die generischen EPD der ÖKOBAUDAT enthalten häufig nur die Indikatoren der Herstellungsphase (A1–A3, grade to gate, vgl. Abbildung 2-11). Teilweise werden zusätzliche einzelne Module der Errichtungs- (A4, A5) und Entsorgungsphase (C1–C4) ausgewiesen. Andernfalls kann eine Berechnung der Module anhand der Energie-, Transport- und Bauprozess sowie der End-of-Life Datensätze erfolgen. Während der Nutzung (B1) eines Gebäudes sind i. d. R. keine ökologischen Belastungen bei Bauprodukten und Materialien zu erwarten. Die Nutzungsphase wird in den EPD daher nicht bilanziert. Ist bei Bauprodukten aufgrund einer geringen Lebensdauer der Austausch innerhalb des Lebenszyklus zu erwarten, können die Instandhaltung und Erneuerung (Phasen B2, B4) ersatzweise durch eine Vervielfachung der Belastungen in der Herstellungsphase berücksichtigt werden. Der Energieverbrauch des Gebäudes (B6) ist anhand des Energiebedarf nach EnEV mithilfe der Energieträgerdatensätze zu ermitteln. Die Vorteile und Belastungen im Modul D werden bei generischen Datensätzen der ÖKOBAUDAT für ausgewählte Baustoffe, wie Metalle und Kunststoffe, in den End-of-Life-Prozessen ausgewiesen.

Hersteller- oder verbandsspezifische EPD bieten ausführlichere Informationen zu den bilanzierten Phasen und den dabei zugrunde liegenden Prozessen. Dies gilt zumindest für den Fall, dass eine Zertifizierung der Daten nach allgemeinen Standards erfolgt, wie dies beispielsweise beim Institut für Bauen und Umwelt e. V. (IBU) gegeben ist. Sie werden häufig als grade to gate with options EPD über die zuvor genannten Datenbanken zur Verfügung gestellt. Für nicht bilanzierte Phasen – sofern diese einen wesentlichen Einfluss besitzen – kann eine Berechnung der Indikatoren auf Basis generischer Energie-, Transport- und Bauprozess erfolgen. Die Vorteile und Belastungen in der Phase D werden in spezifischen EPD im Allgemeinen ausgewiesen.

Für Beton, Profil- und Bewehrungsstahl sowie Spannbetonhohldielen und Profilbleche sind in Tabelle 2-7 der Gesamtprimärenergiebedarf sowie das Treibhauspotenzial für 1 kg des jeweiligen Baustoffes bzw. Produktes nach den zugrunde liegenden EPD aufgelistet. Weiterhin sind die dabei bilanzierten Lebenszyklusmodule angegeben. Eine vollständige Übersicht der ökologischen Indikatoren der einzelnen Lebenszyklusphasen enthält Anhang A2.

Durch das InformationsZentrum Beton GmbH werden derzeit EPD für Beton in sechs gängigen Festigkeitsklassen zur Verfügung gestellt. Dabei ist in der Herstellungsphase

(A1–A3) mit steigender Betonfestigkeit eine Zunahme der Umweltwirkung und Ressourceninanspruchnahme festzustellen (Abbildung 2-14). Dies ist auf den steigenden Zementgehalt und die Verwendung höherer Zementfestigkeitsklassen zurückzuführen. Bei der Errichtungsphase wird im Modul A4 zugrunde gelegt, dass Beton mit geringer Festigkeit C20/25 und C25/30 vorwiegend als Transportbeton eingesetzt wird. Die Transportentfernung zur Berechnung der Indikatoren beträgt im Durchschnitt 17 km [2-30], [2-65]. Der Einfluss des Moduls A4 an der Gesamtbilanz beträgt durchschnittlich nur 1,5 %. Betonfertigteile müssen hingegen über eine deutlich weitere Entfernung von im Mittel ca. 180 km transportiert werden [2-30]. Da mit steigender Betonfestigkeit auch der Anteil von Betonprodukten in Fertigteilbauweise gegenüber Bauteilen aus Transportbeton steigt, wird die durchschnittliche Transportentfernung erhöht. So werden für Beton der Festigkeit C30/37 als Entfernung 20,1 km [2-66] und für C50/60 120,5 km angenommen [2-67]. Der Einfluss der Transportphase A4 an der Gesamtbilanz steigt dadurch durchschnittlich auf bis zu 7,5 % (Abbildung 2-14). Weitere Lebenszyklusmodule sowie die Vorteile und Belastungen außerhalb des Lebenszyklus werden durch die Betonfestigkeit nicht beeinflusst.

Tabelle 2-7: Ausgewählte ökologische Indikatoren für verschiedene Bauprodukte

Table 2-7: Selected ecological indicators for various construction products

Bauprodukt	PE _{ges} [MJ/kg]	GWP [kg CO ₂ -Äqv./kg]	Bilanzierte Module	Quelle
Beton C20/25	0,285	0,074	A1–A5, B1–B5, C1–C3, D	[2-65]
Beton C30/37	0,349	0,091	A1–A5, B1–B5, C1–C3, D	[2-66]
Bewehrung	12,73	0,750	A1–A3	[2-64]
Profilstahl	11,52	0,776	A1–A3, D	[2-63]
Profilblech*	18,77	1,014	A1–A3, C4, D	[2-68]
Spannbetonhohldielen	1,296	0,155	A1–A3, C4, D	[2-69]

* Durchschnittswerte

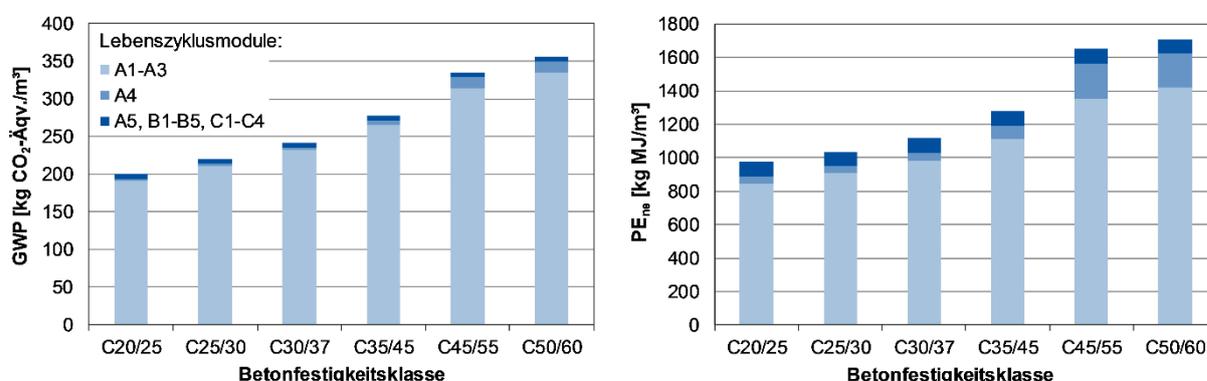


Abbildung 2-14: Globales Erwärmungspotential (GWP) und nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf (PE_{ne}) von Beton in den verschiedenen Lebenszyklusmodulen in Abhängigkeit der Festigkeitsklasse (Datenbasis: [2-30]).

Figure 2-14: Global warming potential (GWP) and non-renewable primary energy demand (PE_{ne}) of concrete in the different life cycle modules depending on the strength class (database [2-30]).

Tabelle 2-8: Übersicht aktueller spezifischer durch das IBU [2-47] zertifizierter Datensätze zur ökologischen Bilanzierung von Stahlerzeugnissen (nicht erschöpfend)

Table 2-8: Overview of current specific data sets certified by the IBU [2-47] for the LCA of steel products (not exhaustive)

Produkt	Bilanzier- te Mo- dule	Deklarationsinhaber	Deklarations- nummer	Gültig bis
Baustähle: Offene Walzprofile und Grobbleche *	A1-A3, D	bauforumstahl e.V. [2-63]	EPD-BFS- 20130094- IBG1-DE	24.10.2018*
Feuerverzinkte Bau- stähle: Offene Walzprofile und Grobbleche *	A1-A3, D	bauforumstahl e.V. & Industrieverband Feuerverzinken e.V.	EPD-BFS- 20130173- IBG1-DE	25.10.2018*
voestalpine Grobblech altrix®	A1-A3, C3, C4, D	voestalpine AG	EPD-VOE- 20170158- IBC1-DE	22.11.2022
voestalpine Grobblech aldur®, alform®, duros- tat®, toughcore®	A1-A3, C3, C4, D	voestalpine AG	EPD-VOE- 20170158- IBC1-DE	22.11.2022
Reinforcing steel in bars	A1-A3, C3, D	ArcelorMittal Eu- rope – Long Pro- ducts	EPD-ARM- 20160051- IBD3-EN	19.09.2021
Structural steel sections in HISTAR® grades	A1-A3, C3, D	ArcelorMittal Eu- rope – Long Pro- ducts	EPD-ARM- 20170033- IBD1-EN	20.02.2022
MSH-Profil	A1-A3, C3, D	Mannesmann Line Pipe GmbH	EPD-SMM- 20160149- IBB1-DE	22.11.2021
Kreisförmige, quadri- sche und rechteckige Stahlbauhohlprofile	A1-A3, C3, D	Vallourec Deutschland GmbH	EPD-VAL- 20150248- IBB1-DE	21.09.2020
Profiled sheets made of steel for roof, wall and deck constructions *	A1-A3, C4, D	European Associa- tion for Panels and Profiles	EPD-EPQ- 20130236- CBE1-EN	23.10.2018*
organische beschichtetes Feinblech pladur®	A1-A3, C2, C4, D	thyssenkrupp Steel Europe AG	EPD-TKS- 20140214- IBD1-DE	30.07.2020

* Revision und erneute Zertifizierung in Bearbeitung

Tabelle 2-9: Übersicht aktueller generischer Datensätze der ÖKOBAUDAT [2-64] zur ökologischen Bilanzierung von Stahlerzeugnissen

Table 2-9: Overview of current generic datasets of ÖKOBAUDAT [2-64] for the LCA of steel products

Produkt	Bilanzierte Module	Eigentümer des Datensatzes	Gültig bis
Stahlprofile	A1-A3, C4, D	thinkstep	2019
Stahl warmgewalzte Bleche (2-20mm)	A1-A3, C4, D		2019
Bewehrungsstahl	A1-A3		2019
Stahl Feinblech (0,3-3,0mm, Kaltband)	A1-A3, C4, D		2019
Feuerverzinktes Stahlblech	A1-A3, C4, D		2019

Für westeuropäische Qualitätsstähle wurde durch den *bauforumstahl e. V.* eine verbandsspezifische EPD erstellt, in der die Festigkeitsklassen S235 bis S960 im Integral über die produzierten Tonnagen der beteiligten Firmen und deren ökologische Aufwendungen bewertet werden [2-63]. Die EPD gilt für offene Walzprofile und Grobbleche. Die wachsende Bedeutung der Nachhaltigkeit führte in den vergangenen Jahren zur Erarbeitung weiterer hersteller- und verbandsspezifischer EPD für Stahlprodukte. Eine nicht erschöpfende Übersicht über IBU-zertifizierte EPD enthält Tabelle 2-8. Für Profiltafeln aus Stahl werden verbandsspezifische EPD durch die *European Association for Panels and Profiles (PPA-Europe)* zur Verfügung gestellt. Diese sind inhaltlich identisch mit den abgelaufenen deutschsprachigen Versionen, die bisher durch den *IFBS* bereitgestellt wurden. Eine Verlängerung der deutschsprachigen EPD wird daher nicht erfolgen. Die Revision und erneute Zertifizierung der EPD des *PPA-Europe* befindet sich bereits in Vorbereitung [2-70]. Ebenso ist die Veröffentlichung neuer Versionen der EPD des *bauforumstahl* für offene Walzprofile und Grobbleche sowie der EPD für feuerverzinkte Baustähle gegen Ende 2018 geplant [2-71].

Die durch die ÖKOBAUDAT für Stahlerzeugnisse zur Verfügung gestellten generischen Datensätzen sind in Tabelle 2-9 zusammengefasst.

2.5.4 Lebensdauer von Gebäuden und Gebäudekomponenten Lifespan of buildings and building components

2.5.4.1 Definitionen und Einflüsse der Lebensdauer Definitions and influences of the lifetime

Im Sinne der nachhaltigen Nutzung von Ressourcen und Abfallvermeidung besteht das Ziel, Gebäude und deren Komponenten bis zum Ende der technischen Lebensdauer zu nutzen. Dies bedeutet, solange die geforderten Eigenschaften ohne Einschränkungen erfüllt oder durch Reparatur bzw. Sanierung wiederhergestellt werden können, sollte kein Abriss oder Austausch erfolgen. Im Sinne der Nachhaltigkeit ist anzustreben, dass die tatsächliche Lebensdauer durch die technische Lebensdauer begrenzt wird (Abbildung 2-15, vgl. [2-49], [2-50]).

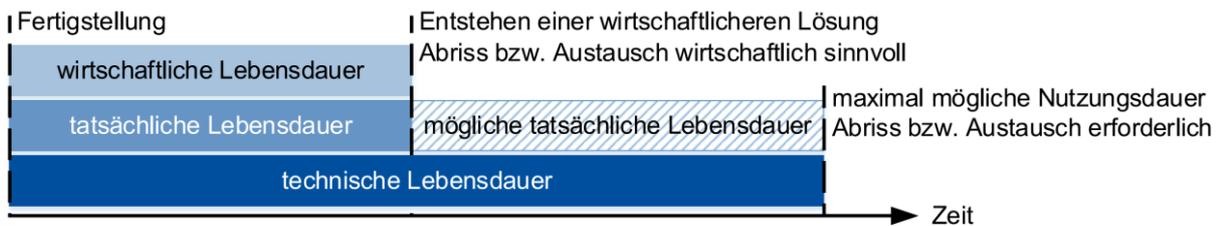


Abbildung 2-15: Definition der Lebensdauer von Gebäuden und Gebäudebestandteilen (vgl. [2-50])

Figure 2-15: Definition of the lifespan of buildings and building components (see. [2-50])

Beeinflusst wird die technische Lebensdauer durch materielle und immaterielle Faktoren (Abbildung 2-16). Zu den materiellen Faktoren zählen unter anderem bauteilqualitative und wartungstechnische Eigenschaften, die sich wiederum aus dem Baujahr, den verwendeten Materialien sowie der Planungs- und Ausführungsqualität ergeben. Ebenso wirken sich Instandhaltungszyklen und -qualität aus. Ferner ist die gegenseitige Beeinflussung verschiedener Komponenten zu berücksichtigen. So können kurzlebige Bauteile die Lebensdauer langlebiger Bauteile negativ beeinflussen. Dies wird auch als Schicksalsgemeinschaft bezeichnet. Weitere materielle Faktoren bilden die Umgebungs- und Nutzungsbedingungen. Dazu zählen unter anderem äußere Faktoren wie Klima (Temperatur, Feuchte, Sonneneinstrahlung, usw.), Luftverschmutzung sowie Wind- und Schneeeinwirkung. Die Nutzungsbedingungen beschreiben Innenraumeinflüsse wie Luftfeuchte, Staub oder chemische Belastung sowie mechanische Einflüsse aus statischer oder dynamischer Belastung. Immaterielle Faktoren stellen beispielsweise die Veränderung baurechtlicher oder ökologischer Anforderungen dar. Dies bedeutet, auch wenn aus technischer Sicht eine weitere Funktionserfüllung gegeben ist, so wird aus rechtlicher Sicht eine Erneuerung des Bauteils notwendig. Ausführliche Informationen zu diesem Themenkomplex sind u. a. von *Ritter* [2-49], *Bahr und Lennerts* [2-51] sowie *Kurzrock* [2-50] zusammengestellt.

Häufig erfolgt ein Abriss von Gebäuden oder Austausch von Gebäudekomponenten bereits vor dem Erreichen der technischen Lebensdauer aufgrund wirtschaftlicher Faktoren. Die wirtschaftliche Lebensdauer ist erreicht, wenn die Kosten zur Instandhaltung bzw. Instandsetzung die Erträge übersteigen oder eine Erneuerung zu höheren Erträgen führt. Beeinflusst wird dies beispielweise durch Veränderungen der Umgebungsbedingungen, der funktionalen oder ästhetischen Nutzeranforderungen sowie den wirtschaftlichen Zielen eines Bauherren (Abbildung 2-16). In einigen Fällen kann die tatsächliche Lebensdauer die wirtschaftliche Lebensdauer überschreiten (Abbildung 2-15). Dies tritt beispielweise aufgrund von Denkmalschutzauflagen, wirtschaftlicher Fehlplanungen, fehlenden Alternativen oder vertraglichen Verpflichtungen, wie Kündigungsschutz, ein [2-50], [2-53].

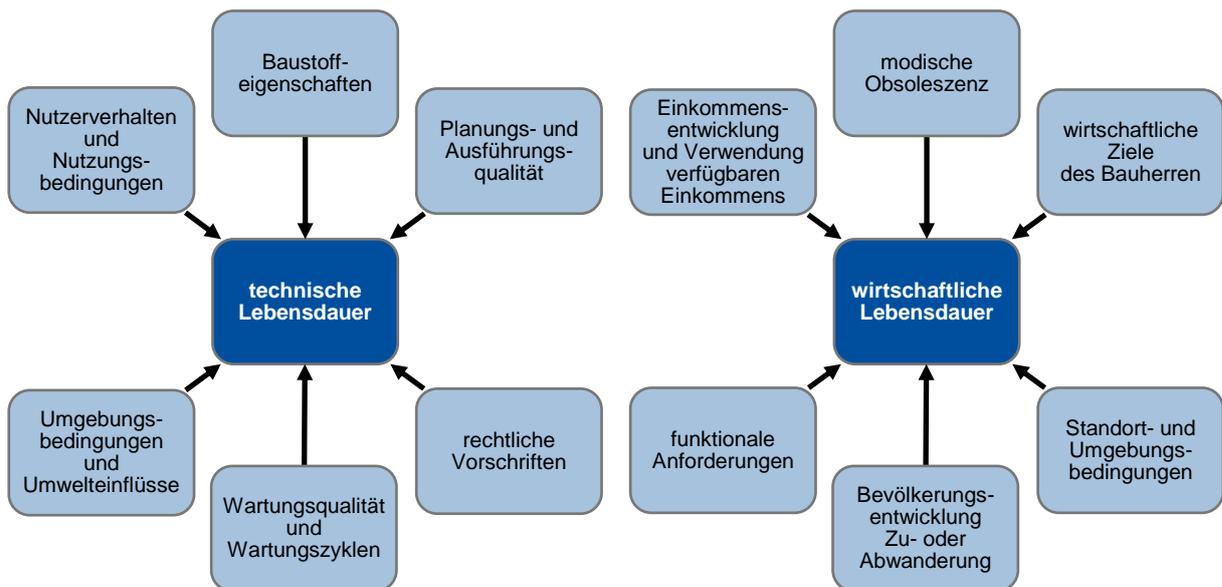


Abbildung 2-16: Einflüsse auf die technische und wirtschaftliche Lebensdauer von Bausystemen und Gebäuden ([2-50], [2-52])

Figure 2-16: Influences on the technical and economic lifespan of building systems and buildings ([2-50], [2-52])

2.5.4.2 Lebensdauer von Gebäudekomponenten *Lifetime of building components*

Bei den Bewertungssystemen DGNB und BNB ist für die Lebensdauer von Gebäuden ein Zeitraum von 50 Jahren zugrunde gelegt. Erreichen Bauteile eine kürzere Lebensdauer, müssen sie innerhalb des Lebenszyklus ein- oder mehrfach erneuert werden. Die ökologischen Aufwendungen sind entsprechend zu vervielfachen. Die Ersatzfaktoren für Bauteile sind einer durch das BBSR erarbeiteten Tabelle zusammengefasst [2-54]. Für Komponenten der Haustechnik gilt die Nutzungsdauer nach VDI 2067. Entsprechende Hinweise enthalten auch die Datensätze der ÖKOBAUDAT [2-64].

Den Angaben des BBSR liegen verschiedene Studien zugrunde (u. a. [2-51], [2-56]–[2-58]). Die Ergebnisse der Untersuchungen basieren auf statistischen Auswertungen bestehender Konstruktionen. Angegeben wird für die Lebensdauer eine Spanne von minimaler und maximaler Dauer. Die Quellen weisen z. T. große Unterschiede in ihrer Bewertung auf. Zudem liegen für viele relevante Bauteile und Bauprodukte noch keine ausreichenden Erfahrungswerte vor. Durch Ritter [2-49], [2-55] erfolgte die Berechnung von Lebensdauern auf der Grundlage vorliegender Daten und probabilistischer Methoden, mit denen Materialeinflüsse erfasst werden. Damit wird die Vorhersage der Lebensdauer in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen ermöglicht.

Abbildung 2-17 zeigt die technische Lebensdauer ausgewählter Bauteile. Es ist zu erkennen, dass vor allem bei Bauteilen des Primärtragwerkes (Gründung, Stützen, Decken) ein großer Zeitraum vorliegt. Im Mittel wird die jeweilige Lebensdauer mit 83 bis 100 Jahren bewertet. Gebäudekomponenten, wie Fassaden, Fenster und Deckenverkleidungen, haben mit 22 bis 58 Jahren eine wesentlich geringere mittlere Nutzungsdauer. Die Grafik verdeutlicht, dass die Lebensdauer von Gebäuden nicht durch die

Dauerhaftigkeit der Tragkonstruktionen begrenzt wird. Vielmehr ist es die Notwendigkeit zur Modernisierung und Instandsetzung der Gebäude, um eine zeitgemäße Nutzung zu ermöglichen und die Vermarktungsfähigkeit der Immobilien aufrechtzuerhalten. Durch eine entsprechende Gestaltung des Tragwerks, mit der die relevanten Nutzungsformen möglich sind, kann die Lebensdauer eines Gebäudes verlängert und die Erneuerung auf sekundäre Bauteile beschränkt bleiben.

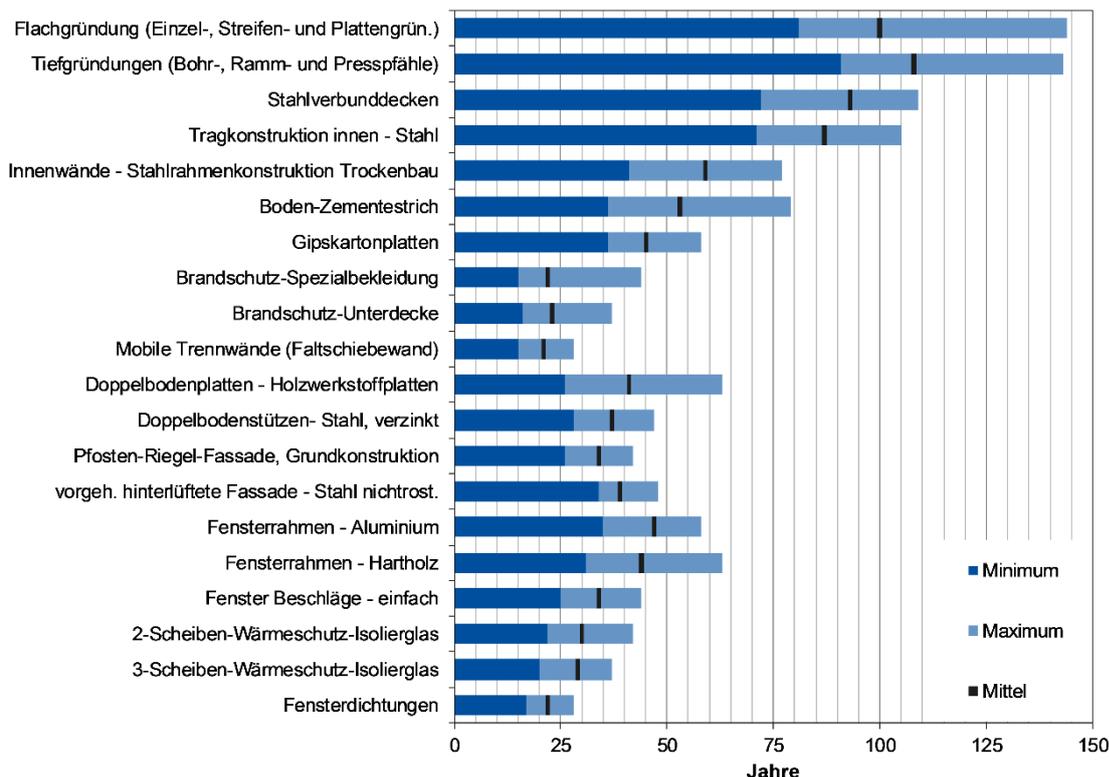


Abbildung 2-17: Lebensdauer von Gebäudekomponenten nach [2-55]

Figure 2-17: Lifetime of building components acc. [2-55]

2.5.4.3 Berücksichtigung der Lebensdauer im Forschungsprojekt Consideration of the lifetime within the research project

Die Lebensdauer von Gebäudebestandteilen ist von zahlreichen Faktoren abhängig. Zudem liegt es in der Entscheidung der Eigentümer, Bauteile nach dem Überschreiten der angenommenen Lebensdauer weiter zu nutzen oder diese Bauteile vorzeitig zu ersetzen. So werden z. B. Erneuerungen wesentlicher Gebäudeelemente, wie Fenster, Fassaden und die Gebäudetechnik, innerhalb der letzten zehn Jahre einer Gebäudenutzung vermieden. Im Forschungsvorhaben werden für sekundäre Gebäudebestandteile, wie Fassadenelemente und der konstruktive Brandschutz, die Durchschnittswerte des BKI [2-55] angewendet. Überschreitet die Lebensdauer des Gebäudes die Lebensdauer einzelner Komponenten, so werden die ökologischen Indikatoren der Phasen A1–A5, C1–C4 und D mit dem Verhältnisfaktor der Komponenten- zur Gesamtlebensdauer multipliziert. Im Unterschied zum Verfahren nach BNB wird dieser Faktor nicht auf ganzzahlige Werte gerundet (vgl. [2-41]). Damit wird eine sprunghafte Anhebung der Ökobilanzwerte vermieden und eine Glättung der Ergebnisse erreicht (Abbildung 2-18).

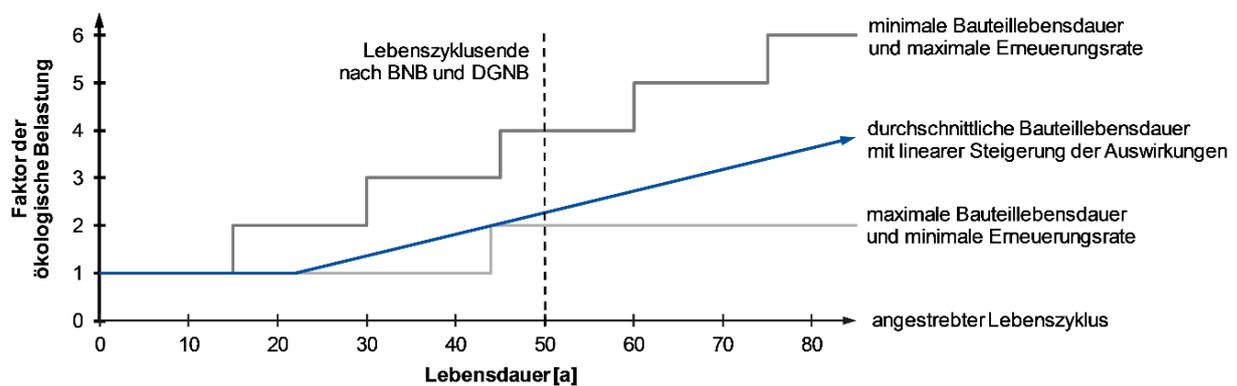


Abbildung 2-18: Ansatz zur Erhöhung der ökologischen Auswirkungen von Bauteilen, die innerhalb des Gebäudelebenszyklus auszutauschen sind

Figure 2-18: Approach to increase the environmental impact of components that need to be replaced within the building lifecycle

2.6 Ökonomische Nachhaltigkeit Economic sustainability

2.6.1 Bewertung nach BNB und DGNB-System Assessment according to BNB and DGNB-System

2.6.1.1 Allgemeiner Bewertungsansatz General assessment

Das BNB und DGNB-System sind im internationalen Vergleich die einzigen Systeme, die eine umfassende Bewertung der ökonomischen Qualität ermöglichen. Dabei werden nicht nur reine Kostenfaktoren berücksichtigt. Vielmehr erfolgt eine Beurteilung der langfristigen Rentabilität eines Gebäudes. Während die genannten Systeme in ihren ersten Versionen noch nahezu einheitliche Bewertungskriterien aufwiesen, wurden mit der Weiterentwicklung und der Berücksichtigung verschiedener Gebäudetypen neue Einzel- und Teilkriterien berücksichtigt. Eine Zusammenstellung der aktuellen Bewertungskriterien enthalten die Tabelle 2-11 und Tabelle 2-10.

Bei beiden Systemen erfolgt die Bewertung in zwei Kategoriengruppen. Die Lebenszykluskosten sind die jeweils erste Gruppe. Ihr Anteil an der ökonomischen Qualität beträgt 50 % (BNB) bzw. 44,5 % (DGNB-System). Eine Erläuterung der Einzelkriterien und Anforderungsniveaus für verschiedene Gebäudetypen wird im Abschnitt 2.6.1.2 gegeben.

In der zweiten Kategoriengruppe des BNB werden die „Wirtschaftlichkeit und Wertstabilität“ beurteilt. Hauptkriterien bilden die „Flächeneffizienz“ und „Anpassungsfähigkeit“ des Gebäudes für spätere Nutzeranforderungen. Im DGNB-System wird die Flächeneffizienz als ein Teilkriterium innerhalb der Kriteriums „Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit“ in der Kategoriengruppe „Wertentwicklung“ berücksichtigt. Das Kriterium weist ähnliche Teilkriterien wie die „Anpassungsfähigkeit“ nach BNB auf. Details zu den Teilkriterien der beiden Systeme sowie den Anforderungen für verschiedene Gebäudetypen werden im Abschnitt 2.6.1.3 erläutert.

Das zweite Kriterium der Kategoriengruppe „Wertentwicklung“ ist die „Marktfähigkeit“. Positiv bewertet werden unter anderem eine gut erkennbare und leicht auffindbare Eingangssituation, die im Verhältnis zur Nutzfläche oder Nutzungseinheiten ausreichende Anzahl von Kfz- und Fahrradstellplätzen und der Nutzungs- bzw. Vermietungsstand zum Zeitpunkt der Fertigstellung [2-40]. Im BNB erfolgt die Berücksichtigung äquivalenter, für öffentliche Gebäude relevanter Kriterien innerhalb der soziokulturellen und funktionalen Qualität [2-41].

Tabelle 2-10: Kriterien zur Beurteilung der ökonomischen Qualität verschiedener Gebäudetypen nach DGNB-System [2-40]

Table 2-10: Criteria for assessing the economic quality of different building types acc. DGNB-system [2-40]

Kategorien- gruppe	Kriterium und Ge- wichtung*	Teilkriterien
Lebens- zykluskosten	gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus 10 %	<ul style="list-style-type: none"> – ausgewählte Herstellungskosten nach DIN 276 <ul style="list-style-type: none"> - KG 300 Baukonstruktion - KG 400 techn. Anlagen (ausgen. KG 470) – ausgewählte Nutzungskosten nach DIN 189 60 – Lebenszykluskostenrechnungen in der Planung – Lebenszykluskostenoptimierung
Wertentwicklung	Flexibilität und Umnutzungs- fähigkeit 7,5 %	<ul style="list-style-type: none"> – Flächeneffizienz (ober- und unterirdisch) – Raumhöhe (Rohbaumaß) – Gebäudetiefe – vertikale Erschließung – Grundrissaufteilung – Konstruktion (Trennwände, Nutzlastreserven) – technische Gebäudeausrüstung
	Marktfähigkeit 5 %	<ul style="list-style-type: none"> – Eingangssituation und Wegeführung – Stellplatzsituation (Anlieferzone, Haltmöglich- keiten, Stellplatzkapazität KFZ und Fahrrad) – Eigenschaften des Marktes (Marktrisiko) – Nutzungsgrad / Vermietungen zum Zeitpunkt der Fertigstellung

* ausgenommen Produktionsgebäude

Tabelle 2-11: Kriterien zur Beurteilung der ökonomischen Qualität und Bedeutungsfaktoren nach BNB, Kriterienkatalog Büro- und Verwaltungsgebäude Neubau [2-41]

Table 2-11: Criteria for assessing the economic quality and importance factors acc. BNB, criteria catalog for new office and administration building [2-41]

Kategorien- gruppe	Kriterium und Ge- wichtung	Teilkriterien
Lebens- zykluskosten	gebäudebezogene Kosten im Lebens- zyklus 11,25 %	<ul style="list-style-type: none"> – ausgewählte Herstellungskosten nach DIN 276: - KG 300 Baukonstruktionen - KG 400 techn. Anlagen (ausgen. KG 470) - KG 500 Außenanlagen teilweise – ausgewählte Nutzungskosten nach DIN 18960
Wirtschaftlichkeit und Wertstabilität	Flächeneffizienz 3,75 %	<ul style="list-style-type: none"> – Quotienten aus NF zu BGF
	Anpassungs- fähigkeit 7,5 %	<ul style="list-style-type: none"> – Gebäudegeometrie (lichte Raumhöhe, Gebäudetiefe, vertikale Erschließung) – Grundriss – Konstruktion (Trennwände, Nutzlastreserven) – Technische Ausstattung

2.6.1.2 Bewertung der gebäudebezogenen Kosten im Lebenszyklus Assessing the building-related costs in the life cycle

Die gebäudebezogenen Kosten im Lebenszyklus umfassen ausgewählte Herstellungs- und Nutzungskosten. Die Herstellungskosten werden auf Grundlage der DIN 276-1 für die Kostengruppen Baukonstruktion (KG 300) und technische Anlagen (KG 400) ermittelt. Das BNB berücksichtigt darüber hinaus teilweise Kosten konstruktiver und technischer Anlagen im Außenbereich sowie von Pflanz- und Saatflächen (KG 500). Die ausgewählten Nutzkosten werden auf Basis von DIN 18960 bestimmt.

Die Kostenermittlung erfolgt in Abhängigkeit des Gebäudetyps für einen Bezugszeitraum nach der Barwertmethode. Dabei werden die Kosten, die innerhalb des Lebenszyklus entstehen, auf das Zertifizierungsjahr kapitalisiert. Somit können anfängliche Aufwendungen und spätere Folgekosten oder Einsparungen verglichen werden. Die Methode berücksichtigt neben den Kostengrößen die Preisentwicklung und den Kalkulationszinssatz. Marktübliche Preisschwankungen bei der Kalkulation der Nutzkosten werden durch fest definierte Kostensätze für Dienstleitungen, Energie und Wasser vermieden. Energiekosten sind anhand des nach EnEV bestimmten Energieverbrauchs zu ermitteln. Dienstleistungskosten werden anhand definierter Wartungsintervalle und Sanierungsintervalle bestimmt. Die Kosten des Trinkwasserverbrauchs und das Abwasseraufkommen können anhand der ermittelten Mengen in der ökologischen Bilanzierung berechnet werden.

Der Betrachtungszeitraum beträgt nach BNB und DGNB-System 50 Jahre, mit Ausnahme von Logistik- und Produktionsgebäuden. Die Rückbau- und Verwertungskosten

von Gebäuden haben aufgrund der Anwendung der Kapitalwertmethode einen sehr geringen Einfluss und werden daher nicht berücksichtigt [2-40], [2-59]. Ebenso bleiben Grundstücks-, Planungs- und Kapitalkosten sowie Steuern und Versicherungen unberücksichtigt.

Tabelle 2-12: Anforderungsniveau der gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus nach BNB [2-41] und DGNB-System [2-40] in € / (m²_{BGF} × a)

Table 2-12: Requirement level of building-related costs in the life cycle acc. BNB [2-41] and DGNB system [2-40] in € / (m²_{BGF} × a)

1	BNB ²	DGNB-System ³					
	Büro- und Verwaltungsgebäude	Büro		Hotel		Wohngebäude (min. 6 WE)	Geschäftshäuser
		Standard	Erhöhte Anforderungen	0-3 Sterne	min. 4 Sterne		
Z	≤ 3300	≤ 3661	≤ 4164	≤ 4449	≤ 5477	≤ 3093	≤ 4079
R	≤ 4800	≤ 5033	≤ 5536	≤ 7483	≤ 9156	≤ 4239	≤ 5155
G	≥ 6400	≤ 6447	≤ 6755	≤ 9809	≤ 12041	≤ 5660	≤ 6476

1) Z: Zielwert, R: Richtwert, G: Grenzwert;

2) Nettokosten in €/(m²_{BGF} × a), per Baupreisindex auf das 4. Quartal 2014 umzurechnen

3) Nettokosten in €/(m²_{BGF} × a), per Baupreisindex auf das 3. Quartal 2017 umzurechnen

Die Ermittlung der Punktzahl der Lebenszykluskosten ergibt sich anhand des ermittelten Barwertes bezogen auf die Bruttogrundfläche (BGF_a) des Gebäudes. Das Anforderungsniveau unterscheidet sich in Abhängigkeit des Gebäudetyps und des zugrunde liegenden Referenzquartals des Baupreisindex (Tabelle 2-12). Das DGNB-System ermöglicht für Bürogebäude eine Unterscheidung in zwei Kategorien. Dabei darf ein Gebäude erhöhte Lebenszykluskosten aufweisen, wenn bestimmte Anforderungen erfüllt werden. Diese können beispielsweise eine gehobene technische Ausstattung oder eine A-Lage mit besonders repräsentativem und hochfrequentiertem Umfeld darstellen. Die Einstufung muss detailliert begründet und prüffähig nachgewiesen werden.

Um die Wirtschaftlichkeit von Gebäuden zu steigern, sollte eine Berechnung der Lebenszykluskosten bereits in frühen Planungsphasen erfolgen. Ggf. können in einem Optimierungprozess alternative Entscheidungen untersucht werden, die zur Verringerung der Lebenszykluskosten beitragen. Diese Faktoren werden im DGNB-System durch neue Kriterien berücksichtigt. Der Anteil an der Gesamtpunktzahl der Lebenszykluskosten beträgt 20 % (ausgenommen Verbrauchermärkte).

2.6.1.3 Bewertung der Anpassungs- und Umnutzungsfähigkeit Assessing the adaptability and conversion ability

Zur Verringerung der Kosten müssen zukünftige Bauwerke eine hohe Flexibilität und Anpassungsfähigkeit für veränderliche Nutzeranforderungen aufweisen. Entsprechende Anforderungen für Neubauten werden durch das BNB und DGNB-System in den Kriterien Flächeneffizienz und Anpassungsfähigkeit bzw. Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit definiert. Eine Zusammenfassung der wichtigsten Anforderungen für

Büro- und Verwaltungsgebäude nach BNB sowie Büro-, Wohn-, Hotel und Geschäftsgebäude nach DGNB-System enthält Tabelle 2-13. Eine ausführliche Auflistung der Anforderungen einschließlich der Bewertungspunkte enthält Anhang A.3. Die nachfolgenden Erläuterungen beziehen sich ausschließlich auf die genannten Gebäudetypen. Die Flächeneffizienz beschreibt das Verhältnis der nutzbaren Fläche zur Bruttogrundfläche. Der Mindesteffizienzfaktor bei Bürogebäuden beträgt 0,48. Ab einem Effizienzfaktor von 0,75 wird die Maximalpunktzahl erreicht. Die Wichtung im DGNB-System ist mit 10 % als Teilkriterium deutlich geringer als im BNB mit 16,7 % als eigenständiges Kriterium. Wohn- und Geschäftsgebäude sollten eine Mindesteffizienz von 0,6 bzw. 0,5 aufweisen. Das Teilkriterium wird dabei mit 20 % gewichtet. Hotels können eine geringere Flächeneffizienz aufweisen. Die Wichtung des Teilkriteriums liegt mit 30 % jedoch deutlich höher.

Wie in Kapitel 1 erläutert, stellt die Raumhöhe ein wichtiges Kriterium für alternative Nutzungen dar. Dabei zeigte sich, dass eine lichte Raumhöhe von 2,75 m bis 3,0 m anzustreben ist. Dieses Ergebnis spiegelt auch die Anforderungen der Bewertungssysteme wieder. Nach BNB muss die lichte Raumhöhe im Ausbauzustand des Gebäudes mindestens 2,5 m betragen um eine positive Bewertung zu erhalten. Ab 3,0 m wird die maximale Punktzahl erzielt. Das Teilkriterium wird nach BNB mit 15 % gewichtet. Im DGNB-System erfolgt für die Nutzungsarten Büro und Hotel keine Abstufung der Punkte in diesem Teilkriterium. Es werden lediglich Mindestanforderungen definiert. Diese betragen 3,0 m bei Bürogebäuden sowie 2,5 m in Hotelzimmern und 3,25 m in Allgemeinbereichen des Hotels. Für Wohngebäude wird bei der Bewertung eine geringe Abstufung zwischen 2,75 m und 2,5 m ermöglicht. Die Raumhöhe bezieht sich im Unterschied zum BNB auf den Rohbau ohne die Berücksichtigung des Bodenaufbaus und der Abhangdecke. Das Teilkriterium wird bei den genannten Nutzungsarten mit 10 % gewichtet.

Die Gebäudetiefe besitzt einen entscheidenden Einfluss auf die Umnutzungsfähigkeit der Flächen. Die Bewertungssysteme weisen dabei Unterschiede in den Bewertungskriterien auf. Während nach BNB eine Gebäudetiefe unter 11,5 m bei Bürogebäuden zu bevorzugen ist, wird nach dem DGNB-System eine Gebäudetiefe zwischen 11,5 und 16,5 m gefordert. Darüber hinaus wird die Gebäudetiefe nach BNB als Abstand von Außenwand zu Außenwand definiert. Das DGNB-System legt hingegen den Abstand der Innenkanten der Außenwände zugrunde. Nach DGNB besteht zusätzlich die Möglichkeit den Nachweis der Umnutzungsfähigkeit durch einen Fachplaner unter Ausarbeitung verschiedener Nutzungsszenarien zu erbringen. Die Wichtung des Teilkriteriums beträgt im BNB 15 % und im DGNB-System 10 %.

Eine kleinteilige Aufteilung von Gebäudeflächen scheitert oft an einer unzureichenden Erschließung des Gebäudes. Für eine hohe Funktionalität ist daher eine ausreichende Anzahl von Erschließungskernen vorzusehen. Diese Kerne müssen als Fluchtweg nutzbar sein und bei mehr als drei Stockwerken einen Aufzugsschacht vorweisen. Die Bewertung erfolgt anhand der vorliegenden Bruttogrundfläche pro Erschließungskern. Das BNB und DGNB-System enthalten dabei für Bürogebäude identische Anforderungen. Danach sollte die BGF pro Kern 1200 m² nicht überschreiten. Idealerweise steht

Tabelle 2-13: Anforderungen des BNB und DGNB-Systems für ausgewählte Nutzungsarten für anpassungsfähige Gebäude [2-40], [2-41]

Table 2-13: Requirements for adaptable buildings of the BNB and DGNB system for selected types of use [2-40], [2-41]

Teilkriterien	BNB 2015		DGNB-System 2018		
	Büro- und Verw.-Geb. Neubau	Büro	Hotel	Wohnen	Geschäftshaus
Flächeneffizienz oberflächendisch	Ideal $\geq 0,75$ Min $< 0,48$	Ideal $\geq 0,75$ Min $\leq 0,48$	Ideal $\geq 0,70$ Min $\leq 0,43$	Ideal $\geq 0,80$ Min $\leq 0,60$	Ideal $\geq 0,70$ Min $\leq 0,50$
Raumhöhe ^{a) b)}	Ideal $\geq 3,0$ m ^{a)} Min $\geq 2,5$ m ^{a)}	Min $\geq 3,0$ m ^{b)}	Min $> 2,5$ m (Zimmer) ^{b)} , $\geq 3,25$ m (Allgemeinbereich) ^{b)}	Ideal $\geq 2,75$ m ^{b)} Min $\geq 2,50$ m ^{b)}	-
Gebäudetiefe	Ideal $\leq 11,5$ m Min $\geq 20,0$ m	11,5 m \leq Ideal $\leq 16,5$ m		11,5 m \leq Ideal $\leq 13,5$ m Ideal: veränd. Gebäudetiefe Min: einheitl. Gebäudetiefe	-
Vertikale Erschließung		Ideal: BGF _{Etage} /N _{Erschl.-kern} ≤ 400 m ² Min: BGF _{Etage} /N _{Erschl.-kern} ≤ 1200 m ²			
Grundriss (Mehrfachnennung möglich)	<ul style="list-style-type: none"> Jede NE ≤ 400 m² BGF Jede NE verfügt über Rettungswege, die nicht durch andere NE verlaufen. Jede NE liegt an einem Sanitärschacht. 	<ul style="list-style-type: none"> Sanitärereinheiten o. Anschlüsse für NE ≤ 400 m² vorhanden 		<ul style="list-style-type: none"> Nutzungsneutrale Räume in jeder Wohnung (z. B. 3x3 m, idealerweise 4x4 m) Tragende und nichttragende Wände lassen Anpassungen der Grundrissstruktur je nach Nachfrage zu 	
Konstruktion (Mehrfachnennung möglich)	<ul style="list-style-type: none"> nichttragende Innenwände zu 30 bis 80 % Trennwände können an jeder Fassadenachse des Grundrasters ohne Eingriffe in die Fassadenkonstruktion eingesetzt werden. Die Anschlüsse leichter Trennwände greifen nicht in Fußbodenaufbau, Decke oder die zulässigen Nutzlasten ≥ 5 kN/m² auf mind. 50% der Brutto-Grundfläche. 	<ul style="list-style-type: none"> Vermeidung tragender Innenwände, soweit möglich Trennwände können an jeder Fassadenachse des Grundrasters ohne Eingriffe in die Fassadenkonstruktion eingebaut werden Nutzlastreserven für Umnutzungen sind in der statischen Berechnung berücksichtigt und vorhanden Trennwände können wiederverwendet werden 	<ul style="list-style-type: none"> Vermeidung tragender Innenwände, soweit möglich Schachtanordnung lässt flexible Planung von Sanitär und Küchenanschlüssen zu, innenliegend 	<ul style="list-style-type: none"> Nutzlastreserven für vielfältige Umnutzungen sind in der statischen Berechnung berücksichtigt und vorhanden. Oder: Das statische System lässt nachträgliche Änderungen in tragenden Decken bzw. Wandbereichen zu (Bei Eingriffen in die Tragkonstruktion ist stets eine statische Berechnung durchzuführen). Aufstellflächen für Mieterinstallationen (z.B. Kühlaggregate) mit entsprechenden Nutzlast/ Flächenreserven sind vorhanden. Es besteht Erweiterungspotenzial zur Anlieferung. Logistikkonzept mit Darstellung der Reserven liegt vor. Eine Trennung und Umgestaltung von Mieteinheiten kann ohne großen baulichen Aufwand (wie z.B. Änderung der Fassadengestaltung) erfolgen. Die hier vorgesehenen konstruktiven Lösungen sind in der Planung berücksichtigt. 	
TGA zusammenfassende Erläuterung	8 Anforderungen, u. a.: Klima-, Energie- und Wasserkonzept erlauben kleinteilige Nutzung (NE ≤ 400 m ²); Schächte, Kanäle und TGA-Zentrale mit > 30 % Reserven; perspektivische regenerativer Energien; offener BUS-Standard vorhanden	4 Anforderungen: Verteilung und Anschlüsse können an Änderungen der Raumsituation angepasst werden, betrifft Lüftung / Klimatechnik; Kühlung; Heizung; Wasser / Abwasser		4 Anforderungen: Verteilung und Anschlüsse können an Änderungen der Raumsituation angepasst werden, betrifft Lüftung / Klimatechnik; Kühlung; Heizung; Wasser / Abwasser	Definierte Übergabepunkte für jede Mieteinheit vorhanden Definierte Übergabepunkte + Reserven im Verteilungsnetz Definierte Übergabepunkte + Reserven im Erzeugungs- und Verteilungsnetz

a) nach BNB mit lichter Raumhöhe im Ausbaustand - Oberkante Fertigfußbodens bis Unterkante der Fertigdecke

b) nach DGNB-System mit lichter Rohbauhöhe - Oberkante Rohfußbodens bis Unterkante Rohdecke

ein Kern pro 400 m² BGF zur Verfügung. Gleiches gilt für Hotels, die nach DGNB-System nachgewiesen werden. Die Wichtung des Teilkriteriums beträgt erneut im BNB 15 % und im DGNB-System 10 %.

Die Konstruktion, Grundrissaufteilung und TGA des Gebäudes wirkt sich unmittelbar auf die Umnutzungsfähigkeit aus. Eine klare Trennung der Anforderungen in den Teilkriterien ist zwischen BNB und DGNB-System nicht gegeben. Deshalb erfolgt eine gemeinsame Erfassung.

Je nach Gebäudetyp sind in den Bewertungskatalogen individuelle Anforderungen formuliert. Diese zeigen eine Übereinstimmung in der Absicht, eine spätere gehobene oder kleinteiligere Nutzung der Flächen zu ermöglichen. So sind tragende Innenwände zu vermeiden und eine am Gebäuderaster orientierte, individuelle Anordnung von Trennwänden anzustreben. Weiterhin sind bereits bei der Gebäudeplanung Nutzlastreserven zu berücksichtigen, die eine spätere Umnutzung der Flächen ermöglichen. Nach BNB erfolgt eine positive Bewertung, wenn mindestens 50 % der Flächen für eine Nutzlast von 5 kN/m² ausgelegt sind. Das DGNB-System enthält hingegen keine spezifischen Anforderungen. Das Teilkriterium TGA zielt auf eine zukunftsfähige, an Nutzerwünsche anpassungsfähige Ausstattung des Gebäudes ab. Bewertet werden unter anderem, inwieweit Heiz-, Kühl- und Lüftungskonzept sowie Wasser- und Abwasseranlagen angepasst werden können oder für eine kleinteilige Nutzung vorinstalliert sind. Des Weiteren werden Reserven in den Versorgungsschächten und die perspektivische Nutzung regenerativer Energien positiv bewertet.

Im BNB System können durch die drei Teilkriterien Konstruktion, Grundriss und TGA 45 % der Kriterienpunkte erzielt werden. Nach dem DGNB-System beträgt der Anteil an den Kriterienpunkten bei Büro- und Wohngebäuden 60 %, bei Hotelgebäuden 40 % und bei Geschäftsgebäuden 80 %. Dies zeigt die Bedeutung der Kriterien für die ökonomische Qualität.

2.6.2 Bewertung der Ökonomie mit Hilfe der Realisierungskosten **Assessing the economy by using realisation costs**

Tabelle 2-14 zeigt die Zusammensetzung einer Angebotssumme für Bauleistungen. Die Realisierungskosten entsprechen der Summe der Einzelkosten der Teilleistungen. Die Addition der Baustellengemeinkosten führt zu den Herstellungskosten. Durch hinzuziehen der Allgemeinen Geschäftskosten ergeben sich die Selbstkosten. Der Zuschlag für Wagnis und Gewinn führt schließlich zur Angebotssumme.

Unter den durch die Objektplanung geschaffenen Randbedingungen für eine flächeneffiziente und flexible Nutzung sowie der Annahme, dass die Nutzungskosten weitestgehend unabhängig von den Rohbaukonstruktionen sind, kann die Optimierung und der Vergleich von Baukonstruktionen in einer vereinfachten Betrachtung über die Realisierungskosten erfolgen. Preise für Baumaterialien, Aufwandswerte für die Bauproduktion und Löhne sind regionalen, zeitlichen und konjunkturellen Schwankungen unterlegen. In den Projekten P881 und P1118 erfolgte zur Bestimmung von Realisierungskosten eine Zusammenstellung von Preisen und Arbeitsprozessen (Einzelkosten der Teilleistungen) anhand von Recherchen und Erfahrungswerten von Unternehmen für die Bauproduktion aus dem deutschsprachigen Raum. Die Ergebnisse der Parame-

terstudien wurden prozentual zum jeweiligen Höchstwert (100 %) angegeben. Das entspricht einem relativen Vergleich, der den Einfluss dieser Schwankungen auf die Aussagefähigkeit der Ergebnisse weitestgehend ausblendet. Dies gilt, solange die Relationen der Aufwendungen bei den verglichenen Systemen erhalten bleiben.

Tabelle 2-14: Zusammensetzung der Netto-Angebotssumme(vgl. [2-60])

Table 2-14: Comparison of the net contract prices (cf. [2-60])

Angebots- summe (netto)	Selbst- kosten	Herstellungs- kosten	Realisierungs- kosten (Summe der Einzelkosten der Teilleistungen)	Lohnkosten	
				Sonstige Kosten (inkl. Stoffkosten)	
				Gerätekosten	
				Fremdleistungen	
			Baustelleinrichtungskosten		
			Bauleitungskosten und Gehälter		
		Mieten, Energiekosten, Versicherungskosten, etc.			
		Allgemeine Geschäftskosten (AGK)			
		Wagnis und Gewinn			

Zur Kalkulation von Gebäudekernen und -gründungen einschließlich der Erdarbeiten lagen keine Einzelkosten der Teilleistungen vor. Diese erfolgte auf der Grundlage statistischer Kostenkennwerte des BKI [2-61]. Da die Kosten die Baustellengemeinkosten, Allgemeinen Geschäftskosten (AGK) sowie den Wagnis- und Gewinnzuschlag beinhalten, musste eine Verminderung der Ansätze erfolgen. Nach *Schach und Otto* [2-60] beträgt der prozentuale Anteil der Baustelleneinrichtung, bezogen auf die Angebots-
summe, bei Hochbauten im Rohbau zwischen 3,0 % bis 4,5 %. Die Anteile der Bauleitungslöhne, Mieten und Energiekosten sind vergleichsweise gering und wurden nicht genauer berücksichtigt. Die Allgemeinen Geschäftskosten (AGK) sind unternehmensspezifisch und hängen von der wirtschaftlichen Lage sowie dem Rechnungswesen des Unternehmens ab. Nach *Berner et. al* [2-62] beträgt die „übliche“ Bandbreite zwischen 6 % und 12 % der Netto-Angebotssumme. Der Wagniszuschlag zur Berücksichtigung der Risiken in der Kalkulation beträgt oft 2 % der Netto-Angebotssumme [2-62]. Als Gewinnzuschlag wird häufig 1 % der Netto-Angebotssumme angenommen.

Die Umlage der Baustellengemeinkosten, Allgemeinen Geschäftskosten sowie Wagnis und Gewinn erfolgt in der Regel mithilfe der Kalkulation über die Angebotssumme. Dabei werden die Kosten überwiegend auf die positionsbezogenen Lohnstunden umgelegt. Da die Kostenkennwerte des BKI keine dezidierten Angaben zur Kostenartenstruktur und den gewählten Zuschlagssätzen enthalten, ist eine detaillierte Rückrechnung nicht durchführbar. Um dennoch eine Reduzierung um diesen Anteil zu berücksichtigen, wird die vorgenommene Kostenberechnung abstrahiert und die Angebots-
summe pauschal reduziert. Aus den beschriebenen durchschnittlichen Prozentsätzen

für Wagnis und Gewinn, der AGK und Baustelleneinrichtungskosten wird eine Reduzierung von 15,75 % abgeleitet, die bei der Rückrechnung der Realisierungskosten aus den Kostenkennwerten des BKI berücksichtigt wurde. Eine Zusammenfassung der verwendeten Kostenansätze liefert Anhang A.4.

2.6.3 Bewertung der Ökonomie im Lebenszyklus **Life-cycle-assessment of the economy**

Die in Abschnitt 2.6.1 vorgestellte Methodik zur ökonomischen Bewertung der Nachhaltigkeit bewertet die Flexibilität und Variabilität anhand vorgefertigter Beurteilungskataloge. Allerdings verknüpft diese Methode die gebäudebezogenen Kosten nur bedingt mit den Kosten im Lebenszyklus und ist daher nicht für die Lebenszyklusbewertung der Variabilität von Gebäuden geeignet. Die Berechnungsmethode in Abschnitt 2.6.2 bewertet die Realisierungskosten, kann jedoch ebenfalls keine Aussage zum möglichen Mehrwert einer verbesserten Variabilität im Rahmen einer Lebenszyklusbetrachtung liefern.

Für die umfassende Bewertung der Variabilität aus Investorensicht war es daher notwendig, ein modifiziertes Berechnungsmodell zu entwickeln und anzuwenden. Dieses wird ausführlich in Kapitel 5 und 6 beschrieben und die Ergebnisse ausgewertet.

3 Objektplanung Building planning

Kurzfassung

Die Planung von Büro- und Geschäftshäusern ist ein langwieriger, iterativer Entwurfsprozess, in den verschiedenste Akteure eingebunden sind. Als Planer ist auf die Vorgaben von Investoren und Nutzer gleichermaßen einzugehen, die im Einklang mit dem Baurecht und der Funktionalität bei gleichzeitiger Einhaltung des vorgegebenen Kostenrahmens zu erfüllen sind. Gebäude für bereits vorgesehene Nachnutzungen bzw. für mehrere Nutzungsarten zu entwickeln, erhöht durch die Hinzunahme zusätzlicher Anforderungen die Komplexität des Entwurfsprozesses. Werden bereits in der Entwurfsphase konstruktive, funktionale und bautechnische Grundvoraussetzungen für eine multifunktionale Gebäudestruktur erfüllt, können Gebäude ohne größere Eingriffe für alternative Nutzungsarten verwendet werden.

Abstract

The planning of office and business buildings is a protracted, iterative design process, in which multiple actors are involved. Planner have to react to the guidelines of investors and users equally. They have to be fulfilled in accordance with the building law and the functionality by subjecting to the given building costs. To develop buildings for an intended re-use or rather multifunctional use, raises the complexity of the design process by adding further specifications. Are constructive, functional and structural prerequisites implemented for a multifunctional structure, buildings will be transformed for different uses without major interferences into the building structure.

3.1 Zielsetzung Objective

Veränderungsprozesse sind eine verlässliche Konstante im Spiegelbild unserer Gesellschaft. Von Heraklit von Ephesos, vorsokratischer Philosoph, der um 500 v. Chr. wirkte, ist die Aussage „Die einzige Konstante im Universum ist die Veränderung“ übermittelt, die als zutreffendes Zitat über die notwendige Anpassungsfähigkeit des Menschen geeignet ist. Mit steten Veränderungsprozessen umzugehen erfordert Strategien der Alltagsbewältigung und ein großes Maß an Flexibilität. Auch die Architektur muss sich dieser Herausforderung stellen. Der Architekt bzw. viel mehr Konstrukteur und vor allem Visionär Buckminster R. Fuller forderte für die Planung von Räumen: “A room should not be fixed, should not create a static mood, but should lend itself to change so that its occupants may play upon it as they would upon a piano” [3-1]. Diese Forderung nach freier Bespielbarkeit der Räume kann als Interpretation verstanden werden, Gebäude, mit der Fähigkeit auf veränderte Anforderungen reagieren zu können, zu entwickeln.

Die Umnutzung und damit die Erhaltung bestehender Bausubstanz ist ein Vorgang, der kontinuierlich in der Baugeschichte stattgefunden hat. Gebäude, für eine bestimmte Funktion erstellt, mussten den im Laufe der Geschichte veränderten Bedingungen angepasst werden. Dieser Wandel vollzog sich früher fast unmerklich. Vorhandene Bauten waren immer auch „Ressource“. Das Tempo der technischen Entwicklung hat sich jedoch rasant beschleunigt, so dass die Anpassung an neue Funktionen und Anforderungen immer anspruchsvoller und kurzfristiger werden. Gelingt dies nicht oder nur mit erheblichem konstruktivem und finanziellem Aufwand, droht nach einer ersten Nutzungsphase der Leerstand bis hin zum Abbruch. Abriss, Entsorgung und Neubau sind Verhaltensweisen der Moderne sowie aus einer Zeit und Gesellschaft, die sich das leisten zu können glaubte. In der heutigen Situation sinkender Bevölkerungszahlen in der Bundesrepublik und der zwingenden Vorgabe ressourcensparender und umweltbewusster Bau- (und Verhaltens-) Weisen muss hingegen davon ausgegangen werden, dass „bereits alles gebaut ist“. Das Vorhandene jedoch nicht genutzte kann und muss an neue Entwicklungen angepasst werden [3-2]. Die Forderungen decken sich mit den nachdrücklich formulierten Zielen der Stadterneuerung und des Stadumbaues der Bundesregierung, die sich mit dem Umbau und der Umnutzung von Gebäuden erreichen lassen. „Die Erneuerung der Stadt spannt einen großen Bogen von der technischen Anpassung von Gebäuden über die Schaffung von Wohnungen mit neuzeitlichem Komfort [...], Umnutzungen von gewerblichen Gebäuden und Flächen bis hin zur Anlage neuer bzw. Erweiterung von Straßen und Plätzen“ [3-3].

Neben dem gesamten Planungsprozess müssen sich auch architektonisch relevante Themen wie Gestaltung, Konstruktion, technische Ausrüstung, Ökonomie, Betrieb und Unterhalt auf ihre Anpassungsfähigkeit hin hinterfragen lassen. Den dadurch erreichten Wertehalt des Gebäudes und eine langfristige Vermarktungsfähigkeit ist als wichtiger Beitrag zur Nachhaltigkeit anzusehen. Diesen über den gesamten Lebenszyklus aufrecht zu halten, ist eine große Herausforderung. Denn Anpassungsfähigkeit und Nachhaltigkeit stehen in einer engen Beziehung zueinander. Das verbindende Element ist die Angemessenheit – siehe Abbildung 3-1 [3-4]. Solange ein Gebäude die Anforderung der Nutzer decken kann, wird keine Veränderung am Gebäude notwendig. Treten Ereignisse ein, die sich mit der aktuellen Nutzung nicht mehr decken, muss mit Maßnahmen am Bau angemessen reagiert werden. Ziel ist es mit möglichst geringem Aufwand an Ressourcen die Anpassungen vorzunehmen. Das Maß der Anpassungsfähigkeit an wechselnde Nutzungs- und Nutzeranforderungen ist in Abhängigkeit mit der Eintrittswahrscheinlichkeit zu wählen. Machbarkeitsstudien und Prognosen für zukünftige Szenarien mit unbekanntem Anforderungen unterstützen den Entscheidungsprozess, können jedoch keine Garantien für eine Aufrechterhaltung der Vermarktungsfähigkeit geben.

Die Anpassungsfähigkeit von Büro- und Geschäftshäusern bedarf im Planungsprozess die intensive und vollumfängliche Auseinandersetzung mit den in Betracht gezogenen (Nach)Nutzungsstrategien. Für gebäudestrukturelle Abweichungen zwischen den verschiedenen Nutzungsstrategien sind von den Planern Lösungsansätze zu entwickeln, die geringe Einschränkungen in der Nutzung bewusst für geeignete Voraussetzungen eines effizienten Umnutzungsprozesses in Kauf nehmen. Der Fokus in der Planung

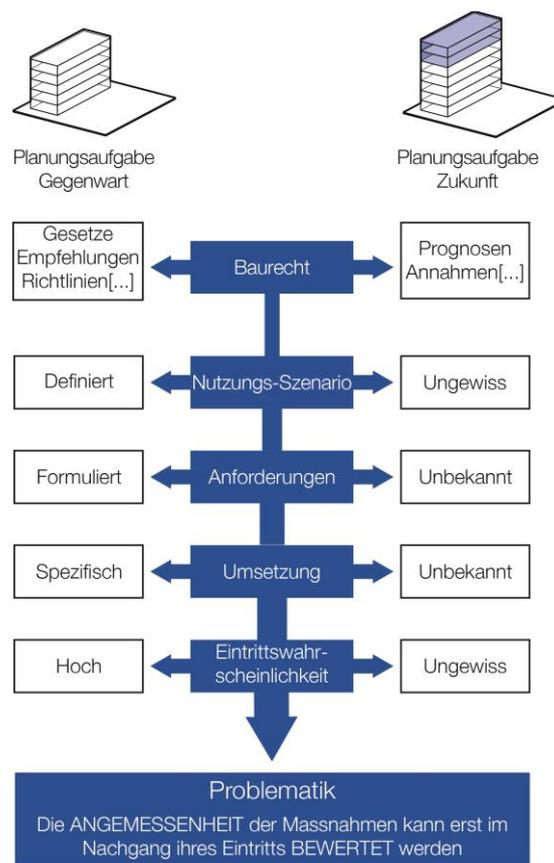


Abbildung 3-1: Problematik bei der Bewertung der Angemessenheit von Maßnahmen für die Anpassungsfähigkeit [3-4]

Figure 3-1: Difficulty in valuing the appropriateness of measures for the adaptability [3-4]

liegt auf den Gebäudebauteilen, wie die des Primärtragwerkes mit einer langfristigen Nutzungsdauer (siehe Abbildung 2-17). Denn diese lassen sich, wie zuvor in den Projektbeispielen in Kapitel 1 dargestellt, nur unter erheblichen Aufwand anpassen. Dies ist aus ökonomischer und ökologischer Sicht zu vermeiden. Im Sinne der Nachhaltigkeit ist für die Umnutzung von Büro- und Geschäftshäusern ein Rückbau zielführend, der sich auf die Ausbauebene und Versorgungsebene der TGA beschränkt. Hierfür sind in der Planungsphase der Gebäudegrundstruktur und des erweiterten Rohbaus Voraussetzungen zu schaffen, die in den folgenden Abschnitten dargestellt und bewertet werden. Die häufige Umnutzung bestehender Bürogebäude in Wohnnutzungen wird im Forschungsvorhaben bewusst um weitere, typisch städtische Nutzungsarten erweitert, um die Erkenntnisse für eine hohe Anpassungsfähigkeit zu erweitern. Als erster Schritt findet eine Analyse von mischgenutzten Gebäuden statt, die verschiedene Nutzungsarten in einem Gebäude kombinieren und dadurch ein erstes Anforderungsprofil für anpassungsfähige Gebäudegrundstrukturen definieren.

3.2 Mischnutzung Mixed-use

Als Mischnutzung werden Gebäude bezeichnet, in denen Räume für verschiedene Nutzungsarten untergebracht sind; unabhängig davon welchen Teil des Gebäudes die Nutzungsarten in Anspruch nehmen. Gerade in innerstädtischen Gebäuden findet der Wechsel zu einer abweichenden Nutzungsart meist vom Erdgeschoss zu den Obergeschossen statt; das Erdgeschoss mit Bezug zum Straßenraum und die Obergeschosse losgelöst vom Straßenraum aber durch die zentrale Lage im Stadtraum interessant für Mieter. Viele Ausprägungen von Mischnutzungen werden kaum noch als solche wahrgenommen, weil sie als selbstverständlich gelten, wie zum Beispiel der Kiosk an der Ecke eines Bürogebäudes oder der Bäcker im Erdgeschoss eines Wohnhauses. Als Nebennutzung sind sie ein ergänzendes Angebot für die Nahversorgung. Das Mitarbeiterrestaurant in einem Bürogebäude, das auch externen Besuchern zur Verfügung steht, ist wie Sportangebote, Erholungsbereiche bis hin zu kleineren, dem Büro zugehörigen Wohnbereichen als ergänzendes Angebot zum Büroalltag anzusehen und somit abweichend zur Mischnutzung als Funktionsmischung zu bezeichnen.

In der Stadt- und Quartiersplanung wird die Mischnutzung immer häufiger als Mittel eingesetzt, um mit einer erhöhten Diversität im Stadtraum monofunktional genutzte Stadtquartiere der 60er bis 70er-Jahre wieder zu beleben. Der städtebauliche Ansatz einer Funktionstrennung aus dieser Zeit haben Quartiere zu bestimmten Tageszeiten veröden lassen, so dass sie an Attraktivität deutlich verloren haben.

Gemischtgenutzte Projekte werden im Sinne einer höheren Vermarktungsfähigkeit der Gebäude immer häufiger von Investoren gefordert. Gerade im Hochhausbau können verschiedene Nutzergruppen das Vermarktungsrisiko minimieren und einen lebendigen Lebensraum im Umfeld des Gebäudes schaffen – gerade wenn eine Wohnnutzung mit einbezogen wird. Eine der wichtigsten Absichten aus Sicht der Stadtentwicklung ist es Wohnhochhäuser mit Mischnutzung in Zonen des Stadtzentrums zu errichten und dadurch zu vermeiden, dass die Wohnfunktion des Stadtzentrums nicht wegen der sich immer mehr verdichtenden Gewerbenutzung komplett verdrängt wird [3-5].

3.2.1 Historische Entwicklung Historic development

Als typische Form der Mischnutzung versteht sich das Geschäftshaus, das nicht einem einzigen Geschäftszweck dient. Meist befinden sich im Erdgeschoß Läden, deren Räumlichkeiten sich mitunter bis ins erste Obergeschoß erstrecken. Ergänzend zu den Ladenstrukturen der unteren Ebenen befinden sich in den Obergeschossen vermietbare Flächen für Büros, Kanzleien, Praxen oder alternative Geschäftsräume für Dienstleistungen. Eine zentrale oder verkehrlich gut angebundene Geschäftslage erfüllt die geforderten Standortbedingung und sorgt für eine hohe Vermarktungsfähigkeit. Sind anstelle der Mieteinheiten in den Obergeschossen Wohnungen angeordnet, wird die Kombination aus Gewerbe und Wohnen als Wohn- und Geschäftshaus bezeichnet. Die Anordnung von Wohn- und Arbeitswelt unter einem gemeinsamen Dach steht für eine städtische wie ländliche Nutzungskombination, den die vorindustrielle Gesellschaft kennzeichnete. In den Städten beherbergte das Erdgeschoss einen Verkaufsladen

während in den Obergeschossen neben Lagerräumen die Wohnräume der Ladeninhaber untergebracht waren [3-6], [3-7]. Im Zusammenhang mit kleinerem, produzierendem Gewerbe oder Handwerksbetrieben wurde häufig der Hof für die Nutzungskombinationen mit einbezogen. Das Vorderhaus beinhaltete eine Büroeinheit für die Verwaltung und Besuch von Kunden sowie Wohnräume in den Obergeschossen während im Hinterhof die meist eingeschossigen Werkstätten oder Produktionsstätten vorzufinden waren.

Im Zuge der Industrialisierung und dem damit verbundenen starken Zuwachs der Bevölkerung in den Städten entwickelte sich in den Städten eine dichte Gebäudestruktur als Blockrandbebauung mit meist dreigeschossigen Wohn- und Geschäftshäusern, wie sie heute noch teilweise in den Gründerzeitvierteln der Städte vorzufinden sind. Die erdgeschossigen Verkaufsläden stellten seinerseits die notwendige Nahversorgung der Stadtquartiere sicher. Der weitere Urbanisierungsprozess ab Mitte bis Ende des 19. Jahrhunderts verursachte eine Welle von Abriss und Neubau, Aufstockung, Um- und Ausbau der ursprünglichen Wohn- und Geschäftshäuser. Als Reaktion auf den Bedarf nach Wohnraum entstanden meist fünf- bis sechsgeschossige Wohn- und Geschäftshäuser, wie sie für die Stadtstrukturen vieler europäischer Städte noch heute ein Merkmal sind. In den Obergeschossen wohnten dann neben den Ladenbesitzern auch Personen, die für den zur Verfügung gestellten Wohnraum Miete zahlten. Das Wohn- und Geschäftshaus entwickelte sich so von der Immobilie ursprünglich zum Eigennutz fürs Arbeiten und Wohnen gedacht zu einem Renditeobjekt.



Abbildung 3-2: Typisches Straßenbild in Städten zu Beginn des 20. Jahrhunderts: Drei bis fünfgeschossige Gebäude mit einer Ladennutzung im Erdgeschoss.

Figure 3-2: Typical street scene in cities at the beginning of the 20th century: three- to five-story buildings with retail space in the ground floor.

Die tiefgreifende und dauerhafte Umgestaltung der sozialen und gesellschaftlichen Verhältnisse führte zu Beginn des 20. Jahrhunderts in den Städten zu einer Zuspitzung sozialer Missstände. War es ursprünglich eines der Grundprinzipien der europäischen Stadt, dass Wohnen und Arbeiten oder unterschiedliche soziale Schichten eine enge räumliche Beziehung zueinander hatten und in Symbiose miteinander standen, so änderte sich das Bild unserer Städte im Zuge der Hochphase der Industrialisierung [3-8]. Das Gewerbe mit seinen entstehenden industriellen Produktionsstätten zog wie stadtlüchtliche Bewohner aus den Städten in die Vororte, wo unter räumlich optimierten Bedingungen produziert bzw. gelebt werden konnte. Straßenbahnen und der Beginn des Individualverkehrs erlaubte die räumliche und funktionale Entzerrung von Wohnen und Arbeiten, die später mit der Massenmotorisierung ab den 1950er Jahren zunächst eine Suburbanisierung des Wohnens und schließlich auch der Dienstleistungen und des Einzelhandels mit riesigen Einkaufszentren und Fachmärkten auf grünen Wiesen vor den Städten bewirkte. Im Zusammenhang von industriellen Produktionsweisen durch die maschinelle Erzeugung von Gütern und Dienstleistungen bis hin zur Massenproduktion spezialisierten sich im Laufe der Industrialisierung auch Bauunternehmen, Banken, Architekten und Bauherren beziehungsweise ihre Ansprüche an städtische Bauungen. Es entstanden entmischte Funktionstypen wie das reine Wohn-, das reine Geschäftshaus bzw. das Warenhaus.

Die raschen Wachstums- und Urbanisierungsschübe sprengten die Maßstäblichkeit der europäischen Städte. Für die teilweise unerträglichen Lebensbedingungen in den stark verschmutzten und überbevölkerten Stadtkernen mittelalterlicher Stadtstrukturen erforderte es die Auflösung des klassischen Urbanismus. Es wurden neue, nach verwaltungs- und versorgungstechnischen Prinzipien entstandene Gliederungen vorgenommen. Aus diesen Stadtkonzeptionen entwickelte sich unter anderem aus England kommend die Gartenstadtbewegung, die den Ansatz verfolgte die Großstadt in kleinere Einheiten aufzulösen und als Basis der Siedlungsgliederung Nachbarschaften zu planen [3-9]. Doch erst mit der Verabschiedung der Charta von Athen auf dem Kongress der CIAM (Congrès Internationaux d'Architecture Moderne) zum Thema „Die funktionale Stadt“ im Jahre 1933 wurde ein städtebauliches Manifest formuliert, das als Meilenstein der modernen Stadtplanung und -entwicklung gilt. In ihm beriefen sich bedeutende Stadtplaner und Architekten auf ihre Untersuchungen der Lebensumstände in vielen Städten und legten die Aufgaben einer modernen Stadtentwicklung neu fest [3-10]. Es beinhaltete für eine geordnete Stadtentwicklung die grundsätzliche Trennung der städtischen Nutzungsflächen nach den Daseinsgrundfunktionen Wohnen, Arbeiten Erholen und Verkehr. Hierbei griffen Sie die begonnenen Tendenzen der Stadtentwicklung auf und negierten die traditionell gewachsene, durchmischte Stadt, die mit ihren Industrieschloten und dicht besiedelten, dunklen Elendsvierteln als Auslaufmodell bezeichnet wurde. Die starke Zerstörung von Stadtteilen vieler deutscher und europäischer Großstädte im Zweiten Weltkrieg, förderte die rasche Umsetzung neuer städtebaulicher Ideale im Zuge des Wiederaufbaus. Die in der Charta von Athen geforderte Umsetzung großzügiger Freiflächen und der funktionalen Trennung der Quartiere mit einem starken Fokus auf die autogerechte Stadt flossen über Jahrzehnte als anzustrebendes Ideal in die Flächennutzungspläne der europäischen Städte ein. Neue baurechtliche Vorgaben begünstigten bzw. legten in den funktional getrennten Stadtquartieren die Voraussetzungen für monofunktional genutzte Gebäude fest. Kleinteilige

mischgenutzte Nutzungseinheiten wie das ursprüngliche Wohn- und Geschäftshaus der Gründerzeitviertel wurden vielerorts als reine Wohnbauten umfunktioniert und teilweise vollständig aus dem Stadtbild verdrängt, da die Stadtbewohner zentral gelegene Warenhäusern mit einem vielfältigen Angebot den kleinteiligen, erdgeschossigen Läden bevorzugten.

Um die beengte Wohnraumsituation in den Stadtzentren zu entlasten, entstanden im Zuge des Wirtschaftswunders und seinen Entwicklungen zu einem gehobenen Wohnstandard der 1950er Jahre Trabantenstädte wie die Nordweststadt in Frankfurt oder Darmstadt Kranichstein als Vororte. Diese zeichneten sich durch eine geringe Arbeitsplatzdichte sowie eine reduzierte Infrastruktur aus und sind auf Grund des hohen Mobilitätsbedarfs als typische Pendlerstätte zu bezeichnen. Die Umsetzung der formulierten Ideale des CIAM-Kongresses führte einerseits zu stadträumlichen Verbesserungen jedoch auch zu erheblichen Verwerfungen im urbanen Stadtgefügen. Während die Stadtquartiere trotz schleichender Umwandlung von den ursprünglichen durchmischten Strukturen in Wohnquartiere stadträumlich profitierten, verödeten die neu entstandenen Stadtteile am Abend und an den Wochenenden. Dies ist zum Beispiel an der ehemaligen Bürostadt Niederrad bei Frankfurt aus den 1960er Jahren zu verdeutlichen. Das ehemalige, monofunktionale Büroquartier wird mittlerweile auf Grund seiner Strukturprobleme um Wohngebäude ergänzt bzw. werden leerstehende Bürobauten für eine Wohnnutzung revitalisiert, um mittels Mischnutzung die Attraktivität des Stadtviertels zu steigern – siehe zuvor genannte Projektbeispiele in Kapitel 1.5.4.

Die entwickelte Monofunktionalität von Gebäuden war und ist bis heute der Preis der Zeit der Hochindustrialisierung; des räumlichen Auseinanderdriftens von Fabrikarbeit, Handelsströmen, öffentlicher Verwaltung und den massenhaften Wohnbedürfnissen [3-11]. Mit Einführung des Städtebauförderungsgesetzes in den 1970er Jahren sollte der Bedeutungsverlust von Stadtzentren und Nebenzentren in ihrer Funktion als soziale, wirtschaftliche, kulturelle und politische Mitte durch finanzielle Mittel des Bundes und der Länder aufgefangen werden. Durch Vielfalt und Funktionsmischung sollen sie im Sinne der Nachhaltigkeit Orte der Begegnung und Identifikation bleiben, so dass Stadtleben zum Stadterlebnis wird. Durch den Erhalt und die Stärkung der vorhandenen Stadtteile kommt der Städtebauförderung eine hohe ökologische Bedeutung zu. Statt Einkaufen in Ladenzentren auf der grünen Wiese sollen sich diese Aktivitäten in den Zentren besser entwickeln können. Denn „die urbanen Qualitäten und abwechslungsreichen Stadtbilder sind weitgehend verschwunden. Der Verlust der alten, dichten und kompakten Stadt, die alle Bereiche des städtischen Lebens auf engem Raum in einer «urbanen Mischung» zusammenfasste, trifft uns alle [3-12].

Unterstützt durch die fortschreitende Deindustrialisierung Europas sehen aktuelle Konzeptionen in der Möglichkeit, monofunktional genutzte Flächen wie ehemalige Fabrikgelände, Güterbahnhöfe oder Frachthäfen wieder für andere Nutzungen zu öffnen, einen gelungenen Beitrag zu lebendigen, durchmischten Stadtquartieren. So entstehen als Gegenmodell monofunktionaler Stadtquartiere auf Quartiersebene und in Gebäuden Kombinationen aus Wohnen mit Arbeiten oder Freizeit und Wohnen. In dicht bebauten Stadtbereichen werden großformatige Gebäudeformen wie Lebensmittelläden



Abbildung 3-3: Markthalle in Rotterdam mit Wohnnutzung im überspannenden Rahmen | MVRDV | Rotterdam (NL) | 2014

Figure 3-3: Market hall in Rotterdam with residential use in the overarching frame | MVRDV | Rotterdam (NL) | 2014

oder Sporthallen mit kleinteiligeren Strukturen wie dem Wohnen im Sinne der Nutzungsvielfalt und angesichts von Wohnraummangel, veränderten Arbeitssituationen, knappen Flächenressourcen und überlasteter Infrastruktur ergänzt – siehe Projektbeispiel in Abbildung 3-3.

Anders als bei reinen Industrie-, Büro- oder Wohngebieten wird hier der öffentliche Raum ganztägig frequentiert. Dies verbessert das Sicherheitsgefühl der Nutzer, was wiederum zu einer höheren Attraktivität des Quartiers beiträgt. Zusätzlich bildet eine gemischt genutzte städtebauliche Struktur die Grundlage für eine Stadt der kurzen Wege als einen wichtigen Beitrag zur Vermeidung von Verkehr und damit von Umweltbelastungen. Nicht zuletzt bieten gemischt genutzte Strukturen günstigere Anpassungsmöglichkeiten an sich ändernde Rahmenbedingungen und sind somit langfristig stabil und attraktiv für Eigentümer, Nutzer und Investoren [3-8].

Auch im kleinen Maßstab kehren Mischnutzungen als Wohn- und Geschäftshäuser zurück in das Straßenbild von Wohnvierteln und eröffnen das Privileg, an einem Ort wohnen und arbeiten zu können. Moderne Kommunikationsmittel erlauben die unabhängige Wahl des Arbeitsplatzes und sichern eine hohe Lebensqualität im städtischen Raum, wenn langwierige Anfahrten zum Arbeitsplatz überflüssig werden. Die Projekte mit halböffentlichen Erdgeschosszonen, die um private Wohnflächen in den oberen Geschossen ergänzt werden, bereichern das nahe Umfeld (Abbildung 3-4).

Mischgenutzte Immobilien sind eindeutig auf dem Vormarsch. Das aktuelle Projektentwicklungsgeschehen in den A-Städten weist fast die Hälfte der zwischen 2015 und 2021 fertiggestellten bzw. zur Fertigstellung vorgesehenen Gebäude mit Büronutzung mit mindestens einer weiteren Nutzung auf. Der Anteil der Nicht-Büroflächen an der Gesamtfläche steigt von 19% bei Objekten aus dem Jahr 2015/16 auf 32 % bei Objekten, die für 2020/21 zur Fertigstellung vorgesehen sind. Mit Mischnutzungen lassen sich heutzutage oft höhere Einnahmen generieren als mit einer Mononutzung. So sind etwa die Wohnungsmieten und -preise in den vergangenen Jahren so stark gestiegen, dass mit einer Wohnnutzung zumindest in den oberen Etagen in vielen Lagen höhere Einnahmen als mit Büroflächen erzielt werden. Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen ist absehbar, dass der Anteil an gemischt genutzten Gebäuden am gesamten Gebäudebestand künftig steigen wird [3-13]. „Mischnutzung ist kein Allheilmittel für die Aufwertung städtischer Quartiere, sondern eine Einladung, sich an einem Denkprozess zu beteiligen. Sie ist ein Angebot, eine notwendige Bedingung und eine Option zur

Vielfalt von neuen Lebensformen. Sie ist eine Chance zur Verbesserung der Lebensqualität und des Wohlbefindens. Mischnutzung kann eine Voraussetzung für eine lebens- und liebenswerte Stadt sein. Sie ist für einen übergeordneten Anspruch die Grundlage für die Entwicklung und Stärkung der *Stadtidentität* [3-12].“ Inwieweit Mischnutzungen im generellen als Lösungsansatz für anpassungsfähige Gebäude funktionieren, soll im Folgenden erläutert werden.



Abbildung 3-4: Wohn- und Geschäftshaus als mischgenutztes Gebäude im Gründerzeitviertel mit den Nutzungen Büro und Wohnen | dominique coulou & associés | Straßburg (F) | 2015

Figure 3-4: Residential and business building as mix-used building in a Gründerzeit-style quarter with the type of use office and living | dominique coulou & associates | Strasbourg (F) | 2015.

3.2.2 Projektbeispiele Mischnutzungen Examples of mixed-use projects

In der Auseinandersetzung mit mischgenutzten Projektbeispielen lassen sich typische Anordnungsvarianten verschiedener Nutzungen in Gebäuden kategorisieren. Als typisches Beispiel sind Gebäude in Innenstadtlagen aufzuzählen, wo sich eine Nutzungsveränderung zwischen Erdgeschoss und den Obergeschossen abbildet. Die Nutzung der Erdgeschosszone ist aus räumlich, funktionaler Sicht auf den vorhandenen Publikumsverkehr ausgelegt. In den oberen Geschossen sind Nutzungsarten wie das Wohnen, Büroflächen oder zum Beispiel Arztpraxen untergebracht, die in der Regel keinen direkten Bezug zum Stadtraum auf Straßenniveau wünschen bzw. benötigen. Die verschiedenen Anordnungsvarianten von Mischnutzungen lassen sich, wie nachfolgend in Abbildung 3-5 dargestellt, in vier Überkategorien zusammenfassen.

- 1) Bei der Anordnungsvariante „*nebeneinander*“ besteht das mischgenutzte Gebäudeensemble aus einzelnen, monofunktionalen Gebäudevolumen, bei denen die Funktionen räumlich unabhängig voneinander festgelegt sind. Die Volumina können dabei in direktem räumlichen Bezug zueinanderstehen oder bei ähnlichem Erscheinungsbild losgelöst voneinander als Ensemble wirken. Diese An-

ordnung ist typisch für Projekte, bei der die städtebauliche Situation einem Baukörper eine gesonderte Aufgabe zukommen lässt, wie beispielhaft das Vorder- und Hinterhaus oder ein städtebaulicher Hochpunkt. Die Gebäudevolumina, die Gebäudestrukturen sowie in Teilen das äußere Erscheinungsbild sind auf die jeweilige Nutzungsart abgestimmt.

- 2) Bei der Variante „*aufeinander*“ werden auf einer monofunktionalen Hauptnutzung abweichende Nebennutzungen aufgesetzt. Die funktionale Anbindung der aufgesetzten Nebennutzung erfolgt über das Volumen der Hauptnutzung, so dass die Voraussetzungen der vertikalen Gebäudeelemente wie die Erschließung oder die Versorgung mit den Medien der TGA aufeinander abgestimmt sein müssen. Aufgesetzte Nebennutzung können Sondernutzung wie Gastronomie, Sport- oder Tagungsbereiche aber auch Wohnnutzungen sein. Die „*ineinander*“-greifende Anordnung monofunktionaler Gebäudevolumen stellt eine Modifizierung der aufeinander gesetzten Variante dar. Die ineinandergreifende Anordnung ermöglicht, auf vertikale Durchdringungen von Erschließungs- und Versorgungselementen im angrenzenden Volumen zu verzichten. Die Anbindung an das Erdgeschoss kann für alle Volumina losgelöst voneinander betrachtet werden. Das Maß der „Verschachtelung“ ist von den Dimensionen und der Kombination der Nutzungsarten abhängig.
- 3) Eine vierte Variante stellen „*übereinander*“ angeordnete Volumina verschiedener Nutzungsarten bei gleichbleibender Grundrissabmessung dar. Die Anforderungen der einzelnen Nutzungsarten sind direkt aufeinander abgestimmt. Besonderes Augenmerk ist auf die vertikalen Durchdringungen zu legen, wie die Position der Gebäudekerne oder die Schächte der TGA. Stark voneinander abweichende Nutzungsarten bedingen Kompromisse in der Funktionalität und der Flächeneffizienz. Die Anordnungsvariante ist vorrangig im Hochhausbau zu finden, wo mittels Mischnutzung das Vermarktungsrisiko zu minimieren versucht wird.

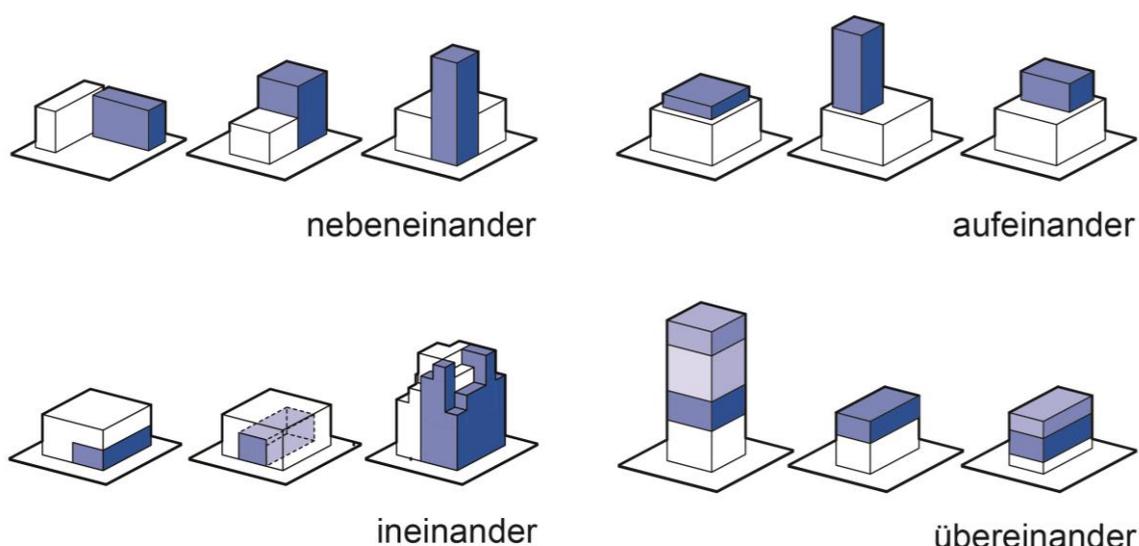


Abbildung 3-5: Anordnungsvarianten mischgenutzter Geschossbauten

Figure 3-5: Arrangement variants of mixed-used multi-storey buildings

Die vier Anordnungsvarianten für Mischnutzungen sind im Sinne einer Anpassungsfähigkeit von Gebäuden unterschiedlich zu bewerten. In den Ansätzen „*nebeneinander*“, „*aufeinander*“ oder „*ineinander*“ sind die einzelnen Gebäudevolumina auf die räumlichen, konstruktiven und funktionalen Anforderungen einer Nutzungsart abgestimmt. In Überschneidungsflächen oder gemeinsam genutzten Gebäudebereichen ist eine Teilabstimmung notwendig. Die Anpassung der monofunktionalen Gebäudestrukturen für abweichende Nachnutzungsarten ist mit deutlichen funktionalen Einschränkungen und einem baulichen Aufwand verbunden. In der Anforderungsvariante „*übereinander*“ müssen bei gleichbleibender Dimension der Geschosse die Anforderungen der Nutzungsarten zu einem Großteil eng aufeinander abgestimmt sein. Mit der Überlagerung der unterschiedlichen räumlichen und funktionalen Anforderungen werden Grundrisse generiert, deren Grundstruktur für verschiedene Nutzungsarten mit geringen Einschränkungen anwendbar sind. Umnutzungsprozesse einzelner Geschosse bzw. des Gebäudes benötigen in dieser Variante keine größeren Anpassungsmaßnahmen.

Die von Investoren geforderte, kurzfristige Reaktionsfähigkeit auf sich verändernde Anforderungen der Nutzungsarten kann durch die Anordnung mehrerer monofunktionaler Gebäudestrukturen nicht erreicht werden. Sie erhöht lediglich die nachhaltig wirkende Diversität im Stadtraum. Erst mit der übereinander gestapelten Anordnung verschiedener Nutzungsarten in einer abgestimmten und somit multifunktionalen Grundstruktur wird der Aufwand für Umnutzungsprozesse reduziert. Am Beispiel vieler Hochhäuser lässt sich diese Eigenschaft darstellen, wo vorrangig im außereuropäischen Raum Hochhäuser grundsätzlich mischgenutzt werden. Die Hauptaufgabe besteht in der Definition eines Gebäudekerns, der die Anforderungen aller einbezogenen Nutzungsarten erfüllt. So wird die Vermarktungsfähigkeit deutlich gesteigert, da einzelne Geschosse je nach Marktsituation auf die gewünschte Nutzung angepasst werden können [3-5].

Für multifunktionale und somit anpassungsfähige Büro- und Geschäftshäuser besteht für Planer die Hauptaufgabe in der Festlegung einer für verschiedene Nutzungsarten nutzbare Gebäudegrundstruktur. Neben der Definition geeigneter Grundrissdimensionen sind vorrangig die vertikalen Elemente wie die Gebäudekonstruktion, Erschließungselemente und die Versorgung mit den Medien der TGA entwurfsentscheidende Elemente. Die verschiedenen räumlichen und funktionalen Abhängigkeiten werden in der folgenden Vorstellung mischgenutzter Projekte kategorisiert und bewertet.

3.2.2.1 Projektbeispiel Mischnutzung „Stadthaus M1“ **Example mixed-used project „Stadthaus M1“**

Das Stadthaus M1 markiert das „Tor“ zum Quartier Vauban in Freiburg im Breisgau – ein teilweise autofreier, von ressourcenschonender Architektur geprägter Stadtteil. Die Planungsaufgabe bestand in der Bebauung eines Grundstückes von ca. 18 m mal 100 m mit Flächen für Wohnungen, einem Hotel sowie kleineren Gewerbeeinheiten.

Der Entwurf sieht auf dem länglichen Grundstück einen getrennten Baukörper vor, der auf die stadträumlichen Gegebenheiten reagiert. Er erlaubt die Fortführung einer bestehenden Wegeverbindung und zugleich eine bessere Belichtung der länglichen Grundrisse. Durch die gemeinsame Formensprache, die Topographie des Daches und

die Fassadengestaltung wirkten die beiden Baukörper visuell wie eine Einheit. Das Hotel steht dem Wohngebäude als etwas erhöhter Kopfbau vor. Der Einschnitt zwischen den Gebäuden wird als sich aufweitender Platz begrünt.

Der Eindruck einer Einheit wird durch die identische Gebäudetiefe und identischer Fassadengestaltung der beiden Baukörper verstärkt. Eine klare Zuordnung zu den Nutzungsarten Hotel oder Wohnen ist von außen kaum erkennbar; die Nutzung der Baukörper wirkt austauschbar. Erst die Grundrissorganisation der beiden Baukörper verdeutlicht die typologischen Merkmale und Unterschiede. Das Wohngebäude ist in zwei Adressen unterteilt und wird als Zweispänner mit mittig liegendem Gebäudekern organisiert. Das Hotel kann mit einem erweiterten Gebäudekern die Zugänglichkeit aller Gästezimmer über den mittig liegenden Flur sicherstellen. Die stark auf die Anforderungen der Typologien ausgerichtete Organisation der Grundrisse erweckt den Eindruck, dass beide Baukörper als monofunktionale Volumen entworfen wurden. Die Wahl einer Stahlbetonskelettkonstruktion mit ausfachenden Wänden als vorgefertigte Holzrahmen-Bauelemente spricht hingegen für die Möglichkeit einer Nachnutzung der Baukörper mittels geringem Aufwand (Abbildung 3-6).



Abbildung 3-6: „Stadthaus M1“ – Mischnutzung mit Wohnen und Hotel | Barkow Leibinger Gesellschaft von Architekten mbH | Freiburg (D) | 2013

Figure 3-6: “Stadthaus M1” – mixed use project with a residential and a hotel use | Barkow Leibinger Gesellschaft von Architekten mbH | Freiburg (D) | 2013

3.2.2.2 Projektbeispiel Mischnutzung „PEMA-headline“ Example mixed-used project “PEMA-headline”

Die Gebäudefigur des Hotel- und Bürohochhauses mit Flächen für Gastronomie und Einzelhandel in unmittelbarer Nähe zum Innsbrucker Hauptbahnhof wird durch einen 5-geschossigen, leicht geknickten, den Straßenraum aufweitenden Sockelbau definiert. Aus dem langgestreckten Sockelbau, der sich an den Traufhöhen der gegenüberliegenden Bebauung orientiert, entwickelt sich ein insgesamt 13-geschossiger Hotel-turm als vertikaler Akzent an einem komplexen, urbanen Kontext. Das beträchtliche Gebäudevolumen ist sorgfältig in die Struktur der Stadt hineinmodelliert worden. Mit der Fassadengestaltung soll einerseits die Farbtemperatur der Umgebung aufgenommen werden und andererseits wird durch die Fassadenbänder der Turm und der Sockelbau als Einheit zusammengefasst. Das Gebäude wird über insgesamt drei Treppenträume erschlossen. Im Gebäudekern des Turms sieht das Erschließungskonzept eine gemeinsame Nutzung für das Hotel, die Büroflächen sowie das gastronomische Angebot im Dachgeschoss vor. Das öffentlich zugängliche Dachgeschoss steht neben

den Nutzern der Büroflächen auch der Innsbrucker Bevölkerung zur Verfügung, um von dort die Aussicht auf die Stadt und das umliegende Bergpanorama zu genießen [3-14]. Konstruktiv ist das Gebäude als Stahlbetonskelett ausgebildet. Die mittlere Stützenreihe ist in seiner Position für die Nutzung als Hotel als auch für einen offenen, flexiblen Bürogrundriss festgelegt. Trennwände zwischen den Nutzungseinheiten werden mittels Ausbau hergestellt. Zentral liegende Gebäudekerne steifen die Konstruktion aus. Die Funktionalität der Geschosse im Turm als Büro und als Hotel lässt eine Umnutzung in die jeweilige andere Nutzung zu. Das identische Fassadenbild des Turmes über alle Geschosse hinweg stützt mögliche Umnutzungsstrategien (Abbildung 3-7).



Abbildung 3-7: „PEMA-headline“ – Mischnutzung mit Büroflächen, Hotel und Gewerbe | Henke Schreieck Architekten ZT GmbH | Innsbruck (AT) | 2012

Figure 3-7: “PEMA headline” – mixed use project with an office, a hotel and a retail use | Henke Schreieck Architekten ZT GmbH | Innsbruck (AT) | 2012

3.2.2.3 Projektbeispiel Mischnutzung „The Mountain Dwellings“ Example mixed-used project “The Mountain Dwellings”

Das in Abbildung 3-8 dargestellte “Mountain Dwellings” in Kopenhagens Ørestad beruht auf der Idee, voneinander unabhängige Bestandteile des Wohnens und Parkens miteinander in einer Symbiose zu verbinden und einen neuen Wohnkomfort zu schaffen. In einem künstlichen Berg von 34 Meter Höhe fusionieren die beiden Typologien zu einer Einheit, stellen sich allerdings zugleich den höchsten Ansprüchen in Hinblick auf Wohnqualität, städtische Infrastruktur, funktionaler Parkplatz am Haus, Wohnen mit Aussicht und eine eigene Terrasse. In dem Duplexhaus fungieren 80 Wohnungen als Bedachung einer viergeschossigen Parkhauskonstruktion, die wie eine Kaskade vom 11. Geschoss bis ins Erdgeschoss in Richtung Süden abfällt. Die Dächer der Wohnungen dienen als begrünte Terrasse der darüber liegenden Wohnung.

Die Zufahrt mit dem Auto in der teilweise 16 m hohen Parkgarage wird bis fast vor die eigene Wohnungstür ermöglicht. Über einen innenliegenden Laubengang erfolgt die Zuwegung in die Wohnungen. Mit dem Durchschreiten der Wohnungstür ereignet sich der Schichtwechsel zwischen Aluminium dominierter, bunter Parkgarage zu von Holzoberflächen geführten Räumlichkeiten des Wohnens.

Die unübliche Stapelung von Parkhaus und Wohnen ist typologisch gesehen ein Zugewinn und ein gelungener Versuch zwei Nutzungsarten unter einer Hülle zu vereinen.

Dabei gibt das auf Effizienz ausgelegte Raster der Parkgarage mit mehr als 450 Stellplätzen dem Gebäude seine Grundstruktur vor. Im Übergang von Parken zum Wohnen können mit den Flächen der Zuwegung zu den Wohnungen strukturelle Abweichungen der beiden Strukturen ausgeglichen werden – die Stapelung zweier Nutzungsarten erfolgt somit über eine anpassbare Fuge [3-15], [3-16].



Abbildung 3-8: „The Mountain Dwellings” – Mischnutzung mit Wohnen und Parken | BIG Bjarke Ingels Group | Kopenhagen (DK) | 2008

Figure 3-8: “PEMA headline” – mixed use project with a residential and a parking use | BIG Bjarke Ingels Group | Copenhagen (DK) | 2008
Projektbeispiel Mischnutzung „Sundbyøster Hall 2“
Example mixed-used project „Sundbyøster Hall 2“

Der markante Baukörper an einer Hauptverkehrsader von Kopenhagens südlichem Stadtteil Sundbyøster vereint drei Funktionen in einer unkonventionellen Kombination (Abbildung 3-9). Supermarkt, Sporthalle und Wohnungen sind übereinander geschichtet zu einer skulpturalen Großform gefügt. Die drei Funktionen sind im differenziert gestalteten Volumen klar ablesbar. Über der verglasten Sockelzone mit Supermarkt und Eingangsbereich faltet sich die Fassade der Sporthalle in vertikale Elemente auf, deren schmale Verglasungen Tageslicht in die Halle leiten. Die Attika des Gebäudes bilden Eigentumswohnungen, die von der Sporthalle akustisch entkoppelt sind. Die Wohnungen erschließt ein Laubengang entlang der Südfassade; kleine, den Wohnungen vorgesetzte Kuben bilden Eingangshöfe. Zentrale Innenhöfe bringen Tageslicht in die 24 m tiefen und schmalen Grundrisse.



Abbildung 3-9: „Sundbyøster Hall 2” – Mischnutzung mit Supermarkt, Sporthalle und Wohnen | Dorte Mandrup A/S | Kopenhagen (DK) | 2015

Figure 3-9: “Sundbyøster Hall 2” – mixed use project with a supermarket, sports hall and a residential use | Dorte Mandrup A/S | Copenhagen (DK) | 2015

Die konstruktiven Schwierigkeiten, eine stützenfreie Sporthalle und die Kleinteiligkeit der aufgesetzten Wohnungen miteinander zu vereinen, wurden durch eine Schottenbauweise gelöst. Die Wohnungstrennwände als Stahlbeton-Überzüge überspannen die Sporthalle in Querrichtung stützenfrei. Ein gemeinsamer Zugang zu den Wohnungen und der Sporthalle im Rücken des Supermarktes erzielte Einsparungen bei der Erstellung der vertikalen Erschließung.

Mit dem hybriden Gebäude ist ein vielfältiger Stadtbaustein entstanden, der in dem stark von Wohnen bestimmten Stadtteil Synergien fördert, ohne dass sich die Nutzungen gegenseitig stören. Als zentraler Begegnungsort durch Supermarkt und Sporthalle stärkt er die nahe Umgebung. Die Sichtbarkeit der Aktivitäten in der Sporthalle fördert die Interaktion zwischen dem Stadtbaustein und dem öffentlichen Straßenraum [3-17], [3-18].

3.2.2.4 Projektbeispiel Mischnutzung „Timmerhuis“ Example mixed-used project „Timmerhuis“

Im Jahr 2009 schrieb die Stadt Rotterdam einen Wettbewerb für einen Neubau aus, der die Büros der Stadtverwaltung bündelte und gleichzeitig dem Wohnungsmangel in der Stadt etwas entgegensetzen sollte. Mit einer Höhe von 60 Metern füllte das Siegerprojekt das innerstädtische Grundstück, hinter dem denkmalgeschützten „Stadstimmerhuis“, fast vollständig als modulares Gebäude aus (Abbildung 3-10). Während ein winkelförmiger Bestandsbau im Rahmen der Baumaßnahmen saniert und mit dem Neubau an mehreren Stellen verbunden wurde, musste ein Erweiterungsbau aus den 1970er-Jahren weichen. An seiner Stelle stapeln sich nun Glaskisten übereinander, in denen die untersten fünf Etagen die Büroräume der Behörde einnehmen. Darüber verteilen sich 84 Wohnungen. Von außen lässt die gerasterte Fassade kaum Rückschlüsse auf die unterschiedliche Nutzung im Inneren zu. Im Gebäudeinneren bricht die Rasterung der Außenhülle auf. Stattdessen entfaltet sich eine Weite mit großen Atrien und einer hohen Passage, die beide Straßenseiten miteinander verbindet und als Verteiler zu den Wohnungen und Büros fungiert. Sie bildet das Gebäudezentrum und ist gleichzeitig tageslichtdurchströmter Treffpunkt für Beamte, Flaneure und Bewohner. Die Atrien ermöglichen Blickbeziehungen zwischen den Geschossen und unterstreichen das Entwurfsleitmotiv „Mixed-Use“.



Abbildung 3-10: „Timmerhuis“ – Mischnutzung mit Büroflächen, Wohnen und Gewerbe | OMA | Rotterdam (NL) | 2015

Figure 3-10: “Timmerhuis” – mixed use project with an office, a residential and a retail use | OMA | Rotterdam (NL) | 2015

Aufgrund der Anordnung der Kuben mussten die Architekten jede Wohnung einzeln planen; es gleichen sich lediglich sechs der 84 Wohnungen. Die Kuben bieten in verschiedenen Kombinationen passende Wohnungsgrößen für verschiedene Nutzergruppen an. Die Bürogeschosse sind offen gestaltet und werden lediglich durch Besprechungsbereiche, Sitzgruppen und Teeküchen gegliedert; feste Arbeitsplätze für die Angestellten gibt es nicht.

Das Primärtragwerk des Gebäudes besteht aus einem Stahlgerüst mit den Rastermaßen 7,20 x 7,20 x 3,60 m, das an verschiedenen Stellen in Erscheinung tritt. Mit der

Festlegung von knapp 50 m² großen Rastereinheiten definieren die Architekten Raumgrößen, die in verschiedenen Zusammenschlüssen das geforderte Raumprogramm für Wohnungen sowie für Büroflächen erfüllen. Die gemeinsame Erschließung in den beiden Gebäudekernen fördert den Austausch zwischen Bewohnern und den Beamten. Zusätzlich bietet es die Möglichkeit Teilgeschosse jeweils der anderen Nutzungsart zuzuschlagen [3-19], [3-20].

3.2.2.5 Projektbeispiel Mischnutzung „Bethanien“ Example mixed-used project „Bethanien“

Ein zwölfstöckiger Neubau als schmale 40 m hohe Hochhausscheibe der Diakonie Bethanien beherbergt in Zürich-Altstetten unterschiedlichste Nutzungen mit generationsübergreifenden Angeboten. Neben einer Pflegestation entstehen Arztpraxen, Räumlichkeiten für Physiotherapie, eine Kinderkrippe, Verwaltungsflächen mit einem Mitarbeiterrestaurant und ein Hotel mit knapp 90 Zimmern. Des Weiteren werden Büroflächen in diversen Größen zur Vermietung an Dritte angeboten. Im Erdgeschoss befinden sich ein Restaurant, eine Lounge und ein Konferenzbereich. Das Nutzungsangebot ist auf den Ort ausgerichtet, der mit Dienstleistungs- und Wohnbauten durchsetzt ist, und soll einen neuen Quartierstreffpunkt schaffen.

Mit linear angeordneten Kernen und einer tragenden Fassade ist das Gebäude stützenfrei konzipiert. Kerne und Außenfassade bilden dabei ein robustes Raumsystem, welches den spezifischen aber auch unvorhergesehenen Nutzungen eine große Freiheit zugesteht. Mittels Leichtbau können die Nutzungsräume der verschiedenen Nutzungen entsprechend im flexiblen Raumangebot unterteilt werden. Die Fassade folgt einem ruhigen und gleichmäßigen Raster und ermöglicht so, die Diversität kommender Ausbauten für Nutzungen zu unterstützen. Angelehnt an die urbane Architektur der Umgebung wirkt das Projekt wie aus einem Guss gebaut. Sichtbeton, Eichenholz, Lehmputz und Glas setzen ein Zeichen für ein ehrliches, zeitloses Design (Abbildung 3-11) [3-21].



Abbildung 3-11: „Bethanien“ – Mischnutzung mit Büroflächen, Wohnen und Gewerbe | E2A Architekten ETH BSA SIA AG | Zürich (CH) | 2017

Figure 3-11: “Bethanien” – mixed use project with an office, a residential and a retail use | E2A Architekten ETH BSA SIA AG | Zurich (CH) | 2017

3.2.3 Erkenntnisse Mischnutzungen **Knowledge of mixed-use projects**

Mischnutzungen sind für die zukünftige Entwicklung der Städte sehr wichtig, denn mit der Vielfalt entstehen belebte Quartiere und Nachbarschaften. Je vielfältiger mischgenutzte Projekte in sozialer, ökonomischer und ästhetischer Hinsicht konzipiert sind, desto reicher und lebendiger kann das städtische Leben sein. Mit öffentlichen Nutzungen und Dienstleistungen wird das nahe Bewohnerumfeld direkt angesprochen; eine Plattform des Austausches geschaffen. Sind Wohnnutzungen in das mischgenutzte Projekt einbezogen sind die öffentlichen und halböffentlichen Bereiche gegenüber den privaten Rückzugsorten sorgsam anzuordnen und zu gestalten. In Einzelfällen ist eine gemeinsame Nutzung von halböffentlichen Bereichen denkbar.

Doch mischgenutzte Projekte sind deutlich komplizierter, da eine erhöhte Zahl an Interessen, Bauvorschriften und Beteiligter in den Planungsprozess einzubeziehen sind. Zusätzlich erschweren abweichende Dimensionen, Organisationsstrukturen oder Fassadenanforderungen die Vereinbarkeit verschiedener Nutzungsarten. Mit jeder zusätzlich einbezogenen Nutzungsart multiplizieren sich die Anforderungen. Dies erschwert den Entwurfsprozess, da eine Vielzahl an weiteren Anforderungen in ein stimmiges Gefüge zusammengeführt werden muss. Welche Wege hierfür möglich sind, verdeutlichen die zuvor beschriebenen Projekte eindrucksvoll. Anhand der abweichenden Anforderungen der Nutzungsarten generieren die Planer aus organisatorischer, funktionaler aber auch Sicht des Tragwerks oder Fassadengestaltung Lösungsansätze, die aus einer vermeintlichen Problemstellung Synergieeffekte erzeugen.

In welchem Masse die Gebäudestrukturen von Mischnutzungen anpassungsfähig sind, hängt von den einbezogenen Nutzungsarten ab. Eine Sporthalle ist aus Belichtungs- und Belüftungstechnischen Gründen und auf grund der Raumhöhe schwer in eine Wohnnutzung umzufunktionieren; eine Parkgarage als Kaltraum kann nicht bewohnt werden. Die Konzepte einiger Mischnutzungen verdeutlichen jedoch, dass mögliche Nachnutzungsstrategien bewusst in die Planung aufgenommen wurden, um im Falle eines gescheiterten Betreiberkonzeptes die Flächen entsprechend umzufunktionieren zu können. Dies ist vor allem dann gut umzusetzen, wenn sich die räumlichen, funktionalen und baurechtlichen Rahmenbedingungen der (Nach-)Nutzungsarten ähneln.

3.3 Baurecht **Building law**

Die beispielhaft dargestellten Projekte verdeutlichen das Potential, das gemischt genutzte Projekte mit dem differenzierten Raumangebot, mit ihren Funktionen für das Stadtquartier oder die nahe Umgebung sowie den Nutzen der beteiligten Akteure vom Investor bis hin zum späteren Nutzer erzeugen. Bei den Projekten dieser Größenordnung ist Pionierarbeit gefragt, denn derzeit erschweren rechtliche Grundlagen oftmals die Mischnutzung. Flächennutzungspläne und Bebauungspläne sehen für Gebiete und Parzellen häufig monofunktionale Nutzungen vor, in denen nur in Ausnahmen abweichende Nutzungskombination zulässig sind. Die Überarbeitung der baurechtlichen Vor-

gaben könnte die Basis dafür schaffen, dass künftig neben den aktuellen Leuchtturmprojekten, die häufig als Impulsgeber oder „Urban Motor“ eingesetzt werden, auch die vielfältigen, kleinteiligen und eher alltäglichen Projekte als mischgenutztes Angebot leichter realisiert werden können, die ein vitales Stadtgefüge entstehen lassen [3-22].

3.3.1 Bauleitplanung Urban land-use planning

Das Baugesetzbuch (BauGB) geht im Grundsatz von einer Zweistufigkeit der Bauleitplanung aus, auf die Gemeinden bei der Gestaltung und Umsetzung ihrer städtebaulichen Ideen zurückgreifen. Auf Grundlage von vorbereitenden Bauleitplänen gem. den §§ 5-7 BauGB als Flächennutzungspläne (siehe Beispiel in Abbildung 3-12), sind im zweiten Schritt verbindliche Bauleitpläne gem. §§ 8-10 BauGB als Bebauungspläne von den Gemeinden zu entwickeln bzw. festzusetzen. Mit der Baunutzungsverordnung (BauNVO) legt der Gesetzgeber die Vorschriften für die Erstellung der Bauleitpläne durch die Gemeinden fest. In den Flächennutzungsplänen werden in groben Zügen die Nutzungsabsicht für sämtliche Grundstücke einer Gemeinde für einen Zeitraum von ca. 10 bis 15 Jahren beschrieben. Sie setzen den Rahmen, aus dem heraus der Bebauungsplan für ein eng umgrenztes Teilgebiet der Gemeinde rechtsverbindliche Festsetzungen treffen kann [3-23].

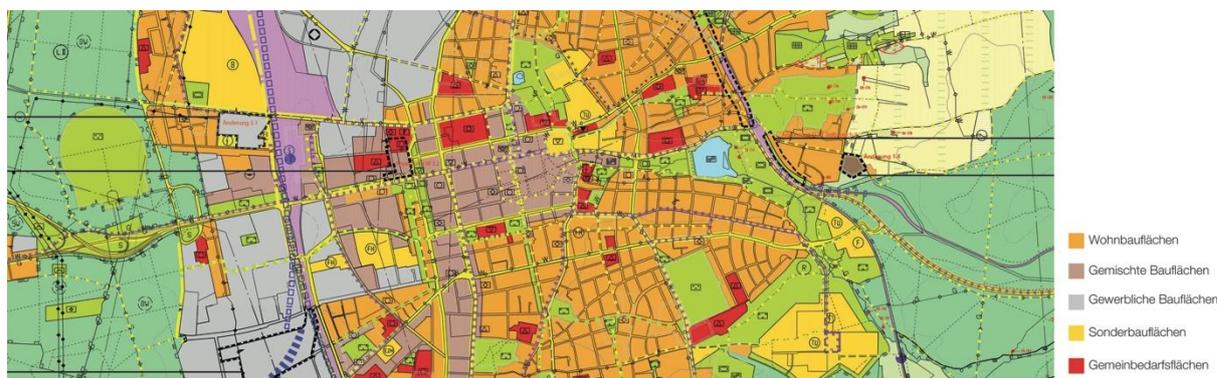


Abbildung 3-12: Auszug aus dem Flächennutzungsplan der Stadt Darmstadt

Figure 3-12: Extract of the land-use plan, city of Darmstadt

Die BauNVO gliedert sich in drei Abschnitte. Der erste Abschnitt beschreibt die Art der baulichen Nutzung für zur Bebauung vorgesehenen Flächen. Dabei wird zwischen Bauflächen in den Flächennutzungsplänen und Baugebieten in den Bebauungsplänen unterschieden. Die Bauflächen gliedern sich gem. Tabelle 3-1 in Wohnbauflächen (W), gemischte Bauflächen (M), gewerbliche Bauflächen (G) und Sonderbauflächen (S). Gemäß §1 Abs. 2 der BauNVO werden diese in den Bebauungsplänen konkretisiert und in den §§ 2-14 zulässige Nutzungsarten bzw. -kombinationen festgelegt. Abschnitt zwei und drei der BauNVO beschäftigen sich mit dem Maß der baulichen Nutzung bzw. mit der Bauweise und der überbaubaren Grundstücksfläche.

Der Vergleich der Baunutzungsverordnung in seiner Erstfassung von 1962 mit der aktuellen Fassung aus dem November 2017 verdeutlicht wie stark diese erste Fassung vom Leitbild der Funktionstrennung gemäß den Inhalten der Charta von Athen geprägt

war. Während die Erstfassung mit ihren Festsetzungen über die Art der baulichen Nutzungen wenig Spielraum für eine Funktionsmischung einräumte, ist im Zuge der Novellierungen die Funktionstrennung im Städtebau aufgeweicht worden. Dies ist bereits an Hand von Ergänzungen bzw. Streichungen in den Paragraphen der BauNVO erkennbar. Lautet es in der Erstfassung beispielsweise noch in §3 BauNVO: „Reine Wohngebiete dienen ausschließlich dem Wohnen“ so wird das reine Wohngebiet in der aktuellsten Fassung folgendermaßen definiert: „Reine Wohngebiete dienen dem Wohnen“. Bereits in Absatz 2 werden Anlagen zur Kinderbetreuung und Anlagen, die den Bedürfnissen der Bewohner des Gebietes dienen, ergänzend zum Wohnen zugelassen. Für diese mussten in der Erstfassung der BauNVO Ausnahmegenehmigungen gestellt werden. Zusätzlich werden in der aktuellen Fassung Ergänzungen des §1 durch die Absätze 6 bis 10 vorgenommen, die wiederum den Absatz 5 um weitere Aspekte der Funktionsmischung vervollständigen.

Tabelle 3-1: Übersicht über zulässige Nutzungskombinationen der Baunutzungsverordnung
Table 3-1: Overview of permitted combinations of uses in the Federal Land Utilization Ordinance

		Wohngebäude	Läden, Gaststätten	kirchliche, kulturelle, gesundheitliche soziale, Sportanlagen	Hotels, Pensionen	Tankstellen	Nicht störende Handwerksbetriebe	Nicht störendes Gewerbe	sonstiges Gewerbe	Verwaltungsgebäude	Geschäfts- und Bürogebäude	Vergnügungstätten	Land- und forstwirtschaftliche Betriebe	Nutzgärten, Gartenbetriebe	Lagerhäuser und -plätze	Industriebetriebe
Wohnbaufläche	Kleinsiedlungsgebiete (WS)	●	●	●		●	●	●						●		
	reine Wohngebiete (WR)	●	●	●	●											
	allgemeine Wohngebiete (WA)	●	●	●	●	●	●	●								
	besondere Wohngebiete (WB)	●	●	●	●	●			●	●	●	●		●		
gemischte Bauflächen	Dorfgebiete (MD)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Mischgebiete (MI)	●	●	●	●	●			●		●	●		●		
	urbane Gebiete (MU)	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●				
	Kerngebiete (MK)	●	●	●	●			●		●	●	●				
gewerbliche Bauflächen	Gewerbegebiete (GE)	●		●		●	●	●	●	●	●	●			●	
	Industriegebiete (GI)	●		●		●	●	●	●						●	●
Sonderbauflächen	Sondergebiete (SO)															

In der Festsetzung der Nutzungsarten in den verschiedenen Baugebieten sind in den Novellierungen schrittweise Ergänzungen von Nutzungsarten vorgenommen worden, die eine höhere Funktionsmischung erlauben und dadurch gesündere Wohnverhältnisse in den Städten schaffen sollten. Die §§ 4a BauNVO „Gebiete zur Erhaltung und Entwicklung der Wohnnutzung (besondere Wohngebiete)“ und 6a BauNVO „Urbane Gebiete“ zielen dabei im Besonderen auf eine höhere Funktionsmischung, um eine höhere Attraktivität von Planungsgebieten zu erzeugen bzw. zu erhalten. Mit dem § 6a

BauNVO, der erst mit der aktuellsten Novellierung aufgenommen wurde, wird der Begriff der Nutzungsmischung explizit erwähnt. Damit soll unter anderem Wohnungsbau auch an verdichteten und funktional durchmischten Standorten erleichtert werden. Er muss dabei nicht in einem ausgewogenen Verhältnis zu anderen Funktionen stehen. Die Vorgaben für die Grundflächenzahl (GRZ) und Geschossflächenzahl (GFZ) lassen eine höhere Ausnutzung zu und die Immissionsrichtwerte liegen über denen von Kern- und Mischgebieten.

Auch wenn die Vorschriften eine Gemeinde nicht auf das Leitbild der Funktionstrennung festlegt, da es dem Planungsentwickler in der Wahl der Baugebiete und deren Dimensionierungen sowie in der Zuordnung der Baugebiete zueinander und zu den Flächen anderer Nutzungen frei bleibt, haben sich in vielen Städten die zuvor beschriebenen monofunktionalen Stadtgebiete entwickelt. Mit der letzten Novellierung und der Ergänzung um die Nutzungsart „Urbane Gebiete“ hat der Bundesgesetzgeber den Weg für eine höhere Diversität im Stadtraum und somit eine nachhaltige Stadtentwicklung baurechtlich vereinfacht. So wie bereits für Kerngebiete gemäß §7 BauNVO ist für urbane Gebiete gemäß §6a die Möglichkeit der horizontalen Gliederung des Baugebietes vorgesehen. Für solche Gebiete kann festgesetzt werden, dass in Gebäuden im Erdgeschoss an der Straßenseite eine Wohnnutzung nicht oder nur ausnahmsweise zulässig sein soll, während oberhalb eines im Bebauungsplans bestimmten Geschosses nur Wohnungen zulässig sein sollen. Weiter kann festgesetzt werden, dass im Bebauungsplan ein bestimmter Anteil der zulässigen Geschossfläche oder an im Bebauungsplan bestimmte Größe der Geschossfläche für gewerbliche Nutzung zu verwenden ist. Insgesamt soll durch die Festsetzungen die Konzentration auf die Innenentwicklung gerichtet sein und die Flächeninanspruchnahme im Außenbereich reduziert werden.

Mit der gezielten Festlegung für Mischnutzungen können Entwicklungen von Stadtgebieten vom Planungsentwickler stärker gesteuert oder gefördert werden. Jedoch sieht das Überleitungsrecht die Anwendung der geänderten Vorschriften grundsätzlich nur für Planungen nach Inkrafttreten der Änderungsverordnung vor, so dass für die seit 1962 erlassenen Bebauungspläne jeweils die Fassung der BauNVO gültig ist, die zum Zeitpunkt der öffentlichen Auslegung des Planentwurfs galt [3-24]. So fußen Flächennutzungspläne und Bebauungspläne strukturschwacher Gemeinden und Städte, die nicht in dem empfohlenen Zeitraum von 10 bis 15 Jahren fortgeschrieben werden, auf älterem Planungsrecht. Die Erhöhung der Diversität der Nutzungen ist hier erst über einen komplexen, langwierigen Veränderungsprozess des lokalen Baurechts möglich.

3.3.2 Bauordnung Building regulations

Das Bauordnungsrecht ist neben dem Bauplanungsrecht ein Teilbereich des öffentlichen Baurechts und wird von den Bundesländern insbesondere in den Landesbauordnungen geregelt, da Bauordnungsrecht Länderrecht ist. Der Zweck im Bauordnungsrecht liegt in der Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung von Bauvorhaben. Damit die Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Bundesländer im Bauwesen nicht zu weit auseinanderklaffen und um einen einheitlichen Vollzug der Gesetze sicher zu stellen, haben die Bundesländer die Konferenz der für Städtebau,

Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (ARGE-BAU) oder kurz Bauministerkonferenz gegründet. Diese stimmt sich über eine Musterbauordnung (MBO) [3-25] ab, die die Grundlage für die Landesbauordnungen darstellt und durch die Parlamente der einzelnen Bundesländer erlassen werden. Um im Forschungsvorhaben nicht auf länderspezifische Abweichungen einzugehen, beziehen sich die bauordnungsrechtlichen Angaben auf die aktuellste Fassung der MBO und weiterer Musterverordnungen bzw. -richtlinien.

Die MBO gliedert sich in einen formellen und einen materiellen Teil. Der formelle Teil trifft Regelungen über die Bauaufsichtsbehörden und über das bauaufsichtliche Verwaltungsverfahren. Im materiellen Teil ist nach dem Anwendungsbereich und den Begriffsbestimmungen – wie bauliche Anlage, Gebäude, Vollgeschoss, usw. – die bauordnungsrechtliche Generalklausel geregelt. Er enthält Regelungen im Hinblick auf die Errichtung, Erhaltung, Änderung, Nutzung und den Abbruch baulicher Anlagen – hier im Besonderen der Gefahrenabwehr im Baubereich wie beispielsweise die Anforderungen an die Beschaffenheit baulicher Anlagen, an die Standsicherheit von Gebäuden, an die Beschaffenheit von Baumaterialien oder an den vorbeugenden Brandschutz. Zusätzlich werden soziale Mindeststandards gewährleistet, in dem Mindestanforderungen an Aufenthaltsräume unter dem Gesichtspunkt des Gesundheitsschutzes und der Barrierefreiheit gestellt werden.

Um die Landesbauordnungen bzw. die MBO als Grundlage nicht mit Detailregelungen zu überlasten, ist sie darauf ausgerichtet, durch Rechtsverordnungen, örtliche Bauvorschriften und Verwaltungsvorschriften ergänzt zu werden. Alle Landesbauordnungen enthalten entsprechende Ermächtigungstatbestände. Diese Rechtsverordnungen regeln einerseits Anforderungen, die vorrangig dem Verfahren dienen, zum anderen präzisieren sie materielle Anforderungen [3-26].

Für die Errichtung, Änderung und Nutzungsänderung von baulichen Anlagen fordert die MBO kein Genehmigungsverfahren, wenn es gemäß § 62 MBO „im Geltungsbereich eines Bebauungsplanes im Sinne des [...] Baugesetzbuches (BauGB) liegt, es den Festsetzungen des Bebauungsplanes nicht widerspricht, die Erschließung im Sinne des BauGB gesichert ist und die Gemeinde nicht innerhalb der Frist [...] erklärt, dass das vereinfachte Baugenehmigungsverfahren durchgeführt werden soll oder eine vorläufige Untersagung [...] beantragt.“ Welche baulichen Anlagen unter die Genehmigungsfreiheit fallen, wird in den Landesbauordnungen abhängig von der Nutzungsart, Zuordnung zu Gebäudeklassen oder Festlegung als Nebengebäude oder -anlage spezifiziert. Sonderbau-Tatbestände gem. §2 Absatz 4 der MBO fallen grundsätzlich nicht unter diese Regelung und sind daher stets genehmigungspflichtig.

Ist eine Genehmigung erforderlich, wird in den Angaben des Bauantragsformulars unter anderem das Bauvorhaben nach Art und Nutzung beschrieben. Diese können verschiedenen Kategorien zugeordnet werden, wobei zwischen öffentlicher und privater Nutzung zu unterscheiden ist. Weiter werden Bauvorhaben nach §2 Absatz 2 MBO Gebäudeklassen zugeordnet. Die Klassifizierung bedingt unterschiedliche Anforderungen an die Qualität von Bauteilen und an die Dimension von Räumen. Mit der Definition der Nutzungsart wird unter anderem auch die Hinzunahme von Sonderbauverordnungen und -richtlinien geregelt. Diese präzisieren die baurechtlichen Vorgaben für die

Errichtung und Änderungen von geregelten Sonderbauten, um die allgemeinen Schutzziele zu erreichen. Die Anforderungen in den Sonderbauverordnungen und -richtlinien sind in der Regel höher einzustufen als die Anforderungen der MBO. Eine Veränderung eines Büro- oder Geschäftshauses in eine Nutzungsart, die einen Sonderbautatbestand festlegt, kann je nach baurechtlicher Ausgangslage, die Qualität von Bauteilen bis hin zum Tragwerk verändern. Dieser baurechtlich festgelegte Tatbestand kann zum Ausschlusskriterium für eine Nutzungsänderung führen.

Inwieweit die Errichtung sowie die Veränderungen am Gebäude und die Nutzungsänderung von multifunktionalen Büro- und Geschäftshäusern gemäß den Bauordnungen genehmigungspflichtig sind, hängt von den länderspezifischen Definitionen in den jeweiligen Landesbauordnungen sowie den in Betracht gezogenen Nutzungsarten ab. Während die Begriffe Errichtung, d.h. erstmalige Herstellung einer baulichen Anlage, und Änderung, d.h. die bauliche Veränderung (einschließlich des Abbruchs) einer baulichen Anlage, relativ einfach abzugrenzen sind, ist die begriffliche Erfassung der Nutzungsänderung deutlich komplexer. Auszugehen ist immer davon, dass bei der (erstmaligen) Genehmigung eines Gebäudes nicht nur dessen technische Errichtung, sondern auch eine bestimmte dem Gebäude zugeordnete Nutzung genehmigt und festgelegt wird. Dabei können auch unterschiedliche Nutzungsarten für Teile von größeren Gebäuden festgesetzt werden.

Unter der Nutzungsänderung einer baulichen Anlage ist eine Änderung der Nutzungsweise zu verstehen, durch die der Anlage eine von der bisherigen Nutzung abweichende Zweckbestimmung gegeben wird. D.h. die ihr bisher zugewiesene Funktion wird in rechtserheblicher Weise geändert – es wird die Genehmigungsfrage neu aufgeworfen (gem. Urteil vom Bundesverwaltungsgericht vom 11.11.1988). Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass eine Nutzungsänderung nicht eine bauliche Veränderung des Gebäudes voraussetzt. Auch ohne bauliche Veränderung ist eine Nutzungsänderung dann gegeben, wenn an die neue Nutzungsart durch das öffentliche Baurecht andere, insbesondere weitergehende Anforderungen als an die bisherige Nutzung gestellt werden. Bauordnungsrechtlich kann beispielsweise durch eine neue Nutzungsart eine Anpassung der Raumhöhe, der Anzahl von Notausgängen, der Anforderungen von sanitären Anlagen, der Brand- und Schallschutzbestimmungen, der Arbeitsschutzrichtlinien oder des Stellplatzbedarfs erforderlich werden [3-27]. Sinnvoll ist daher eine Genehmigung zu beantragen, die eine bestimmte Variationsbreite in der Nutzung zulässt. Die Genehmigung eines Vorhabens als „Blumenladen“ lässt nur den Einzelhandel mit Blumen und Grünpflanzen zu. Bei einer Änderung des Sortiments müsste an eine erneute Baugenehmigung gedacht werden. Wo hingegen die Genehmigung eines Vorhabens als „Einzelhandelsgeschäft“ den Einzelhandel mit beliebigen Waren zulassen würde [3-26].

Der Begriff der Nutzungsänderung wird auch im Bauplanungsrecht verwendet. § 29 Abs. 1 BauGB enthält einen selbständigen Begriff der Nutzungsänderung, der nicht deckungsgleich ist mit dem Begriff der Nutzungsänderung im Sinne der Landesbauordnungen. Um eine Nutzungsänderung im Sinne des Bauplanungsrechts handelt es sich dann, wenn die bodenrechtliche Qualität der bisher zulässigen Nutzung geändert wird. Bei der Beurteilung spielt nicht nur das konkrete Vorhaben eine Rolle, sondern

auch das planungsrechtliche Gebiet, in dem die Nutzungsänderung stattfindet. Nutzungsänderungen in einem reinen Wohngebiet erreichen wegen der engen Zweckbestimmung des Gebietes eher die Schwelle der bauplanungsrechtlich relevanten Nutzungsänderung als Nutzungsänderungen in eher unempfindlichen Gewerbe- oder Industriegebieten [3-26].

Die Multifunktionalität oder der Begriff der Mischnutzung werden im Bauordnungsrecht nicht separat betrachtet, daher sind für Nutzungskombinationen jeweils die baurechtlichen Grundlagen aller Nutzungsarten in Betracht zu ziehen. Um bauliche Anpassungen und bauordnungsrechtlichen Aufwand im Umnutzungsprozess zu minimieren, sind für multifunktionale Büro- und Geschäftshäuser die baurechtlichen und baukonstruktiven Anforderungen aller in Betracht gezogenen Nachnutzungsarten in den Planungsprozess einzubeziehen. Da diese voneinander abweichen können, sind im Sinne einer hohen Anpassungsfähigkeit die jeweils höchsten Anforderungen maßgebend. Sprechen ökonomische Gründe dagegen, sollten für einen Umnutzungsprozess zumindest ergänzende bauliche Maßnahmen, die ohne größeren Eingriff zu realisieren wären, in Betracht gezogen werden.

3.3.3 Energieeinsparverordnung Energy saving regulations

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) begrenzt den zulässigen Energiebedarf von temperierten Gebäuden. Sie stellt ein wichtiges Instrument der deutschen Energie- und Klimapolitik dar und trägt dazu bei, dass die energiepolitischen Ziele der Bundesregierung, insbesondere ein nahezu klimaneutraler Gebäudebestand bis zum Jahre 2050, erreicht werden. Die EnEV wurde erstmalig zum Februar 2002 eingeführt und seither mehrfach novelliert. Die letzte große EnEV-Novelle erfolgte mit Inkrafttreten zum Mai 2014 durch die „Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung“ vom 18. November 2013. Anlässe dieser Novelle waren die Umsetzung der neugefassten EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden sowie die politischen Vorgaben des Bundeskabinetts zum Energiekonzept von September 2010 [3-28] und zur Energiewende von Juni 2011. In die aktuelle Fassung von 2014 wurden bereits Verschärfungen des Primärenergiebedarfs für technische Anlagen sowie des Wärmeschutzes der Gebäudehülle aufgenommen, die seit dem Januar 2016 gültig sind.

Die Zusammenführung der Heizungsanlagenverordnung und der Wärmeschutzverordnung zu einer gemeinsamen Verordnung erweiterte den bisherigen energetischen Bilanzierungsrahmen. Zum einen werden mit Einbeziehung der Anlagentechnik in die Energiebilanz auch die bei der Erzeugung, Verteilung, Speicherung und Übergabe der Wärme entstehenden Verluste berücksichtigt. Zum anderen wird der Energiebedarf primärenergetisch bewertet, indem durch Gewinnung, Umwandlung und Transport des jeweiligen Energieträgers entstehenden Verluste mittels eines Primärenergiefaktors in die Energiebilanz des Gebäudes Beachtung finden. Der erweiterte Rahmen ermöglicht es, in der Gesamtbilanz eines Gebäudes den Faktor Anlagentechnik und den Faktor baulicher Wärmeschutz zu verrechnen. Die Hauptanforderungsgröße für Neubauten ist in der EnEV der Jahresprimärenergiebedarf im Vergleich zu einem Referenzgebäude gleicher Geometrie, Abmessung und vorgegebenen technischen Eigenschaften. Zu-

sätzlich ist ein vom Gebäudetyp abhängiger Grenzwert für die auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverluste des Referenzgebäudes einzuhalten.

Die EnEV bildet die gesetzliche Grundlage für Wärmeschutznachweise, die je nach Baurecht der Länder für Bauvorlagen erforderlich sind. Mittels eines Energieausweises lässt sich die Einhaltung der energetischen Kennwerte von Gebäuden feststellen; die Ausstellung ist für Gebäude mittlerweile gesetzlich vorgeschrieben. Die dargestellten Angaben auf den Energieausweisen unterscheiden sich je nach Nutzungsart leicht voneinander, denn die EnEV unterscheidet in ihren Begriffsbestimmungen gem. §2 EnEV nach Wohngebäuden, „die nach ihrer Zweckbestimmung überwiegend dem Wohnen dienen, einschließlich Wohn-, Alten- und Pflegeheimen sowie ähnlichen Einrichtungen“ und nach Nichtwohngebäuden. In diese Kategorie fallen gem. Anlage 2 EnEV unter anderem Bürogebäude, Verkaufsstätten, Gewerbebetriebe, Schulen, Kinderbetreuungsstätten, Bibliotheken, Beherbergungsstätten oder Sportstätten. In gemischtgenutzten Gebäuden sind die Gebäudeteile mit Wohn- und Nichtwohnnutzung nach §22 EnEV unter bestimmten Umständen getrennt zu behandeln. Hier heißt es in Satz 1 „Teile eines Wohngebäudes, die sich hinsichtlich der Art ihrer Nutzung und der gebäudetechnischen Ausstattung wesentlich von der Wohnnutzung unterscheiden und die einen nicht unerheblichen Teil der Gebäudenutzfläche umfassen, sind getrennt als Nichtwohngebäude zu behandeln.“ Die getrennte Behandlung erfolgt nur, wenn alle drei Kriterien erfüllt sind. Andernfalls ist das Gebäude gem. EnEV als Wohngebäude einzustufen. §22 Satz 2 EnEV definiert den gegenteiligen Fall und definiert: „Teile eines Nichtwohngebäudes, die dem Wohnen dienen und einen nicht unerheblichen Teil der Nettogrundfläche umfassen, sind als Wohngebäude zu behandeln.“ Die getrennte Behandlung von Wohnnutzungen in Nichtwohngebäuden ist unabhängig von der gebäudetechnischen Ausstattung. Einziges Kriterium ist hier der nicht unerhebliche Anteil der Nettogrundfläche. Wohnnutzungen in Nichtwohngebäuden mit einem Anteil über 10% der Gebäudenutzfläche werden in der Regel getrennt behandelt.

Die Einstufung als Wohngebäude oder Nichtwohngebäude hat für „Zu errichtende Gebäude“ gem. Absatz 2 EnEV Auswirkung auf den Wärmeschutz und die Eigenschaften der Technischen Anlagen. Die Anforderungen an den Jahres-Primärenergiebedarf der technischen Anlagensysteme und der Bauteile des Referenzgebäudes gem. den Anlagen 1 und 2 EnEV weichen für Wohngebäude bzw. für Nichtwohngebäude je nach Raum-Solltemperaturen im Heizfall gem. Tabelle 3-2 voneinander ab. Für Nichtwohngebäude werden ergänzend Referenzwerte für bestimmte Bauteile und Systeme definiert, die lediglich für die als Nichtwohngebäude definierten Nutzungsarten zur Anwendung kommen. In der energetischen Erfassung wird für die beiden Kategorien die anzusetzende Fläche abweichend voneinander ermittelt. Die Anforderungen an Wohngebäude beziehen sich auf die Gebäudenutzfläche, die sich als abstrakte Größe über das beheizte Gebäudevolumen und einem von der durchschnittlichen Geschosshöhe abhängigem Beiwert ermitteln lässt. Für Nichtwohngebäude sind die Anforderungen auf die Nettogrundfläche zu beziehen, die sich aus der Nutzungsfläche, den Verkehrsflächen sowie den Funktionsflächen zusammensetzt.

Tabelle 3-2: Ausführungsvorgaben an den Wärmedurchgangskoeffizienten für wärmeübertragende Umfassungsflächen des Referenzgebäudes gem. EnEV 2016 [3-29]

Table 3-2: Construction specifications to the heat transmission coefficient for the heat transferring perimeter surface of the reference building in accordance with the EnEV 2016 [3-29]

Bauteil / System	Wärmedurchgangskoeffizient [W/(m²K)]				
	Neubau			Sanierung	
	Wohngebäude	Nichtwohngebäude (Raum-Solltemperaturen im Heizfall $\geq 19^\circ\text{C}$)	Nichtwohngebäude (Raum-Solltemperatur im Heizfall von 12 bis $< 19^\circ\text{C}$)	Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäuden Innentemperaturen $\geq 19^\circ\text{C}$	Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen von 12 bis $< 19^\circ\text{C}$
Außenwand	U = 0,21	U = 0,21	U = 0,26	U = 0,18	U = 0,35
Geschossdecke gegen Außenluft	U = 0,21	U = 0,21	U = 0,26		
Vorhangfassade		U = 1,05	U = 1,42	U = 1,12	U = 1,42
Außenwand gegen Erdreich	U = 0,26	U = 0,26	U = 0,26	U = 0,22	
Bodenplatte	U = 0,26	U = 0,26	U = 0,26	U = 0,22	
Wände und Decken zu unbeheizten Räumen	U = 0,26	U = 0,26	U = 0,26	U = 0,22	
Dach	U = 0,15	U = 0,15	U = 0,26	U = 0,18	U = 0,26
Glasdächer		U = 2,02	U = 2,02	U = 1,50	U = 2,02
Lichtbänder		U = 1,80	U = 1,80		
Fenster	U = 0,97	U = 0,97	U = 1,42	U = 1,97	U = 1,42
Fenstertüren	U = 0,97	U = 0,97	U = 1,42	U = 1,97	U = 1,42
Dachflächenfenster	U = 1,05	U = 1,05	U = 1,42	U = 1,05	U = 1,42
Lichtkuppeln	U = 2,02	U = 2,02	U = 2,02		
Außentüren	U = 1,35	U = 1,35	U = 2,17		

Für Änderungen, Erweiterungen und dem Ausbau von bestehenden Gebäuden und Anlagen werden gem. Abschnitt 3 EnEV spezielle Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten von betroffenen Flächen oder Außenbauteile festgelegt. Diese sind gem. Tabelle 3-2 in wenigen Kategorien höher anzusetzen als Werte für Neubauten. Dies ist im Zusammenhang mit Teilsanierungen zu sehen, bei denen eine Verbesserung des Primärenergiebedarfs über Einzelflächen oder einzelne Bauteile erfolgt. Doch nicht jede Änderung oder Sanierung eines Bauteils löst eine Anforderung zur energetischen Verbesserung aus. So gelten bei Außenwänden Anforderungen, wenn der Putz erneuert wird, nicht jedoch wenn der Putz lediglich ertüchtigt wird. Ähnlich verhält es sich, wenn zum Beispiel lediglich der Dachbelag erneuert wird. Die Anforderungen an

eine Verbesserung sind alternativ auch erfüllt, wenn gem. §9 Satz 1 EnEV der spezifische Transmissionswärmeverlust und der Primärenergiebedarf die festgesetzten Grenzwerte von Neubauten maximal 40% überschreitet. Außerdem ist die energetische Verbesserung auf Änderungen von Außenbauteilen nicht anzuwenden, wenn gem. §9 Absatz 3 EnEV „die Fläche der geänderten Bauteile nicht mehr als 10 vom Hundert der gesamten jeweiligen Bauteilfläche des Gebäudes betrifft“ [3-29], [3-30].

Die Abweichungen für Wohn- und Nichtwohngebäude in den Vorgaben für Systeme der Gebäudetechnik sowie für die Anforderungen an Bauteile der Gebäudehülle der EnEV sind nur geringfügig. Für den Planungsprozess multifunktionaler Büro- und Geschäftsgebäude ist daher im Vorfeld zu prüfen ob Nutzungsänderungen Auswirkungen auf die Festlegung der Gebäudehülle und der Systeme der Gebäudetechnik hervorrufen. Dies trifft vor allem dann zu, wenn unterschiedliche Raum-Solltemperaturen im Heizfall angesetzt werden. Für Nutzungsänderungen inklusive möglicher Anpassungen der Fassadenflächen ist zu prüfen, ob die Anforderungen gem. Anlage 3 EnEV eingehalten oder mit geringem Aufwand zu erreichen sind.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass es weitere Novellierungen der EnEV geben wird, die zu weiteren Verschärfung des zulässigen Energiebedarfs temperierter Gebäude führen wird. Um die hohe Anpassungsfähigkeit von multifunktionalen Büro- und Geschäftshäusern auch zukünftig aufrecht zu halten, sollte die Gebäudehülle für zukünftige Verschärfungen mit geringem Aufwand energetisch aufgewertet werden können und die Systeme der Gebäudetechnik entsprechende Reserven vorhalten.

3.4 Nutzungsarten **Types of use**

Unter der Art der Nutzung versteht sich der Zweck, dem Gebäude oder Räume durch seinen Gebrauch dienen. Gebäude sind über die Nutzung einer Gebäudetypologie zuzuordnen. Sind mehrere Nutzungsarten in einem Gebäude untergebracht, ist die Zuordnung zu einer Nutzungskategorie nicht immer eindeutig, wenn keine Haupt- oder Nebennutzung festzustellen ist. Dies ist für die Genehmigungsfrage entscheidend, denn wie beschrieben müssen Bauvorhaben den vorgesehenen Nutzungskategorien der Bauflächen (siehe Abbildung 3-12) entsprechen; inwieweit sie genehmigungspflichtig sind, wird in den Bauordnungen der Länder geregelt.

Vor allem in Städten besteht eine hohe Vielfalt an räumlichen Nutzungsangeboten, die neben dem Bedarf an Wohnraum und Flächen für Arbeitsplätze die Versorgung der Bewohner sicherstellen bzw. den Alltag und die Freizeit mit Angeboten bereichern. Das Bild von städtischen Räumen wird außerhalb von Wohnvierteln stark durch Bürogebäude und Geschäftshäuser geprägt. Diese sind nach den Wohngebäuden der zweitwichtigste Gebäudetyp auf dem deutschen Immobilienmarkt [3-31]. Historisch bedingt, sind der Großteil der städtischen Gebäude nur für eine Nutzungsart festgelegt. Nur in den Innenstädten und an verkehrstechnisch günstigen Lagen mit einem hohen Publikumsverkehr finden sich in den Erdgeschosszonen häufig abweichende Nutzungen gegenüber den Obergeschossen wieder. Erst in den vergangenen Jahren werden Mischnutzungen immer häufiger in der Stadt- und Quartiersplanung als ein den Stadt-

raum belebendes Element aufgegriffen. Die Kombinationen verschiedener Nutzungsarten, die zu einem erhöhten Publikumsverkehr führen können, werden als Impulsgeber strukturschwache Quartiere auf.

Um die Untersuchungsergebnisse des Forschungsvorhabens für multifunktionale Büro- und Geschäftshäuser auf ein weitreichendes Anwendungsgebiet in der Planungspraxis übertragen zu können, ist neben den Anforderungen von Büro und Geschäftshäusern die Berücksichtigung typischer städtischer Nutzungsarten, wie Wohnen, Beherbergungsstätten, Gewerbe (Räumlichkeiten für eine kleinere Gastronomie, Fachgeschäfte oder sonstigen Dienstleistungen) und Parkhäusern erforderlich. Die Einbeziehung möglicher Sondernutzungen, wie Schulen, Krankenhäuser, Sporthallen oder Supermärkte erzeugt eine zu hohe Komplexität bei der Darstellung der Ergebnisse. Sondernutzungen wie Atelierräume, Praxen, Kinderbetreuungen oder Seminarräumen können in Räumlichkeiten der einbezogenen Nutzungsarten mit geringen räumlichen Einschränkungen realisiert werden, die sich in der Regel nur auf den Innenausbau beschränken. Sie werden daher im Forschungsvorhaben nicht tiefgründig betrachtet.

3.4.1 Typologische Parameter **Typological parameters**

3.4.1.1 Bürogebäude **Office buildings**

Mit dem wachsenden Anteil der Bürotätigkeit unserer modernen Dienstleistungsgesellschaft steigt auch das Angebot an räumlichen Organisationsformen – vom überlieferten Zellenbüro bis zum Businessclub, vom Großraumbüro zum Working Café. Globalisierung und Informationstechnologie verändern in immer kürzeren Abständen die Prozesse und Kommunikationsmöglichkeiten der Arbeitswelt. Die Typologie Bürogebäude ist die sich am schnellsten wandelnde Nutzungsart. Wurden bis in die 1980er Jahre größtenteils Zellen- und Großraumstrukturen als Arbeitsplätze angeboten, werden heute von den Nutzern multifunktionale Arbeitsplätze und -räume in flexiblen und innovativen Arbeitsstätten gefordert, die individuelle Arbeit wie den Teamwork gleichermaßen ermöglichen, die interdisziplinäres Arbeiten fördern, verschiedene Arbeitsprozesse ermöglichen und die Mitarbeiter inspirieren. Das Wohlbefinden der Nutzer wird in den Mittelpunkt gestellt.

Bürogebäude gem. Abbildung 3-13 sind eine simple Reihung sich vertikal und horizontal wiederholender Arbeitsplätze. Nicht zuletzt hat die kleinste Einheit der Schreibtisch – auf Französisch bureau – dieser Bauaufgabe ihren Namen gegeben. Ausgehend vom Arbeitsplatz werden die Büroräume mit einer möglichst hohen Flächeneffizienz in verschiedenen Büroorganisationsformen angeordnet. Die Wahl der Organisationsform hängt von den Bedürfnissen und Arbeitsprozessen der Nutzer ab. Auf die Notwendigkeit von flexiblen Grundrissen für häufig und immer kurzfristige wechselnde Anforderungen der Nutzer an die Büroflächen, soll hier im Forschungsbericht nicht tiefer eingegangen werden. Hier wird auf das Vorgänger-Forschungsvorhaben „Nachhaltige Büro- und Verwaltungsgebäude in Stahl- und Stahlverbundbauweise“ [3-32] verwiesen.



Abbildung 3-13: Beispielhafter Grundriss eines flexiblen Bürogebäudes | Hauptverwaltung Welthandelsorganisation WTO | Wittfoht Architekten | Genf (CH) | 2013

Figure 3-13: Exemplary floor plan of a flexible office building | Headquarters World Trade Organisation WTO | Wittfoht Architekten | Geneva (CH) | 2013

Strukturell reduzieren sich Bürogebäude heute meist auf eine Skelettstruktur, die von Gebäudekernen ausgesteift wird. Die Unterteilung der Geschossflächen erfolgt über leichte Trennwände der Ausbauebene. Die Reduktion des Tragwerks auf wenige Elemente sorgt mit der hohen Anpassungsfähigkeit der Leichtbauweise im Ausbau für die notwendige Flexibilität in der Gestaltung der Büro-Grundrisse und lässt räumlichen Spielraum für Umstrukturierungen, Wachstum oder Schrumpfungen. Der Abstand der Stützenkonstruktion ist auf ein Ausbauraster abgestimmt, das wiederum zu den räumlichen und funktionalen Anforderungen des Arbeitsplatzes Bezug nimmt. Die Wahl des Ausbaurasters entscheidet im Zusammenhang mit der Möblierung und Ausstattung der Arbeitsplätze über die Effizienz bei der Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Fläche. Offenere Büroorganisationsformen sind weniger stark von einem auf den Arbeitsplatz ausgerichteten Ausbauraster abhängig. Diese können über eine freiere Anordnung der Arbeitsplätze auf die räumlichen Vorgaben eines Gebäuderasters reagieren. Für die verschiedenen Büroorganisationsformen haben sich im Laufe der Jahre optimierte Abmessungen für die lichte Gebäudetiefe und -höhe erwiesen. Diese beeinflussen die Tageslichtausbeute in den Büroräumen und den mittig liegenden Flur- bzw. Mittelzonen. Von der Position, Lage und dem Abstand der Gebäudekerne untereinander hängt die Flexibilität für die Unterteilung der Geschossflächen in Nutzungseinheiten ab. Mit Einhaltung von max. 400 m² Grundfläche je Nutzungseinheit gelten gemäß MBO vereinfachte Anforderungen an den vorbeugenden Brandschutz, wie zum Beispiel an den Ausbau mit Trennwänden und die Bildung von Flucht- und Rettungswegen. Wenige, zentral angeordnete Sanitärebereiche – häufig in räumlicher Nähe zu den Gebäudekernen – stehen der hohen gebäudetechnischen Ausstattung der Büronutzungseinheiten mit mechanischen Lüftungssystemen und einer hohen Vernetzung elektrischer Medien gegenüber. Diese werden teilweise sichtbar oder verdeckt in abgehängten Deckenbereichen oder aufgeständerten Böden geführt [3-33]–[3-35].

Bürogebäude sind, wie in den vorhergehenden Abschnitten beschrieben, einem dauerhaften Veränderungsprozess ausgesetzt. Ziel muss es sein, diese mit einer hohen Flexibilität zu entwerfen, um kurzfristig den verschiedenen Ansprüchen von Nutzern und ihren Arbeitsprozessen und -strukturen gerecht zu werden.

3.4.1.2 Wohngebäude *Residential buildings*

Kaum eine Nutzungsart hat so vielfältige Erscheinungsformen, wie das Wohnen. Angefangen vom Einfamilienhaus über das Reihenhaus bis hin zu Mehrfamilienwohngebäuden mit unterschiedlichen Erschließungsmöglichkeiten sowie dem Wohnen in Hochhäusern. Gerade das städtische Wohnen muss heutzutage den unterschiedlichen Lebensmodellen mit vielfältigen und flexiblen Wohnungstypologien gerecht werden. Zu Singles, Studierenden und klassischen Kleinfamilien gesellen sich Patchworkfamilien, (Alters-)Wohngemeinschaften oder Generationen übergreifende Gemeinschaften. Zusätzlich verschwimmen mit den Heimarbeitern der digital vernetzten Gesellschaft die Grenzen zwischen Wohnen und Arbeiten zunehmend. Dies spiegelt sich in verschiedenen Wohnungsgrundrisse mit und ohne Freiflächen wie Balkone und Loggien wieder und drückt sich in der inneren Organisation, im Öffnen und Schließen von Räumen, in der Verbindung und Gruppierung von Räumen, in der Verbindung oder Vereinzelung von Funktionen und nicht zuletzt in Wegen und in Blicken.

Neben der Vielfalt von inneren Organisationsformen hatten sich durch die rationelle Ausnutzung teurer Grundstücke in den Städten der Geschosswohnungsbau entwickelt. Als komplexes, gestapeltes Raumgefüge bilden Geschosswohnungsbauten ein dichtes Beziehungsgeflecht aus Wohnungen, Erschließungsflächen, privaten, gemeinschaftlichen und öffentlichen Freibereichen. Die Bezüge der einzelnen Flächen werden über die Erschließung hergestellt. Sie ist in den verschiedensten Variationen möglich wie zum Beispiel die typischen Ansätze der Abbildungen 3-14 und 3-15 als Spänner- oder Laubenganglösung. Auch in der Wohnung teilt sich der Raum in Orte des Miteinanders und Orte des intimen Rückzugs – in Gemeinschafts- und Individualräume – auf. Die innere Organisation und räumliche Konfiguration ist dabei vor allem Ausdruck der gesellschaftlichen Vorgaben.



Abbildung 3-14: Beispielhafter Grundriss eines Wohngebäudes | Sihlbogen Areal B | Dachtler Partner AG Architekten | Zürich (CH) | 2014

Figure 3-14: Exemplary floor plan of a residential building | Sihlbogen Areal B | Dachtler Partner AG Architekten | Zurich (CH) | 2014

Im Vergleich zur Typologie Bürogebäude verändert sich das Wohnen nur träge. Die klare Zuordnung der Räumlichkeiten nach Individualraum und Gemeinschaftsräume wird auch zukünftig als Anforderung an Wohnungen Bestand haben. Leichte Veränderungen sind am Flächenbedarf der Individualräume erkennbar, die auf Kosten von großzügigen Wohnküchen als Mittelpunkt des gemeinschaftlichen Zusammenlebens reduziert werden. Aufgrund der hohen Gestaltungsvielfalt passen sich Wohnungsgrundrisse sehr leicht an räumliche Vorgaben an. Das vereinfacht die Nutzungsart Wohnen als Nachnutzungsstrategie in die Planungsphase einzubinden. Gleichzeitig erschwert die Vielfalt im Forschungsvorhaben eindeutige Planungsparameter für den

Wohnungsbau als Nachnutzung festzulegen und so Vorgaben für eine hohe Anpassungsfähigkeit von Büro- und Geschäftshäuser zu formulieren.

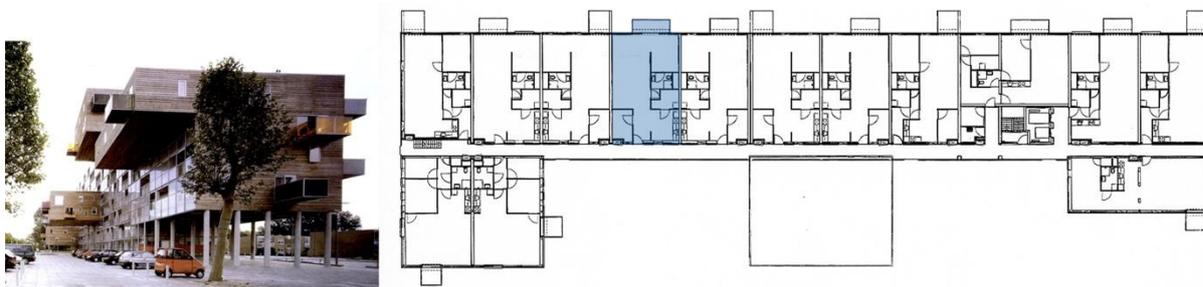


Abbildung 3-15: Beispielhafter Grundriss eines Wohngebäudes mit Laubengängerschließung | Wozoco | MVRDV | Amsterdam (NL) | 1997

Figure 3-15: Exemplary floor plan of a residential building with pergola access | Wozoco | MVRDV | Amsterdam (NL) | 1997

Der Geschosswohnungsbau wird konstruktiv häufig mit parallelen, tragenden Mittelwänden, mit Querwänden in Schottenbauweise oder deutlich aufwendiger als Stützensystem errichtet. Die Wahl der Konstruktion beeinflusst den Grundriss weitgehend. Mittelwände legen Flurgrundrisse entlang der Mittelwand nahe, Querwände implizieren Grundrisse mit Raumgruppen. Nur der Skelettbau ermöglicht eine höhere Flexibilität in der Gestaltung der Wohngrundrisse, erzeugt im Gegensatz dazu höhere Anforderungen an die Aussteifung der Konstruktion. Die Gebäudetiefe ist abhängig von der Wahl der Erschließungsform, der Größe der Wohneinheiten, der Struktur der Wohnungsgrundrisse sowie der Position der Gebäudekerne. Je nach Gebäudetiefe und Wohnungsgrundriss sind erhöhte Raumhöhen für eine ausreichende Belichtung mit Tageslicht der mittig liegenden Wohnbereiche erforderlich. Dies wirkt sich positiv auf die Raumqualität der Wohnungen aus.

Im Wohnungsbau ist ein gleichmäßiges Konstruktions- oder Ausbauraster selten vorzufinden, da eine Abfolge identischer Raumgrößen entlang der Fassade unüblich ist. Die räumlichen Dimensionen der Individual-, Gemeinschafts- und Nebenräumen weicht zu deutlich voneinander ab. Die Anzahl und Lage von Bad und/ oder WC ist von der Wohnungsgröße abhängig; die Versorgung mit Tageslicht in den Bädern wünschenswert. Je nach Wohnungsstruktur können die Leitungen der TGA in gemeinsamen oder mit den benachbarten Einheiten geteilten Schächten geführt werden.

Die Typologie Wohnungsbau ist durch die hohe Gestaltungsvielfalt und die hohe Anpassungsfähigkeit an räumliche Vorgaben eine häufig gewählte Nutzungsart für Nachnutzungsstrategien leerstehender oder vermarktungsschwieriger Geschossbauten. Der Wohnraumangel in den Städten trägt dazu bei, dass für das Wohnen umgenutzte Projekte eine hohe Vermarktungsfähigkeit besteht [3-36], [3-37].

3.4.1.3 Wohngebäude für Senioren **Senior residences**

Eine der nachhaltigsten Veränderungen unserer heutigen Welt ist der demografische Wandel. Die Menschen leben heutzutage aus vielfältigen Gründen länger; vor allem aber dank der Fortschritte in der Medizintechnik, Gesundheitsversorgung, Ernährung, Hygiene und durch den technischen Fortschritt im Allgemeinen. Eine Verschiebung der Demographie-Kurve nach oben ist die Folge. Jedoch sind die meisten Wohnbauten auf die Bedürfnisse jüngerer Menschen ausgelegt und halten für Menschen mit Einschränkungen der Sinne, der Mobilität und der kognitiven Fähigkeiten viele Hindernisse bereit. In den letzten Jahrzehnten sind vielfältige Konzepte mit weniger einschränkenden Wohnformen entstanden, die auf die Bedürfnisse der alternden Gesellschaft eingehen – auch wenn weiterhin ein Großteil der älteren Bevölkerung in Wohnungen und Häusern lebt, um den Wunsch der Selbstbestimmung aufrecht zu halten.

Lag vor vielen Jahren noch ein Problem darin, den Begriff "Altenheim" klar zu definieren und vom „Altenpflegeheim“ abzugrenzen, so sind in den letzten Jahren viele Kategorien wie Pflegewohnheime, Servicewohnen, Wohnpflege in Gruppen, Hausgemeinschaften, Mehrgenerationenwohnen und viele weitere Unterkategorien hinzugekommen. Das Angebotsfeld wird stetig erweitert und stärker differenziert. Die Vielfalt der unterschiedlichen Raumangebote und -konstellationen in den einzelnen Hauptkategorien kann im Forschungsvorhaben nicht aufgenommen werden, so dass für die strukturelle Untersuchung die klassische Nutzungskategorie „Wohn- und Pflegeheim“ herangezogen wird. Sie weist in ihrer Typologie durch ihre Größe und Organisationsform Strukturen auf, die an Krankenhäuser sowie Beherbergungsstätten erinnert. Über eine mittlere Flurfläche werden beidseitig die Wohn- bzw. Pflegeräume erschlossen. Diese können vom Einzelzimmer mit privatem Sanitärbereich bis hin zum Mehrzimmer-Appartement variieren. Räumliche Ergänzungsangebote wie Balkone und Loggien sind üblich, um die Wohnqualität der Nutzungseinheiten zu stärken. Zentrale gemeinsame Aufenthaltsflächen in Nähe der Erschließungskerne erweitern das räumliche Angebot und schaffen Begegnungsstätten in der Wohngemeinschaft, wie in Abbildung 3-16 dargestellt. Die Barrierefreiheit aller Nutzräume ist gesetzlich vorgeschrieben.

Konstruktiv ist der Zusammenhang zwischen der Dimension der Nutzeinheiten und dem Raster des Tragwerks sinnvoll. Da die Trennwände zwischen den Einheiten entlang der Fassade erhöhte schall- und brandschutztechnische Anforderungen erfüllen müssen, können sie entsprechend auch als massive Wandscheiben wirksam in das Tragwerk eingebunden werden (Schottenbauweise). Die geringe Anzahl an Gebäudekernen sowie die Erschließung über einen mittig liegenden Flur zeigt Parallelitäten zu der früher häufig realisierten Grundrissstruktur von kleinteiligen Büroorganisationsformen oder Beherbergungsstätten. Abweichend zu Bürogebäuden ist hingegen die hohe Anzahl an Sanitärflächen, die gleichmäßig über die Geschosse verteilt sind. Auch wenn durch die Zusammenführung von Schächten die vertikale Durchdringung der Geschossdecken reduziert werden kann, schränkt die Vielzahl der Schächte die Flexibilität in der Grundrissgestaltung deutlich ein.

Die Bevölkerungsschicht der über 50 bis 60-jährigen ist die am stärksten wachsende Gruppierung. Die Bedürfnisse dieser und kommender Seniorengenerationen, die sich im Übergang von defensiven hin zu erlebnisorientierten Werten befinden, lassen sich

kaum festmachen. Das Angebot für das „aktive Altern“ wird sich immer mehr als bunte Angebotspalette ausdifferenzieren müssen, um den heterogenen Bedarf zu befriedigen. In flexiblen Grundrisskonzeptionen müssen anpassbare Betreiberkonzepte, Wohnangebote oder technische Versorgungsmöglichkeiten umsetzbar sein [3-38], [3-39]. Seniorenheime fallen nicht grundsätzlich unter die Beherbergungsstätten, denn verschiedene Besitzmodelle zwischen Betreiber und Bewohner klassifizieren diese auch als Wohnungsbau. Dies ist in der Einhaltung des Baurechts zu beachten.



Abbildung 3-16: Beispielhafter Grundriss eines Wohnheims für Senioren | Pflegeheim Esternberg | Gärtner + Neururer ZT GmbH | Esternberg (AT) | 2008

Figure 3-16: Exemplary floor plan of a senior residence | Nursing home Esternberg | Gärtner + Neururer ZT GmbH | Esternberg (AT) | 2008

3.4.1.4 Wohnheime für Studierende Student residences

Über die Notwendigkeit, vermehrt Wohnheime für Studierende zu schaffen – sie stellen traditionell die preiswerteste Wohnform außerhalb des Elternhauses dar – besteht seit Jahren kein Zweifel. Die seit Jahren kontinuierlich steigenden Studierendenzahlen führen dazu, dass die aktuelle Wohnraumnachfrage der Studierenden nicht mehr mit dem Wohnraumangebot der Städte übereinstimmt. Angesichts steigender Mieten und des fehlenden Angebotes auf dem freien Wohnungsmarkt bei gleichzeitigem geringen studentischen Budget, stellt die Versorgung der deutschen und ausländischen Studierenden mit preiswertem Wohnraum eine elementare soziale Rahmenbedingung des Studiums dar. Auch wenn die Zustimmung der Studierenden zum Wohnheim als geeignete Wohnform sinkt, bewerten die Studierenden die Nähe vieler Wohnheime zu den Universitäten und Hochschulen positiv und profitieren von preisgünstigen Mieten vor allem in Ballungszentren. Die Studierendenwerke erkennen die fehlende Zustimmung zur Wohnform und versuchen mit neuen Konzepten mittels Umbauten und Sanierungen die Attraktivität der Wohnheime zu steigern – trotz beschränktem Baubudget.

Bis ins Jahr 1980 war die Förderung von Wohnraum für Studierende eine Gemeinschaftsaufgabe des Bundes und der Länder, deren Forderungen an Studierendenwohnheime in einer gemeinsamen Richtlinie mündeten. Doch mit dem Rückzug des Bundes mussten die Länder eigene technische Richtlinien definieren, die sich stark an den bewährten Richtlinien des Bundes orientierten. In aktualisierten Versionen werden mittlerweile unter anderem Anforderungen an den Individualraum definiert, wie zum Beispiel seine Mindestgröße.

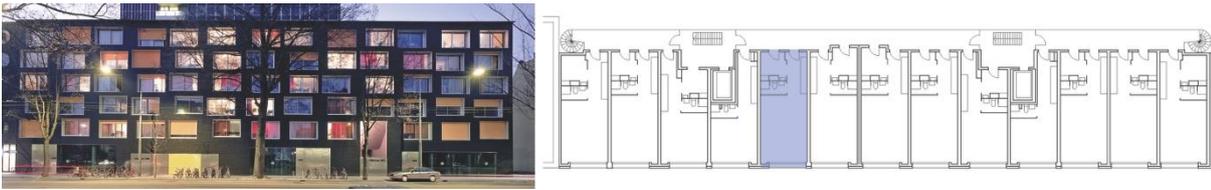


Abbildung 3-17: Beispielhafter Grundriss eines Studierendenwohnheims | Studierendenwohnheim Sarphatistraat | Claus en Kaan Architects | Amsterdam (NL) | 2005

Figure 3-17: Exemplary floor plan of a student residence | Student residence Sarphatistraat | Claus en Kaan Architects | Amsterdam (NL) | 2005

Das räumliche Angebot in Studierendenwohnheimen umfasst ein vielfältiges Spektrum. Ausgehend vom Einzelzimmer mit gemeinschaftlicher Küche und Waschräumen bis hin zu Vollapartements mit privatem Sanitärbereich und Kochnische. Abweichend von Einzelapartements sind in vielen Studierendenwohnhäusern auch die Organisationsform als Wohngemeinschaft zu finden, die mit der Nutzungsart Wohnen weitestgehend identisch ist. Allen ist gemein, dass das Studierendenwohnen auf beengtem Raum mit einem geringem Komfortanspruch stattfindet.

Konstruktiv sind die Wohnheime der Studierenden mit denen für Senioren vergleichbar. Entlang der Fassade sind Individualräume angeordnet, die über einen mittigen oder gem. Abbildung 3-17 fassadenseitigen Flur erschlossen werden. Trennwände zwischen den Nutzungseinheiten müssen die erhöhten Anforderungen an den Schall- und Brandschutz erfüllen. Gemeinschaftsbereiche wie ein gemeinsamer Wohnraum oder eine Gemeinschaftsküche ergänzen das räumliche Angebot des Wohnheims.

Ein ausreichendes Angebot an studiengerechtem Wohnraum ist fundamentaler Bestandteil einer sozial definierten, zukunftsorientierten Bildungspolitik. In diesem Zusammenhang muss auf die Aufgabe und die Bedeutung der Studierendenwerke für die Bereitstellung einer sozialen Infrastruktur der Hochschulen hingewiesen werden. Der geringe Komfortanspruch an studentisches Wohnen kann als geeignete Ausgangslage für eine kostengünstige Nachnutzung von (leerstehenden) Immobilien gesehen werden [3-40], [3-41].

3.4.1.5 Beherbergungsstätten Accommodations

Seit Jahrtausenden dienen Gebäude wie Herbergen, Pensionen, Pilgerstätten, Gasthäuser und Hotels Reisenden als kurzfristige Bleibe. Während Herbergen, Pensionen oder Gasthäuser eher kleinere Gebäude mit einfacher Ausstattung assoziieren, umfasst der Begriff Hotel weiterführende Dienstleistungen und impliziert eine höhere Seriosität. Die Planung heutiger Hotels reduziert sich häufig auf den Betrieb innerhalb des Standards einer Hotelkette. Dabei ist das Grundgerüst plus Hülle, wofür der Architekt beauftragt wird, und die Ausstattung, die dem Innenarchitekten mit einem enge Korsett des Betreibers überlassen bleibt, voneinander getrennt. Bei kaum einer anderen Bauaufgabe tritt das Gebäude gegenüber dem Ausbau derartig in den Hintergrund.

Den meisten Beherbergungsstätten ist gemein, dass in den Regelgeschossen die Gästezimmer über einen mittig liegenden Flur erschlossen werden. Die typische Nutzungsabfolge im Beherbergungsraum beginnt mit einem Sanitärblock unmittelbar neben der

Zimmertür. Im Zugangsbereich befinden sich zusätzlich Garderobe und Stauflächen. Im eigentlichen Beherbergungsraum sind neben dem Gastbett standardmäßig ein Schreibtisch mit Sitzmöglichkeit vorzufinden. Anordnung und Anzahl des Mobiliars sowie Abmessungen der (Zwischen-)Flächen geben u.a. Antworten auf den Zimmerkomfort und somit auf den Qualitätsstandard der Beherbergungsstätte. Um sich im Konkurrenzkampf um Gäste abzusetzen, wählen Hotelbetreiber verstärkt vom Standard abweichende Raumkonfigurationen, die neben der Ausstattung als Wiedererkennungsmerkmal die Gäste von einem weiteren Besuch überzeugen sollen – Abbildung 3-18. Im Forschungsvorhaben wird sich auf die zuvor beschriebene Standardkonfiguration von Beherbergungsräumen beschränkt, die einem Qualitätsstandard von zwei bis drei Sternen entspricht. Abweichende Qualitätsstandards bis hin zu Hostels und Jugendherbergen sind außen vorgelassen worden.

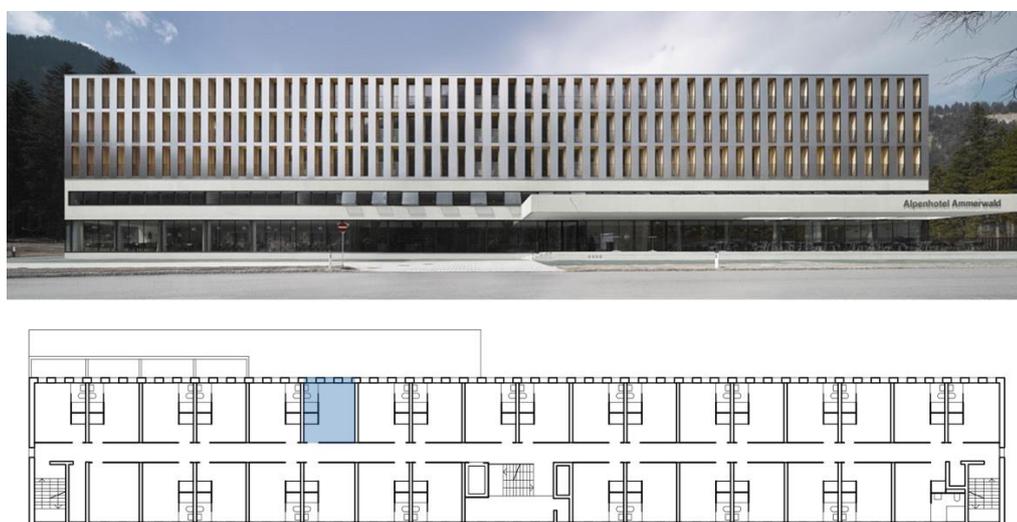


Abbildung 3-18: Beispielhafter Grundriss einer Beherbergungsstätte | Alpenhotel Ammerwald | Oskar Leo Kaufmann + Albert Rüt | Reutte (AT) | 2009

Figure 3-18: Exemplary floor plan of an accommodation | Alpenhotel Ammerwald | Oskar Leo Kaufmann + Albert Rüt | Reutte (AT) | 2009

In der Gebäudestruktur und der Organisation des Innenraums finden sich zwischen Hotels und Wohnheimen für Senioren viele Parallelitäten. Abweichungen stellen das erhöhte Angebot von Gemeinschaftsflächen und der Versuch den Flur als Begegnungsort mit einer hohen Tageslichtversorgung in Wohnheimen dar. Die Konzepte von Beherbergungsstätten zielen in der Regel auf ein möglichst positives Flächenverhältnis von Beherbergungsräumen zu Erschließungs- und Nebenräumen. Raumqualitäten beschränken sich daher meist auf den Beherbergungsraum, während sich der Flurbereich auf seine Aufgabe als reine Erschließungszone beschränkt.

In allen Hotels manifestiert sich mehr als in anderen Gebäuden der jeweilige Zeitgeschmack – Experten der Szene stellen einen siebenjährigen Innovationsturnus fest, dem sich jedes Hotel unterwerfen sollte. Notwendige Umbauten beschränken sich jedoch häufig auf den Beherbergungsraum und die Oberflächen zentraler Flächen. Von aufwendigen Eingriffen in die Gebäudestruktur wird abgesehen, um den Hotelbetrieb nicht unnötig zu stören [3-42].

3.4.1.6 Gewerbeeinheiten **Commercial units**

Gewerbeeinheiten dienen überwiegend gewerblichen Zwecken. Hierunter fallen beispielsweise Arztpraxen, Läden jeder Art, Supermärkte, Sportangebote sowie Büroflächen mit Kundenkontakt oder gastronomische Angebote. Gewerbeeinheiten sind in Geschossbauten in der Regel auf Erdgeschossniveau angeordnet, um einerseits einen visuellen Bezug zum Straßenraum herzustellen und eine direkte Erschließung der Flächen über den Straßenraum zu ermöglichen. Die räumliche Struktur der Gewerbeeinheiten richtet sich in der Regel nach der Struktur der Ober- bzw. Regelgeschosse, so dass keine größeren Aufwendungen in der Tragstruktur notwendig sind. Üblicherweise werden die Flächen der Einheiten im erweiterten Rohbauzustand vermietet, da je nach Nutzung die Einteilung der Fläche und der Ausbau variieren. Für die lichte Raumhöhe wird eine Überhöhe vorgesehen, um eine angenehme Raumwirkung bei größeren, zusammengefassten Einheiten zu erzielen bzw. um ausreichend Installationsraum über einer abgehängten Unterdecke für die Verteilung der Medien anzubieten. Ein Anschluss an alle Medien der TGA wird in den Einheiten vorgesehen. Abhängig von der Größe der Fläche verfügen die Einheiten über einen Hauptzugang und einen weiteren baurechtlich geforderten zweiten Zugang. Anforderungen werden neben der MBO in der Muster-Versammlungsstätten-Verordnung (MVStättVO) [3-43] sowie der Muster-Verkaufsstätten-Verordnung (MVKVO) [3-44] geregelt.

3.4.1.7 Parkhäuser **Parking garages**

Mit der Entwicklung des Autos und der Massenmotorisierung im 20. Jahrhundert wandelten sich die Anforderungen an das Abstellen von Fahrzeugen; der zunehmende Individualverkehr erforderte mehr Parkflächen im Stadtraum. Die im Genehmigungsverfahren bedingte Forderung nach Stellplätzen sowie der Wettbewerb um verfügbare Flächen und Bauräume in den Städten brachte verschiedene Entwicklungstendenzen hervor – Parkhäuser, (integrierte) Tiefgaragen bis hin zu automatisierten Parksyste- men. Sie führten zu dem stadtplanerischen und gesellschaftlichen Konflikt, wie viel oder wie wenig Parkraum dem Auto zuzubilligen ist und wie viel bzw. wie wenig die Nutzer benötigen.

Parkieranlagen erscheinen vereinfacht gesehen als eine Kombination aus rechteckigen Stellplätzen und den dazugehörigen Fahrgassen – siehe Projektbeispiel in Abbildung 3-19. Doch daneben sind die Orientierung, Benutzerfreundlichkeit, eine betreibergerechte Ausführung sowie eine technische und wirtschaftliche Ausführung entscheidend. Dies trifft zu, wenn die Planung nach den Grundregeln einer Verkehrsanlage und nicht nach einem Raster einer darüber liegenden Nutzung erfolgt [3-45]. Die geometrische Bemessung von Parkbauten wird aus den funktionalen Erfordernissen beim Fahren und Rangieren der einzuparkenden Fahrzeuge sowie beim Ein- und Aussteigen der Insassen abgeleitet. Diese werden in regional geltenden Regelwerken beschrieben, in denen Mindestangaben für kleinere Regelfahrzeuge und ein geringer Komfortanspruch vorgegeben sind. Im Forschungsvorhaben wird die Muster-Garagenverordnung (M-GarVO) [3-46] für die übergeordnete Festlegung von Stellflächen herangezogen.

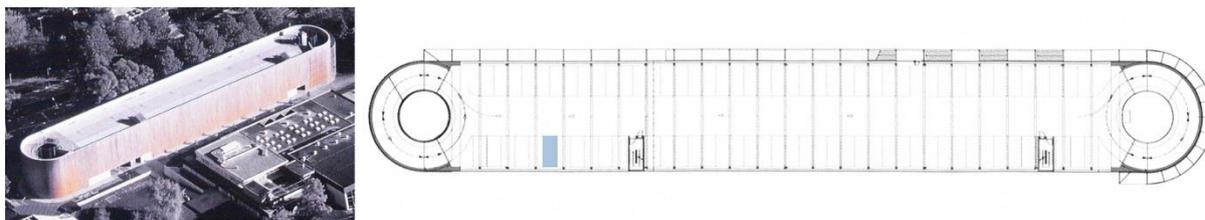


Abbildung 3-19: Beispielhafter Grundriss eines Parkhauses | Parkhaus am Bollwerksturm | MGF Architekten GmbH | Heilbronn (D) | 1998

Figure 3-19: Exemplary floor plan of a parking garage | Parking garage at Bollwerksturm | MGF Architekten GmbH | Heilbronn (D) | 1998

Die Planung und Konstruktion von Parkbauten wird weitestgehend von der Verkehrsführung bestimmt. Strukturell sind Skelettbauten für Parkhäuser sinnvoll, da sie die Verkehrsführung am geringsten beeinträchtigen, wenn das Stützenraster auf den Flächenbedarf der Stellplätze und die Fahrspuren abgestimmt ist. Hierfür werden unterschiedliche Anordnungsvarianten in den Regelwerken vorgegeben, die sich auf die Breite der Stellplätze und Fahrspuren sowie den Abstand zu Bauteilen beziehen. Die Zugänglichkeit ist sowohl motorisiert als auch nicht motorisiert über Rampen bzw. über vertikale Erschließungselemente je nach Nutzungsfrequenz herzustellen. In der M-GarVO werden hierfür unterschiedliche Anforderungen auch in Abhängigkeit von der Größe der Garage und der Bauweise – offen oder geschlossen – festgesetzt. Die Raumhöhe wird mit einem Minimum von 2,00 m definiert. Zu beachten ist hierbei, dass die 2,00 m auch einzuhalten sind, wenn Leitungen die Fahrspur kreuzen.

3.4.2 Relevanz der Nutzungsarten in Geschossen Relevance of the types of use in storeys

Die Planung von mehrgeschossigen Gebäuden bedingt eine Auseinandersetzung mit den Aufgaben und dem Raumangebot der verschiedenen Geschosse. Das Erdgeschoss stellt aufgrund seiner Lage den stärksten Bezug zum umgebenden städtischen Raum her. Nutzungen wie gastronomische Angebote oder Ladenflächen profitieren von einem starken Bezug zum Straßenraum oder zu umliegenden Freiflächen durch die erhöhte Wahrnehmbarkeit. Für die unterschiedlichen Angebote werden, meist unabhängig von der eigentlichen Nutzungsart des Gebäudes in den Obergeschossen, neutrale Flächen im Erdgeschoss angeboten. Mit den im Erdgeschoss verorteten Eingangsbereichen wird der Übergang von außen ins Gebäudeinnere geschaffen. Je nach Nutzungsart sind sie als großzügige Foyerflächen wie beispielsweise in Bürogebäuden und Hotels oder als erweiterte Treppenträume mit Briefkastenanlage und Kinderwagenabstellfläche wie in der Nutzungsart Wohnen ausgebildet. Je nach Lage und Bezug zum Stadtraum übernimmt das Erdgeschoss gesonderte Aufgaben und wird daher häufig räumlich überhöht.

Die oberen Geschosse sind als Regelgeschosse für die eigentliche Nutzung ausgelegt. Geschosshöhe und Gebäudetiefe aber auch das Tragwerk und mögliche Ausbauraster sind auf die Anforderungen der Nutzungsart abgestimmt. In vielen Fällen gibt das Regelgeschoss auch die räumlichen Abmessungen und strukturellen Vorgaben für die darunterliegenden Geschosse vor. Je nach Nutzungskonzept übernimmt das oberste

Geschoss als Dachgeschoss gesonderte Aufgaben wie die Beherbergung von Versammlungsräumen, Besprechungsbereichen, gastronomischen Angeboten oder Sportmöglichkeiten.

Das Untergeschoss ist durch die Lage im Erdreich nur für Räume ohne dauerhafte Aufenthaltsqualität nutzbar. Der fehlende Tageslichtbezug, der jedoch gemäß §47 Absatz 2 MBO für Aufenthaltsorte gefordert wird, verhindert dies. Daher sind für das Untergeschoss häufig die Nebennutzungen wie Lagerflächen, Technikräume oder Stellplätze für Fahrzeuge vorgesehen.

Wie in Abbildung 3-20 dargestellt, ist die Zuordnung der Nutzungsarten von der Lage des Geschosses im Gebäude abhängig. Je nach städtebaulichem Kontext sind Nutzungsarten wie das Wohnen im Erdgeschoss als problematisch einzustufen, da durch einen Einblick von öffentlichen Flächen in Wohnräume die Privatsphäre kaum hergestellt werden kann. Gesondert zu betrachten, sind Stellflächen für den Individualverkehr im Untergeschoss, die häufig als Kaltraum von der eigentlichen Gebäudekubatur losgelöst sind. Parkierungsmöglichkeiten im Untergeschoss sind vorrangig im städtischen Raum zu finden, wo überirdische Stellplatzmöglichkeiten knapp bemessen sind.

Die Relevanz der Nutzungsarten in den einzelnen Geschossen soll für die Definition der Anpassungsfähigkeit von Büro- und Geschäftshäusern Aussagen zu Häufigkeit und Eintrittswahrscheinlichkeit treffen. Diese fließen in die Planung der Referenzgebäude (siehe Abschnitt 3.8) ein.

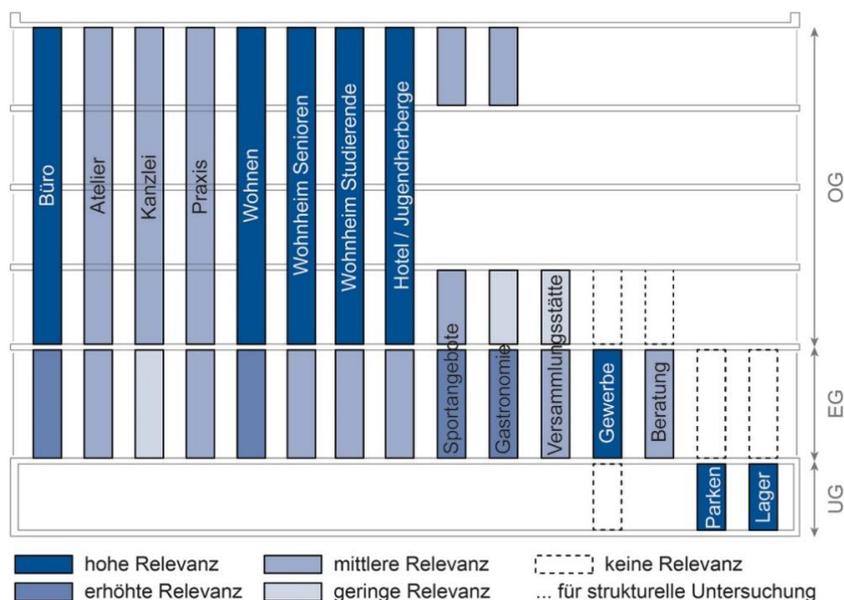


Abbildung 3-20: Relevanz typischer städtischer Nutzungsarten zu den Geschossen von Gebäuden

Figure 3-20: Relevance of typical urban uses to the floors of buildings

3.4.3 Gebäudeformen Building shapes

Über die Jahre haben sich aus den baurechtlichen Vorgaben und funktionalen Anforderungen an die verschiedenen Nutzungsarten typologische Grundstrukturen entwickelt. Während das Merkmal von Wohnheimen, Beherbergungsstätten, Parkhäusern und in Teilen von Bürogebäuden meist in der gerasterten Aneinanderreihung von Nutzungseinheiten bzw. Nutzungsflächen an einem zentralen Erschließungsbereich liegt, sind Wohnungsgrundrisse und in Teilen die Flächen der großformatigen Büroorganisationen weniger von einem starren, auf Effizienz zielenden Gebäuderaster abhängig. Trotz typologischer Vorgaben sind vielfältigste Anordnungsvarianten entstanden, die sich aus der Gebäudekubatur und -ausrichtung, aus der Art der Erschließung, der Position von Gebäudekernen, aus den Vorgaben von Raumgrößen sowie vieler weiterer Faktoren entwickelt haben. So fällt es schwierig die in Betracht gezogenen Nutzungsarten einer typischen Gebäudeform zuzuordnen. Zu stark hängt die Gebäudeform auch von Grundstückszuschnitt und -größe sowie von den Möglichkeiten der inneren Organisation ab. Ein Block, eine Zeile, ein kammförmiges Gebäude oder ein Haus mit Atrium bieten unterschiedliche Verhältnisse von belichteten und unbelichteten, von Durchgangsverkehr belasteten oder für autonome Einheiten geeignete Flächen. Zentrale oder dezentrale, den Grundriss perforierende oder tangierende Erschließungsmöglichkeiten beeinflussen Erreichbarkeit, Aufteilbarkeit und Nutzbarkeit der Flächen für unterschiedliche Nutzungen. Zusätzlich haben bau- und planungsrechtliche Vorgaben, die sich regional voneinander unterscheiden, einen zu deutlichen Einfluss auf die spätere Gebäudeform, so dass diese stets aus der Summe aller Vorgaben zu entwickeln ist [3-47]. Die Varianz der Gebäudeform ist an Hand der Nutzungsart Büro in Abbildung 3-21 schematisch dargestellt.

Im Hinblick auf die hohe Varianz der Gebäudeformen ist es im Forschungsvorhaben erforderlich, sich bei der Überlagerung der Grundstrukturen verschiedener Nutzungsarten auf eine Gebäudeform zu beschränken. Neben dem Punkt hat sich der Riegel als Urform vieler Nutzungsarten aufgrund der optimierten inneren Organisationsmöglichkeiten als Ein-, Zwei- oder Dreibund mit variierenden Gebäudetiefen hervorgerufen. Aus dem Riegeltypus heraus haben sich viele weitere Gebäudeformen in abgewinkelten, (mehrfach-)mäandrierenden bis hin zu strahlenförmigen Variationen gebildet. Allen ist eine Längsausrichtung in den Teilabschnitten gemein, die sich je nach Konfiguration und Grundstückssituation in eine Vorder- und Rückseite aufteilt. Gegenüber dem Punkthaus als häufig ungerichtetes Volumen entstehen im Riegel stärker voneinander abweichende Ansätze in der räumlichen Organisation der Nutzungsarten. Die Gebäudelänge der Riegel hat zur Folge, dass je nach Nutzungsart die Anzahl und Position der Gebäudekerne variiert. Im Punkthaus reduziert sich die Varianz in der Regel auf die Verschiebung des Kerns von Gebäudemitte an die oder vor die Fassade.

Mit der Wahl des Riegels als Gebäudeform multifunktionaler Büro- und Geschäftshäuser können ein Großteil städtischer Situationen abgebildet werden. Neben der Einbindung in eine für Innenstädte typischen Blockrandbebauung – auch als Struktur über die Blockranddecke greifend – finden sich Gebäuderiegel häufig auch in den Stadtstrukturen der Randgebiete wieder, wo sie häufig Ein- und Ausfahrtsschneisen des Individualver-

kehrs säumen oder städtische Knotenpunkte rahmen. Die Übertragung der Erkenntnisse auf weitere aus Riegeln zusammengesetzten Gebäudeformen ist inhaltlich ausgeklammert, da deren qualifizierte Darstellung einen zu großen eigenen Raum im Forschungsbericht beanspruchen würde.

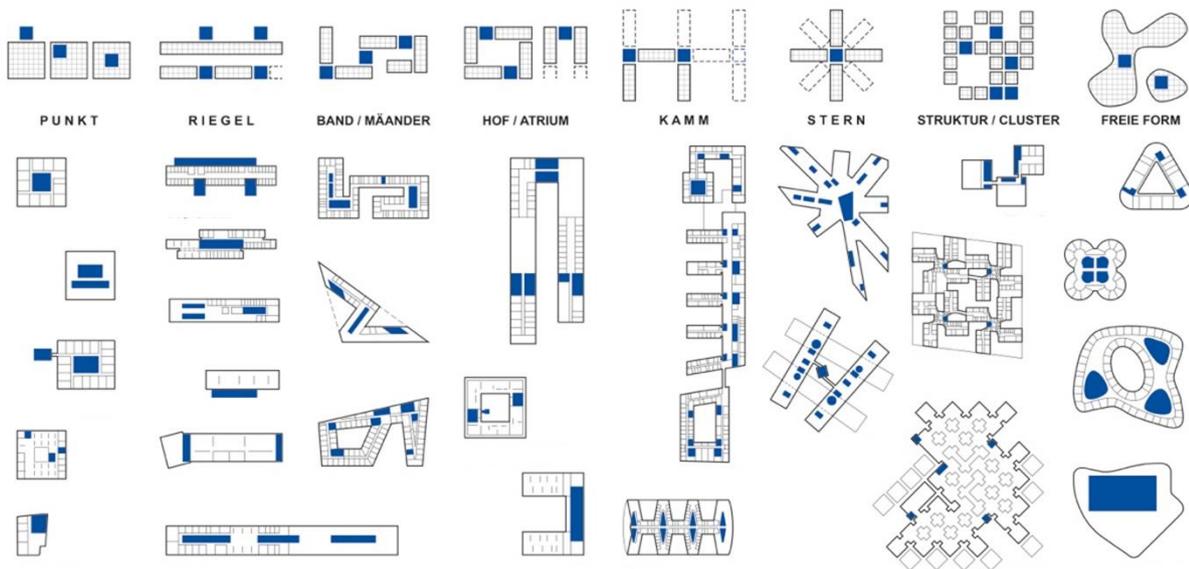


Abbildung 3-21: Varianz der Gebäudeform am Beispiel der Nutzungsart Bürogebäude

Figure 3-21: Variation of the building shape by the example of the type of use office

3.4.4 Überlagerung typologischer Grundstrukturen Superimposition of typological basic structures

Im Zusammenspiel von Nutzungsart, Relevanz der Nutzungsart in den Geschossen und Gebäudeform sind in den Gebäude- und Grundrissstrukturen der einbezogenen Nutzungsarten räumliche Abweichungen voneinander festzustellen. Diese betreffen vordergründig die Gebäudedimension, die innere Organisation der Räume, Anzahl und Lage der Gebäudekerne, das Tragwerk sowie die Anzahl von Sanitäreinheiten. Die Abweichungen in Gebäuderiegeln mit mehreren Versorgungs- und Erschließungskernen sind gegenüber Punkthäusern stärker ausgeprägt, wo sich die Nutzungseinheit um einen kompakten Gebäudekern anordnet. Die Varianz der Raumstrukturen in Gebäuderiegeln ist in Abbildung 3-22 dargestellt.

In der Überlagerung der typologischen Grundstrukturen lassen sich für die Multifunktionalität von Gebäuden erste Erkenntnisse ziehen. Allen Nutzungsarten ist die Lage der Hauptaufenthaltsräume entlang der Fassade gemein, die sich in der Versorgung mit Tageslicht begründet. In einer mittig liegenden Zone sind Nebenräume und Erschließungszonen angeordnet. Die Unterteilung der Flächen durch Trennwände zwischen den Nutzungseinheiten von Wohn- und Beherbergungsräume, die neben bauphysikalischen auch konstruktive Aufgaben übernehmen können, stehen der Skelettkonstruktion des Bürobaus entgegen. Starre Wandscheiben verhindern die flexible und offene Gestaltung von Büroeinheiten bzw. schränken die Umnutzungsfähigkeit stark ein. Mit der Wahl einer Skelettkonstruktion, wird die multifunktionale Nutzung von Gebäuden

gesteigert. Die Freiheit in der Unterteilung der Geschossebene wird im Skelettbau nur durch wenige, konstruktiv notwendige Elemente beschränkt; der Ausbau findet mittels leichten Trennwänden statt. Inwieweit die Gebäudedimension, Anzahl und Lage von Treppenträumen oder die Versorgung der Gebäudetechnik multifunktional bzw. anpassungsfähig gestaltet werden können, wird in den folgenden Abschnitten „Gebäudeparameter“ und „Planungsparameter“ vertiefend bewertet. Mit der Bewertung wird das Ziel verfolgt Parameter zu benennen, die unter Berücksichtigung baurechtlicher und funktionaler Vorgaben verschiedene Nutzungsarten mit geringen räumlichen und funktionalen Einschränkungen als Nachnutzung zulassen. Das Maß der Einschränkung ist jeweils im Zusammenhang mit dem planerischen, konstruktiven, ökonomischen sowie ökologischen Aufwand einzustufen.

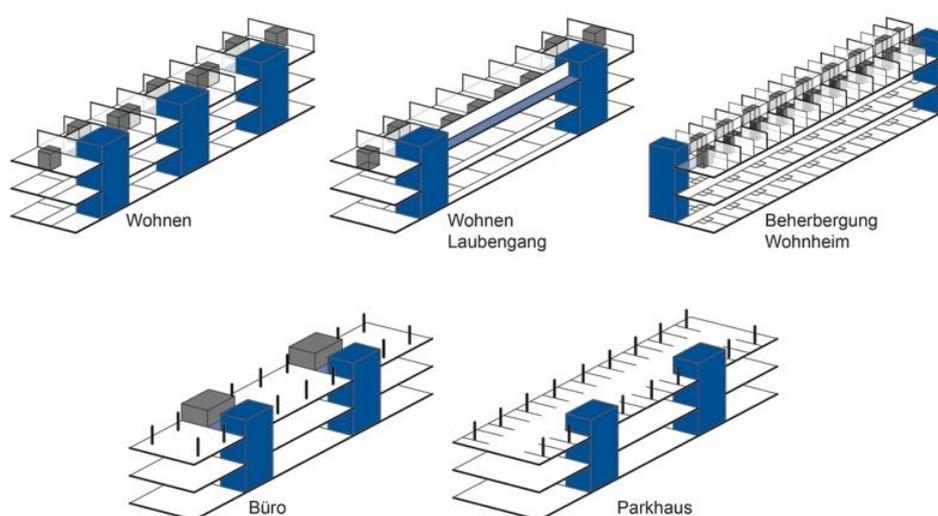


Abbildung 3-22: Typologische Grundstrukturen der einbezogenen Nutzungsarten

Figure 3-22: Typological basic structure of the included types of use

3.5 Gebäudeparameter Building parameters

Im Laufe der Architekturgeschichte zeigt sich die Zunahme der Komplexität von Gebäuden insgesamt wie auch von einzelnen Bauteilen. Die Entwicklung geht von der monolithischen Höhlenarchitektur [...] bis hin zur komplexen, hoch technologisierten und spezialisierten Architektur der Gegenwart, die die hohen Ansprüche unserer heutigen Gesellschaft erfüllt [3-4]. Zu der zunehmenden Spezialisierung von Gebäuden und Bauteilen führen ökonomische sowie ökologische Optimierungsprozesse, die den steigenden Anforderungen gerecht werden – erhöhter Vorfertigungsgrad, verbesserte Leistungsfähigkeit, Gewichtsoptimierung, verbesserte Dämmeigenschaften bis hin zu Systembauweisen mit einschränkenden Rastermaßen. Baumaterialien und Bauteile werden für spezialisierte Bauaufgaben stetig (weiter)entwickelt. Dies geht zu Lasten der Multifunktionalität und Anpassungsfähigkeit, wenn sich die Ausführungen nur auf limitierte Anwendungsgebiete beschränken.

Für die Planungsaufgabe eines multifunktionalen Büro- und Geschäftshauses müssen die Gebäudeparameter nach Abbildung 3-23 für verschiedene Anwendungsgebiete

nutzbar sein. Mittels überlagerter Betrachtung der einzelnen Gebäudeparameter können Empfehlungen für eine kompatible Gebäudedimension und -struktur gegeben werden. In der Überlagerung ist zu beachten, dass für einige Gebäudeparameter Grenzwerte zum Beispiel im Baurecht festgesetzt sind. Werden diese von einer Nutzungsart über- oder unterschritten, führt dies zum Ausschluss der Nutzungsart. Werden Sollwerte beschrieben, führt es bei Unter- oder Überschreitung nicht direkt zum Ausschluss, sondern zu deutlichen Einschränkungen in der Funktionalität der Nutzungsart.

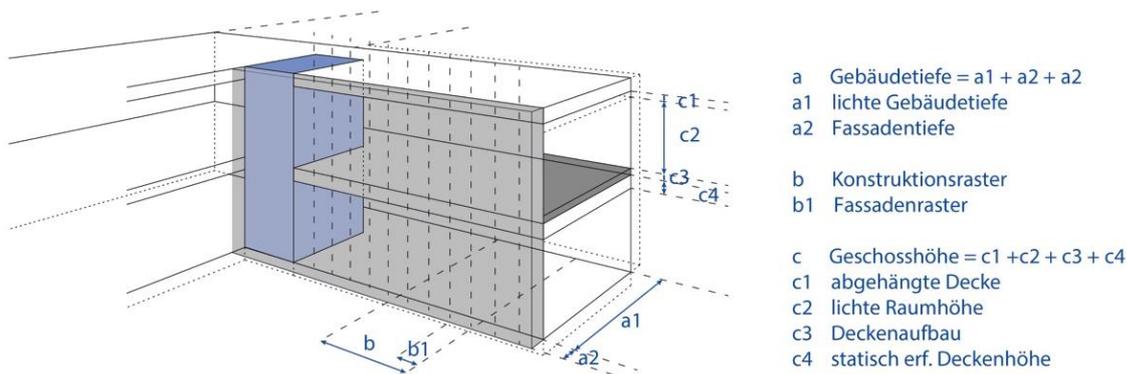


Abbildung 3-23: Gebäudeparametermodell

Figure 3-23: Building parameter model

Je nach Art und Anzahl der einbezogenen Nutzungsarten werden unterschiedliche Empfehlungen ausgesprochen. Die Bewertung ist daher stets projektspezifisch zu justieren, gerade wenn stadtplanerische Vorgaben den Entwurfsprozess zusätzlich beeinflussen. Um zunächst übergeordnete Empfehlungen formulieren zu können, ist im Forschungsvorhaben von einem Baufeld „auf der grünen Wiese“ auszugehen.

3.5.1 Gebäudetiefe Building depth

Die Tiefe von Gebäuden hat einen maßgeblichen Einfluss auf die innere Organisationsstruktur und die Funktionalität von Räumen. Je nach Tiefe können die Räume einer Nutzungsart mehr oder weniger effizient und somit wirtschaftlich auf der zur Verfügung stehenden Grundrissfläche angeordnet werden. Geringe Gebäudetiefen führen zu einem ggf. ungünstigen Verhältnis von Nutz- zu Erschließungsfläche, während zu große Gebäudetiefen – abhängig von der Raumhöhe und der Größe der Fassadenöffnungen – die Bereiche in Gebäudemitte nur schwer mit Tageslicht versorgen. Das Mass der Belichtung einer Fläche bestimmt oder beschränkt deren Nutzungsmöglichkeiten. Voll belichtete Flächen sind für Haupträume der Nutzungsarten, teil- und unbelichtete Flächen nur für Neben- oder Erschließungsflächen geeignet. Je nach räumlicher Organisation der Nutzungsarten kann die Belichtungssituation Auswirkungen auf die Nutzbarkeit der Flächen haben.

Die Gebäudetiefe setzt sich aus dem lichten Maß zwischen den beiden Fassadenflächen sowie den Maßen der Fassadenaufbauten zusammen. Da die Funktionalität der Grundrisse vorrangig im Zusammenhang mit dem lichten Maß der Gebäudetiefe steht, wird im Folgenden mit der Gebäudetiefe die lichte Gebäudetiefe bezeichnet.

Für die in die Bewertung einbezogenen Nutzungsarten haben sich über die Jahre geeignete Gebäudetiefen aus der inneren Organisation heraus hervor getan. Diese sind jedoch nicht an einem festen Wert auszumachen, sondern sind über eine Spannweite festzulegen. Die Spannweite wird gem. Abbildung 3-24 in Gebäudetiefen unterteilt, in denen die Räume einer Nutzungsart mit einer hohen Funktionalität und somit einer hohen Effizienz organisiert werden können und Bereiche mit einer geringeren Funktionalität. Die teilweise sehr große Spannweite der Gebäudetiefen ist in der Zusammenführung mehrerer Untergruppierungen von Nutzungen in einer Nutzungsart zu begründen.

Abbildung 3-24 verdeutlicht, dass sich für fast alle Nutzungsarten ein gemeinsamer Deckungsbereich ergibt, der zwischen 12 und 14 m Gebäudetiefe liegt. In diesem Spielraum lassen sich die Räume fast aller Nutzungsarten (noch) effizient anordnen. Ausgenommen sind Parkgaragen und die Büroorganisationsform „open space“, für die deutlich tiefere Gebäudeflächen bevorzugt werden, um als flächeneffizient bewertet zu werden. Wohngrundrisse stoßen bei einer Gebäudetiefe von deutlich mehr als 13 m an ihre Grenzen, da die unbelichtete Gebäudemitte mit der geringen Anzahl an Nebenräumen in Gebäudemitte schwierig zu belegen ist. Die Nutzungen Büro, Beherbergungsstätten und Wohnheime zeichnen aus, dass die Hauptaktivitäten in den Flächen nahe der Fassade stattfinden. Im hinteren Teil der Räume sind Bereiche, die weniger stark belichtet werden müssen. Im Zusammenhang mit der horizontalen Erschließung und gegenüberliegenden Nutzungseinheiten können die Raumproportionen dieser Nutzungsarten sehr tief gestaltet werden.

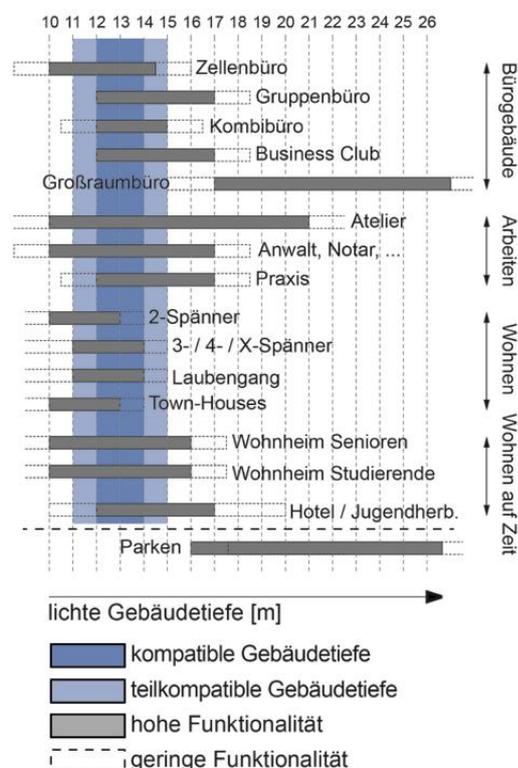


Abbildung 3-24: Typische lichte Gebäudetiefen verschiedener Nutzungsarten sowie kompatible Gebäudetiefe

Figure 3-24: Typical building depth of different types of use as well as compatible building depth

Auf die Fassadentiefe soll in diesem Zusammenhang nicht eingegangen werden, da sie für die Anpassungsfähigkeit von Büro- und Geschäftshäusern zunächst keine Auswirkungen bedeuten. Erst im Zusammenhang mit einer Sanierung von Fassaden(teil)flächen und einer notwendig werdenden Planung veränderter Fassadendetails wird die Tiefe der Fassade zu einem Kriterium der Anpassungsfähigkeit.

3.5.2 Gebäudelänge **Building length**

Im Vergleich zur Gebäudetiefe hat die Gebäudelänge auf den ersten Blick nur einen geringen Einfluss auf die Funktionalität von Nutzungsarten, da die Nutzbarkeit von Räumen vorrangig von der Raumtiefe und seiner Belichtung abhängen. Sind Räume in der Breite überdimensioniert, sind sie durch leichte Trennwände unterteilbar. Über die Gebäudelänge wird die mögliche Anzahl von (identischen) Nutzungseinheiten und Nutzerräumen entlang der Fassade unabhängig von der Gebäudetiefe definiert, wie zum Beispiel für Beherbergungsstätten oder Bürozellenstrukturen. Erst im Zusammenhang mit der Größe von Nutzungseinheiten und der Anzahl und Länge von notwendigen Erschließungselementen wird die Gebäudelänge zu einem Kriterium, das die Funktionalität und die Flächeneffizienz beeinflusst. Diese Planungsparameter werden in Abschnitt 3.6 näher betrachtet und die Auswirkungen der Gebäudelänge auf die Anpassungsfähigkeit verdeutlicht.

3.5.3 Konstruktionsraster **Construction grid**

Das Konstruktionsraster von Gebäuden steht im engen Zusammenhang mit der Nutzungsart und die für die Nutzungsart geeigneten Ausbauraster. Es ist in der Regel ein Vielfaches des Ausbaurasters, da die deckungsgleiche und aufeinander abgestimmte Dimensionierung der beiden Raster die Planung der Schnittstellen von Konstruktion und Ausbau vereinfacht. So wiederholen sich sowohl die räumlichen Konfigurationen der Nutzräume wie auch Anschluss und Ausbaudetails, die gerade für den Bürobau ein wichtiges Entwurfskriterium im Sinne der Flexibilität und Flächeneffizienz sind. Für Beherbergungsstätten, Wohnheime und weitere Nutzungsarten mit identischen Nutzerräumen entlang der Fassade ist die Abstimmung des Konstruktionsrasters auf den Abstand der Trennwände zwischen den Raumeinheiten funktional effektiv. Unregelmäßige Konstruktionsraster sind häufiger im Wohnungsbau zu finden, da die Dimensionierung der verschiedenen Wohnräume – Wohnzimmer, Schlafräume, Sanitärräume – entlang der Fassade variieren können. Das Konstruktionsraster von Parkebenen ist in unmittelbarer Abhängigkeit von der Dimension der Stellplätze und der Fahrspur zu wählen. Fehlende Übereinstimmungen können durch die festgelegte Dimension und starre Anordnung von Stellplätzen nur auf Kosten von Stellplätzen korrigiert werden. Je nach Tragwerk sind zwei oder drei Stellplätze in einem Feld des Konstruktionsrasters anzuordnen; bei weitspannenden Tragkonstruktionen ist eine erhöhte Anzahl möglich.

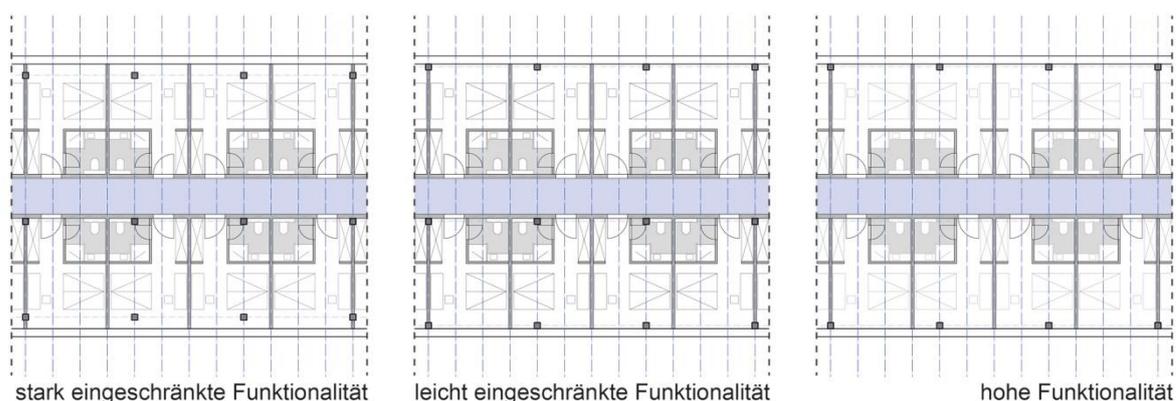


Abbildung 3-25: Stark eingeschränkte bis hohe Funktionalität in Hotelzimmern durch die Positionierung der Stützenreihe

Figure 3-25: Very limited to high functionality in hotel rooms due to the positioning of the column row

Die Wahl des Konstruktionsrasters ist neben räumlichen Vorgaben auch von der Konstruktionsart, Materialwahl für das Primärtragwerk und den Spannrichtungen der Geschossdecken abhängig – siehe Kapitel 4. Stützenfreie Tragwerke bedeuten für die Anpassungsfähigkeit von Büro- und Geschäftshäuser Freiheiten im Ausbau, die Umnutzungsprozesse vereinfachen. Werden für das Tragwerk Mittelstützen notwendig bzw. sind Mittelstützenreihen für das Tragwerk wirtschaftlich, so ist in der Planung von multifunktionalen Büro- und Geschäftshäuser die Position in Abhängigkeit zu möglichen Grundrisszenarien festzulegen. Die aus Sicht des Tragwerks zunächst als sinnvoll erscheinende symmetrische Anordnung einer Mittelstützenreihe kollidiert mit den über einen Mittelflur erschließenden Nutzungsarten. Die asymmetrische Anordnung der Mittelstützenreihe erweist sich für einen Großteil der Nutzungsarten als zielführender, auch wenn die Mittelstützenreihe zu räumlichen Einschränkungen in den Räumen führen kann – siehe Abbildung 3-25. Der Abstand zwischen Mittelstützenreihe und Fassadestützen ist abhängig von der Gebäudetiefe und den in Betracht gezogenen Nutzungsarten zu wählen. Das Raster ist besonders auf die Zonierung von Parkebenen in Untergeschossen zu übertragen, da diese mit den festgelegten Dimensionen der Parkbuchten am schwierigsten auf Vorgaben des Tragwerks reagieren können.

3.5.4 Ausbauraster Interior grid

Ausbauraster wirken sich je nach Nutzungsart auf die Flexibilität und Flächeneffizienz von Geschossen aus. Ähnlich der Gebäudetiefe hat das Ausbauraster als aufeinander abgestimmte Unterteilung des Konstruktionsrasters einen dauerhaften und bereits mit Baubeginn nicht mehr korrigierbaren Einfluss auf die Effizienz eines Grundrisses und somit auf die Flächenkosten der Nutzungseinheiten. Mögliche Flächenverluste von Raumeinheiten addieren sich auf dem Geschoss und in der Summe der Gebäudegeschosse zusammen und können zu einem überdurchschnittlich hohen Flächenverbrauch im Gebäude führen. Dies ist vorrangig an der Nutzungsart Büro auszumachen, wo die Flächeneffizienz von dem Platzbedarf eines Arbeitsplatzes abhängig ist. In den Büroorganisationsformen haben sich gängige Rastermaße von 1,20, 1,25, 1,35 und 1,50 m durchgesetzt, in denen unterschiedliche Anordnungsvarianten von Arbeitsplätzen entlang der Fassade umsetzbar sind. Wie zuvor beschrieben sind die alternativen

Nutzungsarten in der Regel in ihrer Effizienz weniger entscheidend von einer kleinteiligen Unterteilung des Ausbaurasters abhängig.

Für die Planung anpassungsfähiger Büro- und Geschäftshäuser ist die Abstimmung einer kleinteiligen Rasterung des Ausbaus im Bürobau mit den Raumbreiten und dem Konstruktionsraster möglicher Nachnutzungsarten zwingend erforderlich. Ein gängiges Ausbauraster von 1,35 m mit den Vielfachen 2,70 m, 4,05 m, ... für mögliche Zimmerbreiten in Beherbergungsstätten, Wohnheimen und Wohnungen kann als hoch anpassungsfähiges Ausbauraster bezeichnet werden. Mit einem Konstruktionsraster von 5,40 m oder 8,10 m können neben einem effizienten Abstand für das Tragwerk auch ein geeigneter Abstand für eine mögliche Überlagerung mit einer Parkebene erreicht werden – siehe Abbildung 3-26. Aber auch alternative Rastermaße können je nach Kombination und Anzahl der einbezogenen Nutzungsarten als anpassungsfähig gelten. Es kann daher nicht eindeutig ein hoch oder gering variables Ausbauraster definiert werden, da die Dimension stark im Bezug mit den in Betracht gezogenen Nutzungsarten steht.

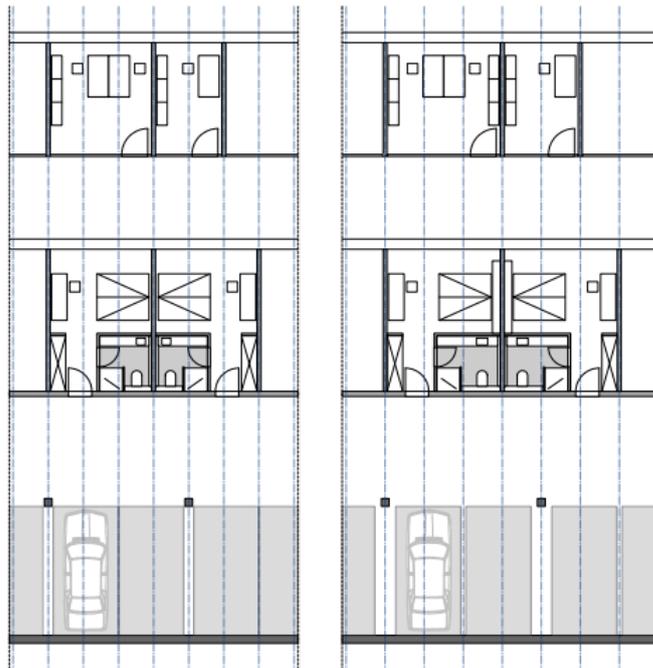


Abbildung 3-26: Leicht eingeschränkte Funktionalität der Nutzungen Büro, Hotel und Parken im Ausbauraster von 1,20m (links); hohe Funktionalität der Nutzungen im Ausbauraster von 1,35 m (rechts)

Figure 3-26: Slight restricted functionality of the types of use office, hotel and parking by the interior grid of 1,20 m (left); high functionality of the types of use by the interior grid of 1,35 m (right)

3.5.5 Lichte Geschosshöhe Clear storey height

Die Wahrnehmung von Räumen jeglicher Art ist von den drei Dimensionen Raumlänge, Raumbreite und Raumhöhe beeinflussbar. Im Zusammenspiel mit Öffnungen und dem Einfall von (Tages-)Licht bestimmen sie die Wahrnehmung des Raumes. Während die Länge und Breite von Räumen entwurfsabhängig bestimmt werden, wird nach § 47 MBO für Aufenthaltsräume eine Mindestraumhöhe im Lichten von 2,40 m gefordert. Es wird dabei kein Bezug zur Fläche des Raumes definiert. Das Maß von 2,40 m ist als

Mindestmaß zu verstehen und kann für kleine Raumabmessungen wie im Wohnungsbau als ausreichend gewertet werden. Für größere Nutzungsräume sind die Raumhöhen größer zu dimensionieren, um ein angenehmes Raumgefühl zu erzeugen.

Hierzu finden sich in einer Vorgängerversion der heutigen Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) von 1975 Angaben zur lichten Raumhöhe von Arbeitsräumen in Verbindung mit den Raumabmessungen in der Fläche. So wurden lichte Raumhöhen für Arbeitsräume mit mindestens 2,50 m festgeschrieben und steigerten sich in Schritten von 25 cm auf ein Maß von bis zu 3,25 m für Arbeitsräume von mehr als 2.000 m². In der heute gültigen Fassung der ArbStättV werden keine konkreten Angaben zur lichten Raumhöhe gemacht. Hier heißt es in § 6 ArbStättV „Der Arbeitgeber hat solche Arbeitsräume bereitzustellen, die eine ausreichende Grundfläche und Höhe sowie einen ausreichenden Luftraum aufweisen“ [3-48]. Dies lässt einen höheren Gestaltungsspielraum in der Planung zu, jedoch haben die ursprünglichen Vorgaben der ArbStättV für die Dimensionierung von Räumen weiterhin ihre Gültigkeit für ein angenehmes Wohlbefinden im Raum und gelten weiterhin als Richtwert für die lichte Geschosshöhe.

Gemäß den Erkenntnissen aus dem Vorgänger-Forschungsvorhaben sind für flexible Bürogeschosse die Abmessung von mind. 2,75 m für die lichte Raumhöhe anzustreben, um den Anforderungen fast aller Büroorganisationsformen gerecht zu werden. Für die Planung von Beherbergungsstätten werden baurechtlich durch die Muster-Beherbergungsstättenverordnung (MBeVo) [3-49] keine separaten Anforderungen an die lichte Raumhöhe der Beherbergungsräume formuliert. Somit sind die Festsetzungen der MBO von mindestens 2,40 m heranzuziehen. Auch in den zahlreichen Kriterien an die Qualitätskategorien des einheitlichen Hotelklassifizierungssystems „Hotelstars Union“ [3-50], an dem viele europäische Verbände beteiligt sind, werden keine Anforderungen an die lichte Raumhöhe gestellt. Lediglich in der Literatur ist hierzu eine Empfehlung von mind. 2,60 m Raumhöhe im lichten für untere Qualitätskategorien formuliert. Die Raumhöhe von Zugangs- und Sanitärbereichen der Beherbergungsräume kann aufgrund von abgehängten Deckenbereichen für die Installation von Medien der TGA abweichen [3-42]. Für Parkebenen wird gemäß §5 MGarVO für Mittel- und Großgaragen gefordert, dass „in zum Begehen bestimmte Bereiche, auch unter Unterzügen, Lüftungsleitungen und sonstigen Bauteilen eine lichte Höhe von mind. 2≈m haben“.

Abbildung 3-27 verdeutlicht, dass mit einer lichten Raumhöhe von mind. 2,60 m die funktionalen Anforderungen fast aller Nutzungsarten erfüllt werden können. Mit einer für flexible Bürogebäude empfohlenen lichten Raumhöhe von 2,75 m, werden alle Nutzungsarten abgedeckt. Die lichte Raumhöhe ist durch die Festsetzung gem. MBO und der MGarVO als Grenzwert zu betrachten. Bei Unterschreitung des Mindestwertes führt die fehlende Genehmigungsfähigkeit zum Ausschluss von Nutzungsarten. Obere Grenzwerte werden keine definiert.

Für die Planung von anpassungsfähigen Büro- und Geschäftshäusern ist die lichte Raumhöhe stets im Zusammenhang mit der Abmessung der Geschosdecke inkl. Aufbau und Abhang zu bewerten. Werden für Nachnutzungen Veränderungen im Geschossdeckenaufbau bzw. -abhang notwendig, kann dies zur Reduktion der lichten Raumhöhe führen. Eine möglicherweise verminderte Funktionalität sowie abnorme Raumwahrnehmungen können neben der Genehmigungsfähigkeit die Vermarktungsfähigkeit einschränken bzw. ausschließen.

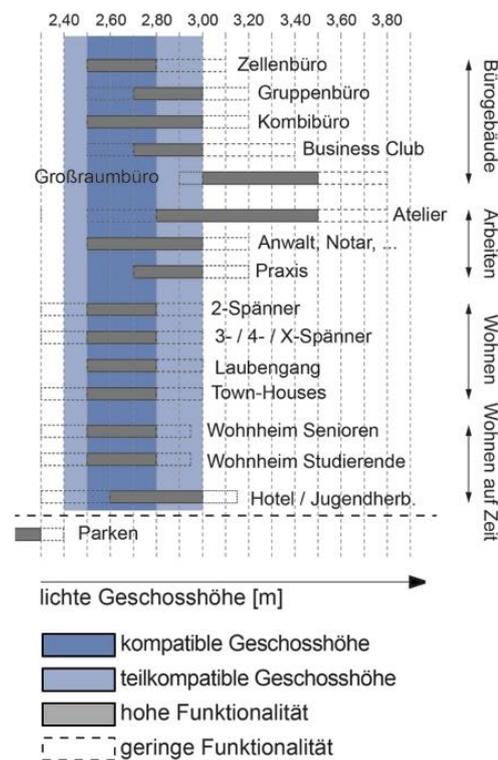


Abbildung 3-27: Typische lichte Geschosshöhen verschiedener Nutzungsarten sowie kompatible Geschosshöhe

Figure 3-27: Typical storey height of different types of use as well as compatible storey height

3.5.6 Geschossdecken Storey ceiling

Geschossdecken im Sinne des §31 der MBO sind horizontale, raumabschließende Bauteile, die ausreichend lange standsicher sind und die Brandausbreitung zwischen Geschossen entsprechend den geforderten Qualitäten verhindern. Als Teil des Tragwerks muss die Geschossdecke die Bestimmung von Nutzlasten im Hochbau, die in der Norm DIN EN 1991 Teil 1-1 (EC1-1-1) geregelt wird, erfüllen. Diese unterteilt die Nutzungsarten in vier Kategorien, die in Kapitel 4.2 vertiefend dargestellt werden. Es zeigt sich, dass für die in Betracht gezogenen Nutzungsarten die zwei Nutzlastniveaus von 3 und 5 kN/m² ausreichend sind.

Neben den konstruktiven Aufgaben müssen Geschossdecken auch die Funktion des Wärme- oder des Schallschutzes übernehmen, die im Zusammenspiel von Tragkonstruktion und dem Aufbringen eines gebrauchsfertigen Deckenaufbaus bzw. einer abgehängten Unterdecke erreicht werden. Im Deckenaufbau oder in Hohlräumen von abgehängten Unterdecken erfolgt in der Regel die nicht sichtbare, horizontale Leistungsverteilung der Medien der TGA. Lässt das Deckentragwerk Aussparungen für die Leitungsführungen zu, können Teile der Installation auch in Konstruktionsebene verschoben werden. Dies führt zur Reduzierung des Geschossdeckenaufbaus.

Der Aufbau von Geschossdecken unterscheidet sich in drei typische Konstruktionsarten: Massivboden, Hohlraumboden und Doppelboden. Als vergleichbar unflexibel sind massive Deckenaufbauten, in denen Leitungen oder Leitungstrassen als Unterflurkanal

mit begrenztem Installationsquerschnitt im Estrich oder der Trittschalldämmschicht eingelegt werden. Hohlrumböden bestehen aus einer Tragschicht, die auf einer speziellen Unterkonstruktion gelagert wird. Die Unterkonstruktion ist so ausgebildet, dass ein Hohlraum zwischen Tragschicht und Rohdecke zur Durchführung der Installationen entsteht. Zu Revisionszwecken sind Öffnungen in der Tragschicht vorzusehen. Bei Doppelböden handelt es sich um aufgestellte Konstruktionen in einem regelmäßigen Verlegeraster. Einzelne Bodenplatten werden auf höhenverstellbaren Stützen aufgesetzt und erzeugen einen Hohlraum für Installationen. Sie zeichnen sich durch eine hohe Variabilität bezüglich der Verlegung von Installationen und Versorgungsleitungen aus, da der elementierte Boden durch die Herausnahme von Einzelplatten zu Nachrüstungsarbeiten mit geringem Aufwand geöffnet werden kann.

Der für eine hohe Anpassungsfähigkeit notwendige, überhohe Geschossdeckenaufbau wirkt sich direkt und indirekt über die Zunahme der Geschoss- bzw. Gebäudehöhe auf die Baukosten aus (siehe Kapitel 6). Die Wahl von Hohlraum- und Doppelböden, die für flexible Büro- und Geschäftshäuser als geeignete Maßnahmen zu betrachten sind, ist daher projektspezifisch im Zusammenhang mit dem Vorteil einer erhöhten Anpassungsfähigkeit für Nachnutzungsstrategien zu bewerten. Für Wohnräume und Beherbergungsstätten sind Hohlraum- und Doppelböden unüblich, da im Wohnen die gebäudetechnischen Anforderungen geringer sind und sich die Verteilung der Medien in Beherbergungsstätten auf den Flur und Zugangsbereich der Beherbergungsräume beschränkt. Die vollständige Überhöhung der Geschossfläche mittels Hohlraum- oder Doppelboden ist für diese Nutzungsarten in der Regel nicht relevant.

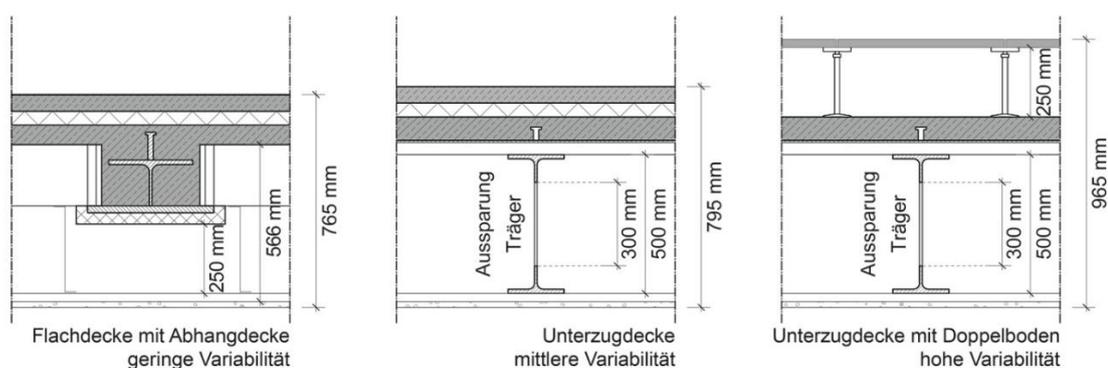


Abbildung 3-28: Raumbedarf von Deckentragwerken inklusive Installationsraum der TGA

Figure 3-28: Space requirement of ceiling structures including installation space for the technical building equipment

Als abgehängte Unterdecken werden Leichtbaudecken bezeichnet, die unter der eigentlichen Geschossdecke mittels Abhangsystem eingebaut werden. Mit abgehängten Unterdecken kann die gewünschte Deckenoberfläche hergestellt werden, wenn die Oberfläche der Geschossdecke nicht den optischen und bauphysikalischen Ansprüchen genügt. Der entstehende Zwischenraum wird für Installationen der TGA genutzt. Diese können über Revisionsöffnungen gewartet werden bzw. können nachträgliche Installationsmaßnahmen leicht durchgeführt werden, da der Deckenhohlraum bei den meisten Systemen zugänglich bleibt. Häufig werden abgehängte Unterdecken mit erhöhten schallabsorbierenden Eigenschaften eingesetzt, z.B. mittels aufgelegten Mineralfaserplatten, um die Akustik im Raum zu verbessern.

Die Berücksichtigung des Raumbedarfs von abgehängten Decken inkl. Installationsraum gem. Abbildung 3-28 ist im Entwurfsprozess anpassungsfähiger Büro- und Geschäftshäuser empfehlenswert, da auf veränderte technische oder bauphysikalische Anforderungen mit geringem Aufwand reagiert werden kann. Auch Anforderungen an Installationsräume aus dem vorbeugenden Brandschutz lassen sich mittels qualifizierten Baustoffen (nachträglich) erfüllen. Werden Geschossdecken mittels Bauteilaktivierung in das Energiekonzept einbezogen, sind abgehängte Unterdecken hinderlich, da sie den Effekt verringern. In diesem Fall sind für die Gebäudetechnik Installationsräume gezielt in Deckenflächen der Flurbereiche oder Nebenräume auszuwählen.

Mit den fortschreitenden technischen Entwicklungen im Ausbau wachsen die Ansprüche an Boden- und Deckenaufbauten. Um zukünftige, nicht vorhersehbare Anforderungen an die TGA im Ausbau von Gebäuden abdecken zu können, sind Reserven im Raumbedarf der Hohlräume vorzusehen. Diese müssen im Zusammenhang mit der Geschosshöhe bemessen werden, um das geforderte Maß der lichten Raumhöhe der verschiedenen Nutzungsarten nicht zu unterschreiten.

3.5.7 Geschoss- /Gebäudehöhe Storey / Building height

Die Höhe von Geschossen ergibt sich aus den funktionalen Vorgaben der Nutzungsarten, der konstruktiven Höhe des Tragwerkes sowie dem Platzbedarf der TGA. Sie setzt sich aus dem vertikalen Maß der Deckenkonstruktion, möglichen Aufbauten bzw. Abhängungen sowie der lichten Raumhöhe zusammen und bemisst sich von Fußbodenoberkante bis zur Fußbodenoberkante des benachbarten Geschosses. Aus den einzelnen Geschosshöhen eines Gebäudes addiert sich die Gebäudehöhe.

Eine identische Nutzung aller Geschosse ist in Geschossbauten eher unüblich, da die Qualitäten der Geschosse aufgrund ihrer Lage zum umgebenden Raum voneinander abweichen. So sind die Obergeschosse als Regelgeschosse entsprechend den Anforderungen der Hauptnutzung dimensioniert. Dachgeschosse können aus funktionalen und aus optischen Gründen leicht überhöht bemessen werden. Für typische Nutzungen wie Gewerbeeinheiten oder gastronomische Angebote im Erdgeschoss werden überhöhte Raumabmessungen benötigt, um neben einem angemessenen Raumgefühl auch den erhöhten Platzbedarf der TGA zu erfüllen. Die Geschosshöhe von Untergeschossen – in der Regel ohne Aufenthaltsräume – werden aus Kostengründen auf ein Minimum reduziert.

Die Addition der Geschosshöhen als Gebäudehöhe ist im Zusammenhang mit möglichen baurechtlichen Vorgaben zu sehen. Höhenvorgaben der Gebäudeklassen, Gebäudehöhen benachbarter Bebauungen oder Vorgaben aus den Bebauungsplänen können als Maßvorgabe die Gebäudehöhe beschränken. Dies kann dazu führen, dass Nutzungsarten, deren funktionalen und gebäudetechnischen Anforderungen eine verhältnismäßig hohe Geschosshöhe erfordern, bereits in der Planungsphase als Nutzungsstrategie ausgeschlossen werden müssen.

3.5.8 Kompatibilität Geschoss Compatibility of storeys

Aus der Überlagerung der typologischen Grundstrukturen sowie der Bewertung der Gebäudeparameter ergeben sich für eine multifunktionale, da kompatible Geschossstruktur die nachfolgend aufgelisteten Empfehlungen. Die hohe Vielfalt in der Planung von Gebäuden lässt eine alternative Zusammenstellung kompatibler Faktoren für eine (hohe) Multifunktionalität zu – siehe Abbildung 3-29. Sie sind lediglich als Empfehlung formuliert, da die Umsetzung von vielen weiteren Entwurfsbausteinen und –vorgaben abhängen. Diese werden in Kapitel 3-8 für den Entwurf verschiedener Referenzgebäude herangezogen.

- Lichte Gebäudetiefe: 13 m
- Ausbauraster: 1,35 m
- Konstruktionsraster: 5,40 m oder alternativ 8,10 m
- Lichte Geschosshöhe: 2,75 m
- Geschossdecke: abhängig vom gewählten Tragwerk
- Tragwerk: Skelettkonstruktion (mit / ohne Mittelstützenreihe)
- Mittelstützenreihe: falls, asymmetrisch entlang Außenkante Mittelzone
- Ausbau: Trennwände und Unterteilungen der Nutzungseinheiten in Leichtbauweise

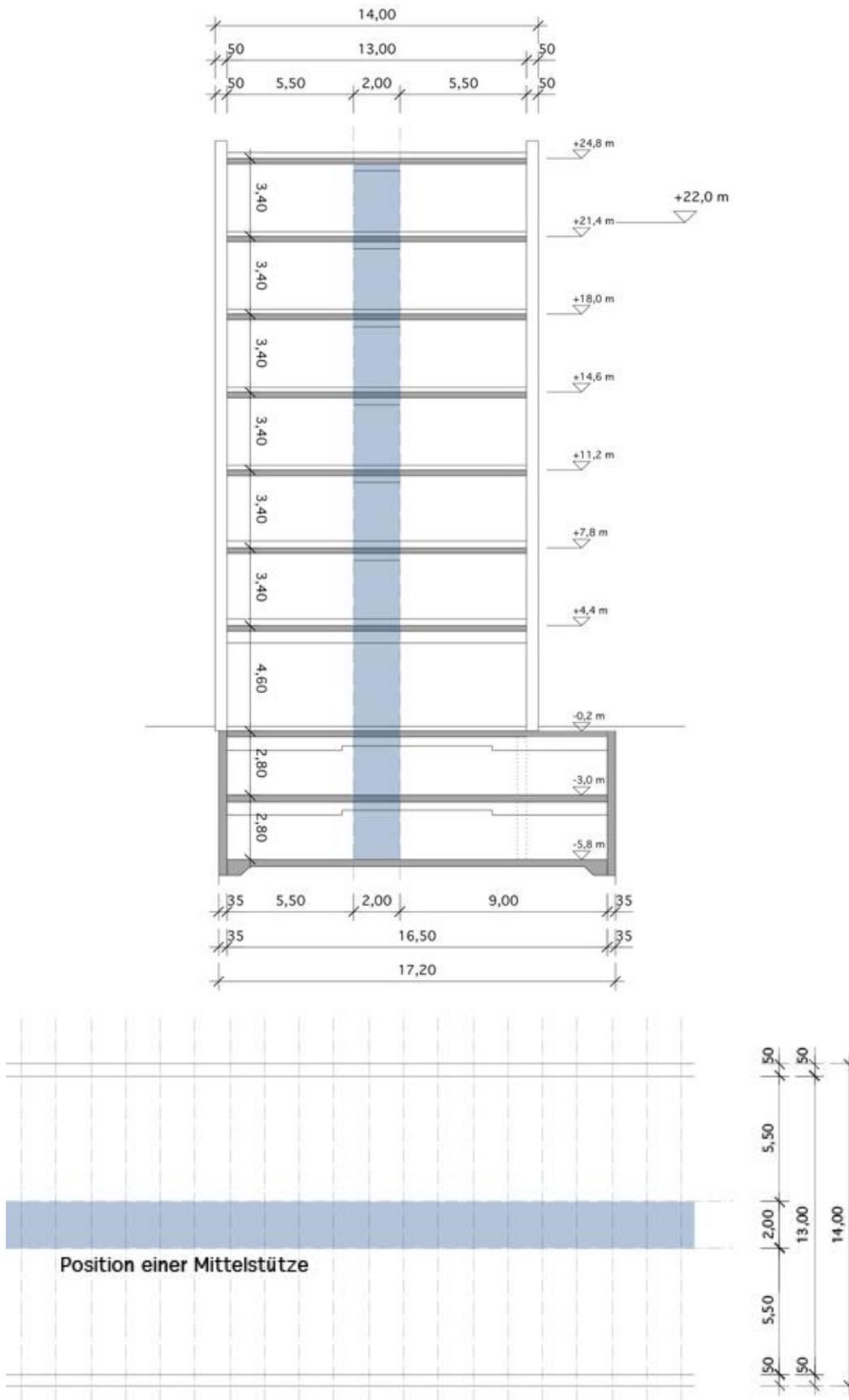


Abbildung 3-29: Kompatible Geschossstruktur in Schnitt und Grundriss
 Figure 3-29: Compatible structure of storeys as section and floor plan

3.6 Planungsparameter Planning parameters

Der Planungsprozess wird neben gebäudestrukturellen Parametern stark von Vorgaben bestimmt, die sich aus dem Baurecht sowie aus funktionalen Anhaltspunkten ergeben. Ihren Einfluss auf den Entwurf sind als „harte“ und „weiche“ Faktoren zu unterscheiden. Harte Parameter bezeichnen Vorgaben aus dem Baurecht an die Ausführungsplanung, deren Mindestanforderungen zwingend einzuhalten sind. In Ausnahmefällen kann über Ersatzmaßnahmen oder Erleichterungen davon abgewichen werden. Mindestanforderungen an die Funktionalität werden in Teilen durch das Baurecht vorgeschrieben, beruhen aber häufig auf Richt- und Erfahrungswerten, die einen Interpretationsspielraum in der Gestaltung von Gebäuden und Räumen ermöglichen. Im Folgenden werden Planungsparameter beschrieben, die Einfluss auf die Multifunktionalität von Büro- und Geschäftshäuser nehmen.

3.6.1 Brandschutz Fire protection

Unter dem Begriff Brandschutz werden gemäß §14 MBO die Maßnahmen zusammengefasst, die der Entstehung eines Brandes oder der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorbeugen und im Brandfall die Rettung von Mensch und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten ermöglichen. Der Brandschutz wird in die Unterkategorien „vorbeugender“ und „abwehrender“ Brandschutz unterteilt. Zum abwehrenden Brandschutz gehören die Maßnahmen der Feuerwehr wie die Brandbekämpfung. Der vorbeugende Brandschutz gliedert sich in den „baulichen“, „anlagentechnischen“ und „organisatorischen“ Brandschutz und behandelt die Maßnahmen zur Erfüllung des §14 MBO. Im Folgenden wird auf den baulichen Brandschutz eingegangen, dessen Anforderungen in den Bauordnungen der Länder als Mindestanforderungen sowie diverse technische Baubestimmungen erlassen sind.

Das der Musterbauordnung zugrundeliegende brandschutztechnische Sicherheitskonzept ist das Prinzip der Abschottung, in der raumtrennende Bauteile für eine definierte Zeitdauer ihre abschottende Wirkung erhalten müssen; tragende Bauteile dürfen ihre Tragfähigkeit nicht verlieren. Zu den wesentlichen Kriterien zählen das Brandverhalten von Baustoffen, der Feuerwiderstand raumabschließender Bauteile, wie z. B. Wände oder Decken zur Trennung von Brandabschnitten oder Nutzungseinheiten, sowie die Sicherstellung ausreichender Flucht- und Rettungswege. Die Anforderungen an den vorbeugenden Brandschutz werden mit Festlegung der Gebäudeklasse und der Nutzungsart unterschiedlich bemessen und im Fall von Sonderbauten durch die Vorgaben der Sonderbauverordnungen und -richtlinien ergänzt und in Teilen überschrieben.

In der MBO werden zum Großteil die Anforderungen an Standardbauten – typischerweise Wohn- und Bürogebäude – behandelt. Sie werden in die Gebäudeklassen 1 bis 5 nach der Art, der Höhe und der Fläche der Gebäude eingeteilt. Je höher die Gebäudeklasse, desto höher sind die Anforderungen an den Brandschutz. Handelt es sich nicht um Wohn- oder Bürogebäude (oder ein freistehendes land- oder forstwirtschaftlich genutztes Gebäude) der Gebäudeklasse 1 bis 5, definiert die MBO das Gebäude gem. §2 Satz 4 MBO als bauliche Anlage oder Räume besonderer Art und Nutzung,

die abhängig von den räumlichen Dimensionen besondere Tatbestände erfüllen. Hierzu zählen unter anderem Hochhäuser, Industriebauten, Verkaufsstätten, Versammlungsstätten, Schank- und Speisegaststätten, Krankenhäuser, Schulen und Beherbergungsstätten. In entsprechenden Verordnungen und Richtlinien werden besondere Anforderungen an das Gebäude bzw. das Brandverhalten von Bauteilen gestellt oder Erleichterungen gestattet, wenn die allgemeinen Schutzziele gleichwertig erreicht werden.

Büro- und Geschäftshäuser als Geschossbauten fallen – sofern kein Sonderbautatbestand besteht – in der Regel in die Gebäudeklassen 4 und 5. Gebäudeklasse 4 wird mit einer Höhe von max. 13 m der Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Geschosses mit Aufenthaltsräumen sowie Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 400 m² begrenzt. Unter die Gebäudeklasse 5 fallen alle Gebäude mit Aufenthaltsflächen zwischen 13 und 22 m über Oberkante Gelände einschließlich unterirdischer Gebäude, sofern keine Sonderbautatbestand vorliegt. Werden für Büro- und Geschäftshäuser beispielsweise als Nachnutzungsstrategie Hotelräume oder Wohnheime einbezogen, wird baurechtlich eine neue Zuordnung wirksam. Je nach Einstufung durch die örtliche Bauaufsicht würde für Wohnheime und wird für Hotelgebäude die Muster-Beherbergungsstätten-Verordnung (MBeVo) baurechtlich herangezogen, die spezifische, auf die Nutzungsart eingehende Anforderungen stellt. Diese sind in der Planungsphase zusätzlich zu berücksichtigen, da sich die baurechtlichen Anforderungen der MBeVo in Teilen gegenüber der MBO erhöhen.

3.6.1.1 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen ***Fire behaviour of building material and building components***

In den allgemeinen Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen gem. §26 MBO werden Baustoffe nach den Anforderungen an ihr Brandverhalten nach nichtbrennbar, schwerentflammbar und normalentflammbar unterschieden. Bauteile als monolithische oder als zusammengesetzte Elemente verschiedener Materialien werden zusätzlich nach den Anforderungen an ihre Feuerwiderstandsfähigkeit in feuerbeständig, hochfeuerhemmend und feuerhemmend klassifiziert. Die Feuerwiderstandsfähigkeit bezieht sich bei tragenden und aussteifenden Bauteilen auf deren Standsicherheit im Brandfall; bei raumabschließenden Bauteilen auf deren Widerstand gegen die Brandausbreitung. Die Klassifizierung regeln in Deutschland zurzeit gleichberechtigt die ältere deutsche Norm DIN 4102-2 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“ und die neuere europäische Norm DIN-EN 13501-2 „Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen“. In der deutschen Norm werden die Begriffe der Feuerwiderstandsfähigkeit einer Mindestfeuerwiderstandsdauer zugeordnet, die in Minuten angegeben wird. Feuerbeständige Bauteile müssen einen Feuerwiderstand von 90 Minuten, hochfeuerhemmende 60 Minuten und feuerhemmende 30 Minuten erfüllen.

Tabelle 3-3 verdeutlicht die abweichenden Anforderungen an das Brandverhalten von tragenden Bauteilen in den Gebäudeklassen 4 und 5 gem. MBO und den Sondernutzungen, die in der MBeVo, der MVStättVO, der MVKVO sowie der M-GarVO festgelegt werden. Es wird deutlich, dass sich ein Großteil der Anforderungen von Gebäudeklasse

4 zu Gebäudeklasse 5 steigert. Im Vergleich bleiben die Anforderungen der Gebäudeklasse 5 mit den einbezogenen Sonderbauverordnungen.

Mit den Vorgaben der Gebäudeklasse 5 werden bereits hohe Ansprüche an das Brandverhalten von tragenden Gebäudeelementen erfüllt – ausgenommen die höchsten Anforderungen aus dem Hochhausbau. Im Sinne der Anpassungsfähigkeit ist die Erfüllung der brandschutztechnischen Vorgaben an tragende Bauteile der Gebäudeklasse 5 unabhängig von der Gebäudeart, -größe und -höhe zielführend. So können unabhängig von den brandschutztechnischen Vorgaben an tragende und aussteifende Bauteile Nachnutzungskonzepte ohne Ertüchtigungsmaßnahmen realisiert werden. Sind Konstruktionen im Nachgang für höhere brandschutztechnische Vorgaben zu ertüchtigen, sind sie durch den aufwendigen und einen langwierigen Eingriff in die Gebäudestruktur mit einem monetären und zeitlichen Aufwand verbunden. Ertüchtigung des Feuerwiderstandes könnten beispielsweise über brandschutztechnische Unterdecken, Brandschutzbeschichtungen, Brandschutzputze oder Brandschutzbekleidungen erwirkt werden, die fast ausschließlich einen Eingriff in die Gebäudekonstruktion bewirken.

3.6.1.2 Brandabschnitte ***Fire compartments***

Eine der ältesten und wirksamsten Maßnahmen zum vorbeugenden Brandschutz ist die Abgrenzung einzelner Brandabschnitte gegenüber anderen Gebäudeteilen oder anderen Gebäuden. Die Brandabschnitte werden mithilfe raumabschließender Bauteile mit Widerstand gegen Feuer und/oder Rauch voneinander getrennt. Dazu gehören unter anderem Wände (Brandwand, Trennwand), Decken, Dächer, Türen, Verglasungen und Abschottungen. Diese Bauteile sollen den Brand während einer definierten Zeit auf den von ihnen gebildeten Brandabschnitt begrenzen. Dabei wird zwischen inneren und äußeren Brandwänden unterschieden. Im Freien können Brandabschnittsbauweise durch entsprechende Abstandsflächen ersetzt werden.

Innere Brandwände zur Unterteilung ausgedehnter Gebäude sind gem. §30 MBO in Abständen von nicht mehr als 40 m anzuordnen. Die Sonderbauverordnungen der einbezogenen Nutzungsarten legen für die räumliche Begrenzung der oberirdischen Geschosse keine abweichenden Bedingung fest bzw. formulieren in Teilen Erleichterungen, wenn alternative Voraussetzungen eingehalten sind. In Gebäuderiegeln, die das maximale Maß für Brandabschnitte überschreiten, ist die Unterteilung mittels innerer Brandwand als Einschränkung der Nutzungsflexibilität und -variabilität zu sehen. Die Position von Brandwänden ist stets im Zusammenhang aller möglichen Nachnutzungsstrategien im Planungsprozess festzulegen. Während sich für die Nutzungsart Wohnen als Spännerlösung, in der sich Wohnungen über die vollständige Gebäudetiefe erstrecken, die Position von Brandwänden nur geringfügig auswirkt, werden Nutzungsarten, die über einen mittig oder fassadenseitig liegenden Flur erschlossen werden, räumlich in verschiedene brandschutztechnische Einheiten unterteilt. Die Funktionalität der Nutzung kann durch die räumliche Zäsur stark eingeschränkt werden.

Tabelle 3-3: Anforderungen des Brandschutzes an Bauteile gem. MBO und verschiedener Sonderbauverordnungen

Table 3-3: Requirements of the fire protection to building components under the MBO and different special building regulations

Bauteile	MBO GK4	MBO GK5	MBeVO	MKVO		MStättVO		M-GarVO
				Obergeschoss	Erdgeschoss	Obergeschoss	Erdgeschoss	
Tragende Wände und Stützen	HFH	FB	FB	FB	FH	FB	FH	FB
Brandwände	HFH unter mechanischer Beanspruchung, nicht brennbar	FB unter mechanischer Beanspruchung, nicht brennbar	FB					
Decke	HFH	FB	FB	FB nicht brennbar	FH nicht brennbar	FB	FB	FB
Treppe	nicht brennbar	FH nicht brennbar	FH nicht brennbar	nicht brennbar	FH nicht brennbar	FH nicht brennbar	FH nicht brennbar	FH nicht brennbar
Treppenträume notw. Treppen	FHF unter mechanischer Beanspruchung, nicht brennbar	FB unter mechanischer Beanspruchung, nicht brennbar						
Schachtwände Aufzüge	HFH	FB nicht brennbar						

FB = feuerbeständig
FH = feuerhemmend
HFH = hochfeuerhemmend

3.6.1.3 Flucht- und Rettungswege **Escape and emergency route**

Mit der Festlegung von Flucht- und Rettungswegen wird im Brandfall oder durch andere Gefahren, die eine Räumung des Gebäudes notwendig machen, die Selbstrettung von Personen (oder Tieren) aus bauliche Anlagen gewährleistet. Gleichzeitig dienen die ausgewiesenen Wege den Einsatzkräften zur Bergung von Personen (Fremdrettung) bzw. zur Brandbekämpfung. Rauchgase spielen hinsichtlich der Gefährdung für den Menschen eine übergeordnete Rolle, so dass Flucht- und Rettungswege den Forderungen entsprechend für eine Zeitdauer rauchfrei bzw. raucharm gehalten werden müssen. Dies wirkt sich auf die Klassifizierung von raumabschließenden Bauteilen und Öffnungen in diesen sowie den Abständen untereinander aus.

In der MBO wird gem. §33 MBO für Nutzungseinheiten mit mindestens einem Aufenthaltsraum wie Wohnungen, Praxen, selbständige Betriebsstätten in jedem Geschoss mindestens zwei voneinander unabhängige Rettungswege ins Freie gefordert. Für Nutzungseinheiten, die nicht zu ebener Erde liegen, muss der erste Rettungsweg über eine notwendige Treppe führen. Der zweite Rettungsweg kann eine weitere notwendige Treppe oder eine mit Rettungsgeräten der Feuerwehr erreichbare Stelle der Nutzungseinheit sein. Von jeder Stelle eines Aufenthaltsraumes müssen die Räume notwendiger Treppen oder Zugänge ins Freie gem. §35 MBO in mindestens 35 m Entfernung erreichbar sein. Die beschriebenen Anforderungen sind unabhängig von der Gebäudeklasse einzuhalten, wobei für die Gebäudeklassen 1 bis 3 in Teilen auf Grund ihrer Gebäudeart und Nutzungen Erleichterungen formuliert sind. Die Anforderungen an Flucht- und Rettungsweglängen aus der MBO werden für Versammlungs- und Verkaufsstätten in der MVStättVO sowie der MVKVO auf 30 bzw. 25 m verkürzt, da von großen Menschenmengen bzw. von durch Einbauten verlängerten Fluchtweglängen in den Nutzungsarten ausgegangen wird. In der MBeVO wird die Länge von notwendigen Fluren mit nur einer Fluchtrichtung, sogenannte Stichflure, gem. §6 MBeVO auf 15 m begrenzt (entscheidend ist die Entfernung zwischen den Türen der Beherbergungsräume und den Öffnungen zum notwendigen Treppenraum oder Ausgängen ins Freie). Die voneinander abweichenden Forderungen sind für die Positionierung von notwendigen Treppenräumen zueinander und zu den einzelnen Aufenthaltsflächen in den Planungsprozess von multifunktionalen Büro- und Geschäftshäusern einzubinden.

In der Sicherheitskaskade der Selbst- und Fremdrettung wird der Übergang von Nutzungseinheit zum notwendigen Treppenraum bzw. zum Ausgang ins Freie als notwendiger Flur bezeichnet. Notwendige Flure müssen gem. § 36 Absatz 1 MBO von anderen Räumen feuerwiderstandsfähig und raumabschließend getrennt sein und gegen das Eindringen von Feuer und Rauch geschützt sein, um die Nutzung im Brandfall ausreichend lang zu ermöglichen. Die Dimension des notwendigen Flures ist so zu bemessen, dass der größte zu erwartende Personenverkehr aufgenommen werden kann. Die brandschutztechnischen Qualitäten sind abhängig von der Gebäudeklasse, der Größe der Nutzungseinheit, der Art der Nutzung und der Lage der Räume im Gebäude. Grundsätzlich werden ab Gebäudeklasse 3 notwendige Flure gefordert. Innerhalb von Wohnungen oder von Nutzungseinheiten $\leq 200 \text{ m}^2$ sowie bei Nutzungseinheiten, die einer Büro oder Verwaltungsnutzung dienen und deren Nutzfläche in einem Geschoss $\leq 400 \text{ m}^2$ beträgt, werden die Anforderungen ausgesetzt, Flurflächen als notwendige

Flure auszubilden. In der MBeVO werden die Erleichterungen der MBO für notwendige Flure in §6 MBeVO revidiert, um die einzelnen Beherbergungsräume als eigenständige Nutzungseinheit festzulegen. So verläuft in Beherbergungsstätten die Sicherheitskaskade im Räumungsfall stets über einen notwendigen Flur. Die erhöhten Sicherheitsvorgaben sind mit der örtlichen Unkenntnis der Beherbergungsgäste zu begründen. Die geforderte Ausbildung eines notwendigen Flures in Beherbergungsstätten wirkt sich auf die Anpassungsfähigkeit von Gebäuden bzw. Geschossen nicht entscheidend aus. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese im Umnutzungsprozess als Leichtbauwände mit erhöhten Anforderungen nachträglich errichtet werden können.

Die Anforderungen an die Treppenträume notwendiger Treppen sind ähnlich dem Brandverhalten von Baustoffen und tragender und aussteifender Bauteilen von der Gebäudeklasse abhängig (siehe Tabelle 3-3). Hier ist erneut eine Abstufung zwischen Gebäudeklasse 4 und den Anforderungen an Treppenträume in Gebäuden der Gebäudeklasse 5 zu erkennen, die sich wiederum mit den Anforderungen der Sonderbauvorordnungen deckt. Die Umsetzung der erhöhten Anforderungen der Gebäudeklasse 5 ist im Sinne der Anpassungsfähigkeit von Büro- und Geschäftshäusern zielführend.

Unter Einbeziehung der Nutzungsart Beherbergungsstätte als Nachnutzung ergeben sich entscheidende Auswirkungen auf die Multifunktionalität. Nach §3 MBeVO wird ein zweiter baulicher Rettungsweg erforderlich, wenn insgesamt mehr als 60 Gastbetten bzw. 30 Gastbetten in einem Geschoss vorhanden sind. Ist diese Vorgabe nicht erfüllt, ist die Nutzung als Beherbergungsstätte nicht zulässig. Sie kann zu einer fehlenden Rentabilität, da tiefgreifende bauliche Maßnahmen zu erfüllen sind, bis hin zum Ausschluss der Nutzungsarten führen, die unter den Sonderbau-Tatbestand Beherbergungsstätte fallen. Auf den zweiten baulichen Rettungsweg kann nur verzichtet werden, wenn eine Rettung über einen sicher erreichbaren Treppenraum möglich ist, in den über technische Maßnahmen kein Feuer und Rauch eindringen kann (Sicherheits-treppenraum). Einen Sicherheitstreppenraum nachträglich in eine bestehende Gebäudestruktur unterzubringen, ist baukonstruktiv in der Regel mit einem zu deutlichen Eingriff in die Gebäudestruktur und einem hohen ökonomischen Aufwand verbunden. Um auf die Notwendigkeit zusätzlicher Treppenträume für notwendige Treppen zu verzichten, sind Anzahl und Position von notwendigen Treppenträumen im Planungsprozess unter Einbeziehung möglicher Sonderverordnungen der in Betracht gezogenen Nutzungsarten festzulegen.

3.6.2 Vertikale und horizontale Erschließung **Vertical and horizontal access**

Erschließungen bezeichnen im Bauwesen neben der infrastrukturellen Nutzbarmachung von Grundstücken und der technischen Infrastruktur eines Hauses insbesondere die Zugangswege und -räume, die es dem Menschen ermöglichen, Nutzungseinheiten wie Büros oder Wohnungen zu erreichen. Die Funktionalität eines Gebäudes hängt von seiner Erschließung ab, daher liegt der Kern einer gelungenen Planung in einem schlüssigen Erschließungskonzept. Je nach Bauaufgabe und in Abhängigkeit der Gebäudeform und -typologie, vom Baugrundstück und je nach Anzahl der Nutzer variieren die Anforderungen an Erschließungswege stark, insbesondere wenn diverser Vorgaben zum vorbeugenden und baulichen Brandschutz bestehen (siehe 3.6.1.3).

Die Gebäudeerschließung unterteilt sich in vertikale Elemente, die einzelne Ebenen eines Gebäudes miteinander verbinden, und horizontale Elemente, die die Erreichbarkeit der Nutzungsbereiche auf einer Ebene regeln. Erschließungsflächen erfüllen primär funktionale Aufgaben, sind aber in der Regel auch Teil des räumlichen wie gestalterischen Konzepts, wenn es um die Schaffung von Aufenthaltsqualitäten oder Kommunikationsbereichen geht. Im Entwurfsvorgang hat die Klärung der Erschließung eines Gebäudes in der Regel Vorrang vor weiteren Überlegungen. Lage und Form sind abhängig von den zuerkannten Aufgaben. Die Funktion der Haupttreppe, Nebentreppe oder Fluchttreppe ziehen unterschiedliche Gestaltungsvorgänge nach sich [3-51], [3-52].

Die Planung der Erschließung eines Gebäudes richtet sich nach der Bauaufgabe und der Anzahl und Art der potentiellen Nutzer. Die Nutzungseinheiten von Bürogebäuden werden in der Regel über zentrale Treppen- und Aufzugskerne erschlossen. Über den Treppenraum oder eine separate Vorzone werden die einzelnen Miet- / Nutzeinheiten unabhängig voneinander zugänglich gemacht. Ein gemeinsamer Aufzug ist Bestandteil der barrierefreien Zugänglichkeit am Arbeitsplatz. Im Wohnungsbau werden je nach Anzahl und Abstand der Gebäudekerne sowie je nach Anzahl der Wohneinheiten, die je Geschoss erschlossen werden sollen, unterschiedliche Erschließungskonzepte notwendig. Die Erschließungsform direkt vom Treppenpodest aus wird als Ein-, Zwei-, Drei- oder Mehrspanner bezeichnet. Abhängig von der Anzahl der zu erschließenden Wohneinheiten ist der Gebäudekern fassadenseitig oder in Gebäudemitte verschoben. Die Verschiebung in Gebäudemitte ermöglicht die Flächen an der Fassade für Wohnräume zu nutzen und bietet im Erdgeschoss die Eingangszone für Briefkastenanlagen und Abstellflächen für Kinderwägen in Richtung Fassade zu erweitern. Bei der alternativen Laubengangerschließung führt ein Verbindungsweg vom Treppenpodest in der Regel entlang der Fassade zu den einzelnen Wohneinheiten. Dieser liegt in der Gebäudehülle, in einem Zwischenklima oder im Außenraum, was in der Nutzbarkeit entsprechend zu berücksichtigen ist. Bei Laubengänglösungen ist die Position von Treppe und Aufzug variierend. Üblich sind die Anordnung von Treppenräumen in Verlängerung des Laubengangs sowie die Anordnung von Treppenräumen in räumlichen „Taschen“ zwischen den Nutzungseinheiten. Aufzüge werden in Abhängigkeit von der Geschosszahl und der Lage von barrierefreien Wohnungen baurechtlich gefordert. Für Wohnheime und Hotelräume ist die mittig liegende horizontale Erschließung üblich, die zu den einzelnen Räumen entlang der Fassade führt. Die Treppenräume gliedern sich an den Flurbereich seitlich an. Da Beherbergungs- und Wohnräume gegenüber von Gebäudekernen akustische Beeinträchtigungen durch erhöhten Personenverkehr erfahren, werden diese Flächen teilweise für die Positionierung von Aufzugsanlagen oder Nebenräumen wie Servicebereiche genutzt. Aufzüge werden abhängig von Geschossanzahl und Nutzungsart gefordert. Für Hotels ist je nach Qualitätsstandard ein zusätzlicher Aufzug für Servicekräfte einzuplanen.

Unterschiedliche Anforderungen an den Treppenraum und abweichende horizontale Erschließungsformen erschweren das Erschließungskonzept für multifunktionale Büro- und Geschäftshäuser einheitlich zu definieren. Das Konzept ist abhängig von den einbezogenen Nutzungsarten und der zu erschließenden Fläche festzulegen. Im Sinne

einer hohen Flexibilität ist die Lage von vertikalen Erschließungsräumen an der Fassade für eine Büronutzung zielführend, da Nutzungseinheiten auf beiden Seiten des Gebäudekerns zu einer gemeinsamen Einheit zusammengeführt werden können. Zusätzlich lassen sich fassadenseitige Treppenräume belichten sowie natürlich belüften und können auf Erdgeschossniveau den baurechtlich geforderten Übergang ins Freie leicht herstellen. In Wohnheimen oder Beherbergungsstätten ist die fassadenseitige Anordnung der Treppenräume als Übergang in einen mittig liegenden Flur entlang identischer Nutzungseinheiten zweckmäßig, da das starre Raster der Nutzeinheiten nur einseitig unterbrochen wird. Die den Gebäudekernen gegenüberliegenden Flächen sind sorgfältig zu gestalten, um mögliche akustische Beeinträchtigungen in den Nutzungseinheiten zu vermeiden. Für die Nutzungsart Wohnen ist für beide Erschließungsvarianten eine fassadenseitige Anordnung von Gebäudekernen umsetzbar; für die Laubengänglösung ratsam. Neben den funktionalen Vorteilen wie Belichtung und Belüftung kann der Treppenraum als willkommenes Element bei der Strukturierung von großflächigen Fassadenabschnitten gestalterisch aktiviert werden.

Anzahl und Abstand der vertikalen Erschließungsräume wirkt sich auf die Nutzungsmöglichkeiten des Gebäudes aus. Diese sind im Zusammenhang mit den Vorgaben des Baurechts – maximale Rettungsweglänge und Stichflurlänge – aber auch mit der Unterteilung in Nutzungseinheiten der Geschossflächen festzulegen. Speziell für die Nutzungsart Wohnen ergibt sich aus dem Abstand der Gebäudekerne untereinander Anforderungen an die Erschließungsform. Wenn Wohnungsgrundrisse nicht mehr effizient und funktional zwischen den Gebäudekern anzuordnen sind, übernehmen Laubengänglösungen die Aufgabe der Zugänglichkeit in die Wohneinheiten.

Neben Anzahl und Abstand der Gebäudekerne ist auch die Funktionalität der Erschließungsräume für die Anpassungsfähigkeit entscheidend. Diese ist abhängig von der Lage und Ausrichtung der Treppe bzw. der Treppenpodeste sowie die Anzahl der Aufzüge. An Hand der drei Entwürfe von Gebäudekernen in Abbildung 3-30 lässt sich erkennen, wie sich Nutzungseinheiten bzw. Flurflächen an den Gebäudekern anschließen. Besteht eine Anschlussmöglichkeit lediglich auf Seite der Gebäudemitte ist für eine mögliche Nachnutzung als Wohngebäude mit Laubengängerschließung ein hoher Flächenverbrauch für zusätzliche Flurfläche notwendig. Mit zusätzlichen Aufzügen lassen sich beispielsweise eine Hotelnutzung mit unabhängigen Aufzügen für Gäste und Personal realisieren. Weiter besteht mit einem zweiten Aufzug die Möglichkeit verschiedene Nutzungen in den Obergeschossen unabhängig voneinander barrierefrei zu erschließen. Eine Wohnnutzung in den obersten Geschossen ließe sich unabhängig von einer Büronutzung andienen. Die Aspekte der Funktionalität frühzeitig im Planungsprozess zu prüfen – hierzu gehört unter anderem auch die Lage von Versorgungsschächten – erhöht die Anpassungsfähigkeit von Gebäudekernen.

Vertikale Erschließungsräume gehören zu den prägenden und komplexen Komponenten eines Entwurfs. Sie dienen nicht selten als Visitenkarte eines Gebäudes und ihre einzelnen Elemente werden in einer anspruchsvollen Architektur fast immer gestaltprägend eingesetzt. Neben der rein funktionalen Aufgabe – der Verbindung unterschiedlicher Ebenen – kommt ihr von alters her auch eine metaphorische Bedeutung als Symbol des Aufstiegs, als Übergang in eine andere Welt zu. [3-51]

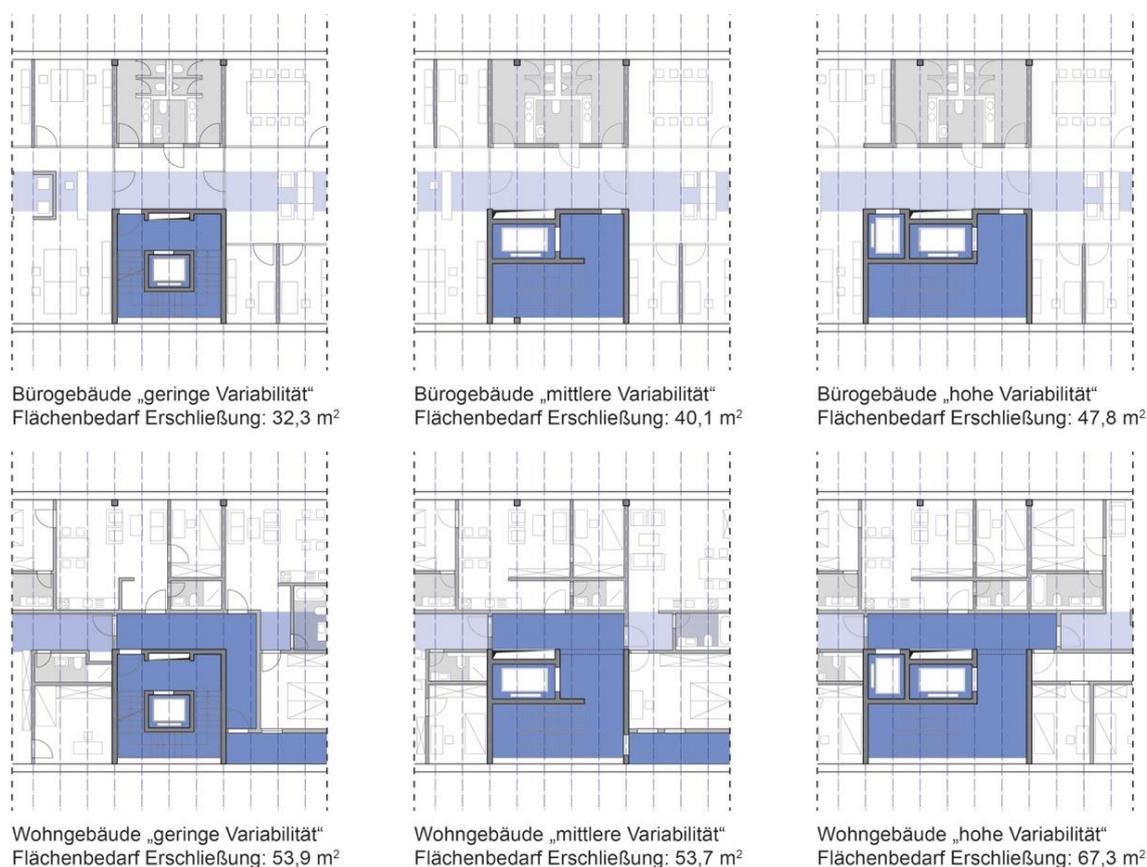


Abbildung 3-30: Unterschiedlich hohe Funktionalität und Flächenbedarf der Gebäudekerne in der Um-
nutzung von Büro- zu Wohngebäude

Figure 3-30: Various functionality and space requirement of building cores in the transformation of an
office into a residential building

3.6.3 Fassade Facade

Die Fassade als Schnittstelle zwischen Innen- und Außenraum übernimmt als komplexes Bauteil vielfältige Aufgaben. Die Hauptaufgabe besteht zunächst im Schutz des Innenraums vor Witterung. Sie wird daher häufig mit der menschlichen Haut verglichen, die den Energiehaushalt des Körpers reguliert, indem sie auf sich ändernde Einflüsse und Verhältnisse reagiert. Neben den Einflüssen des Außenraums sind Fassaden auch internen Beanspruchungen ausgesetzt. Während die Außenbedingung in der Regel durch die spezifischen Gegebenheiten vor Ort nicht beeinflussbar ist, sind die Anforderungen an die inneren Bedingungen von vornherein nicht determiniert bzw. Änderungen unterworfen, die von der Nutzung des Innenraums ausgehen.

Fassaden sind im öffentlichen Raum ein wichtiges Gestaltungselement. Über die Gestaltung und Materialisierung der Fassade entsteht ein Corporate Design, das für Nutzer ein wichtiges Merkmal ist. Über die Gestaltung der Außenhülle und die Position sowie die Dimension von Öffnungen lässt sich die Nutzung des Gebäudes nach außen tragen. Für die vielfältigen weiteren Aufgabenfelder von Fassaden wie zum Beispiel die Energieeffizienz, die thermische, visuelle und akustische Behaglichkeit sowie die Si-

cherheit und Gebäudeschutz wird auf vorhandene Literatur verwiesen, in der auch Hinweise zu den Anforderungen an die Konstruktion und Montage, zur Standsicherheit oder zu dem Gestaltungsspielraum in der Wahl der Materialität zu finden sind.

Fassaden lassen sich in verschiedene Fassadenarten gliedern. Neben konstruktiven und materiellen Arten bezieht sich die Gliederung in Loch-, Band- und Elementfassaden auf den Öffnungsanteil in der Fassadenfläche [3-33]. Als Lochfassaden werden Fassaden bezeichnet, die mit regelmäßigen Öffnungen massive, opake Wandkonstruktionen gliedern. Die Lochfassade stellt im Vergleich zu den alternativen Fassadenarten eine kostengünstige Variante dar. Bandfassaden klassifiziert horizontale, durchlaufende Fensterbänder vor Öffnungen massiver Außenwände. Die Bänder gliedern im Zusammenspiel mit horizontalen Brüstungselementen die Fassade. Als Elementfassaden werden Raumabschlüsse bezeichnet, die aus vorgefertigten, geschosshohen Einzelelementen in opaker, transluzenter oder transparenter Ausführung vor der Rohbaukonstruktion zusammengesetzt werden. Sie integrieren in der Regel alle erforderlichen Bestandteile in einem Element, wie Brüstungselemente, Deckenkopfbekleidungen und zum Teil öffnende Fensterfelder. Die Auswirkung des Öffnungsanteils sowie Position, Dimension und Art der Öffnungen lassen einen Zusammenhang auf die Innenraumqualität herstellen. Jedoch lässt sich über die Fassade zunächst kein Bezug auf die Nutzungsart herstellen – siehe Abbildung 3-31. Erst die Nutzung des Innenraums, der sich in den Öffnungen der Fassade nach Außen darstellt, lässt eine klare Zuordnung zu.

Die Projektbeispiele in Abbildung 3-31 verdeutlichen, dass die verschiedenen Fassadenarten für alle im Forschungsvorhaben in Betracht gezogenen Nutzungsarten in der Praxis angewendet werden. Geringe Unterschiede der konstruktiven, bauphysikalischen und technischen Anforderungen an Fassaden sind für eine grundsätzlich hohe Anpassungsfähigkeit für verschiedene Nutzungsarten verantwortlich. Dies kann an den annähernd identischen thermischen, hygienischen und visuellen Behaglichkeitskriterien der einzelnen Nutzungsarten bestätigt werden. Lediglich die festgelegte Luftschalldämmung $R'_{w,res}$ von Außenbauteilen zur Sicherstellung einer akustischen Behaglichkeit weicht gem. DIN 4109 für Bürogebäuden leicht gegenüber den Wohn- und Beherbergungsräumen ab. Dies deckt sich mit den Anforderungen aus Abbildung 3-32 an den Körper- und Luftschallschutzanforderungen an Geschossdecken und ist in der Nutzung als Arbeitsstätte zu begründen. Erhöhte Anforderungen gelten für die Nutzungsarten wo Ruhe- und Schlafaktivitäten zu beachten sind, wozu das Bürogebäude nicht zuzuordnen ist.

Werden für die Nutzung des Innenraums Anpassungen der Fassade notwendig, können einzelne Fensterelemente der Element- oder Bandfassade ohne größeren Aufwand ausgetauscht werden. Die Beeinträchtigung des Austausches ist im Innenraum als geringfügig einzustufen. Dies ist für Lochfassaden, wo neue Fensteröffnungen herzustellen sind, mit einem erhöhten Aufwand verbunden. Im Sinne der Anpassungsfähigkeit sind daher Band- und Elementfassade höher einzustufen, auch wenn die Lochfassade mit opaken Außenwandflächen zwischen den Öffnungselementen mehr Spielraum für einen veränderten Anschluss von leichten Trennwänden zulässt. Die Anschlussmöglichkeiten von Trennwänden an den elementierten Fassaden müssen über den Einbau von Zwischenelementen in das vorhandene Fassadenraster hergestellt

werden. Hier sind hinsichtlich der Körper- und Luftschallübertragungen zwischen Nutzungseinheiten erhöhte Anforderungen zu beachten – siehe Abbildung 3-33.

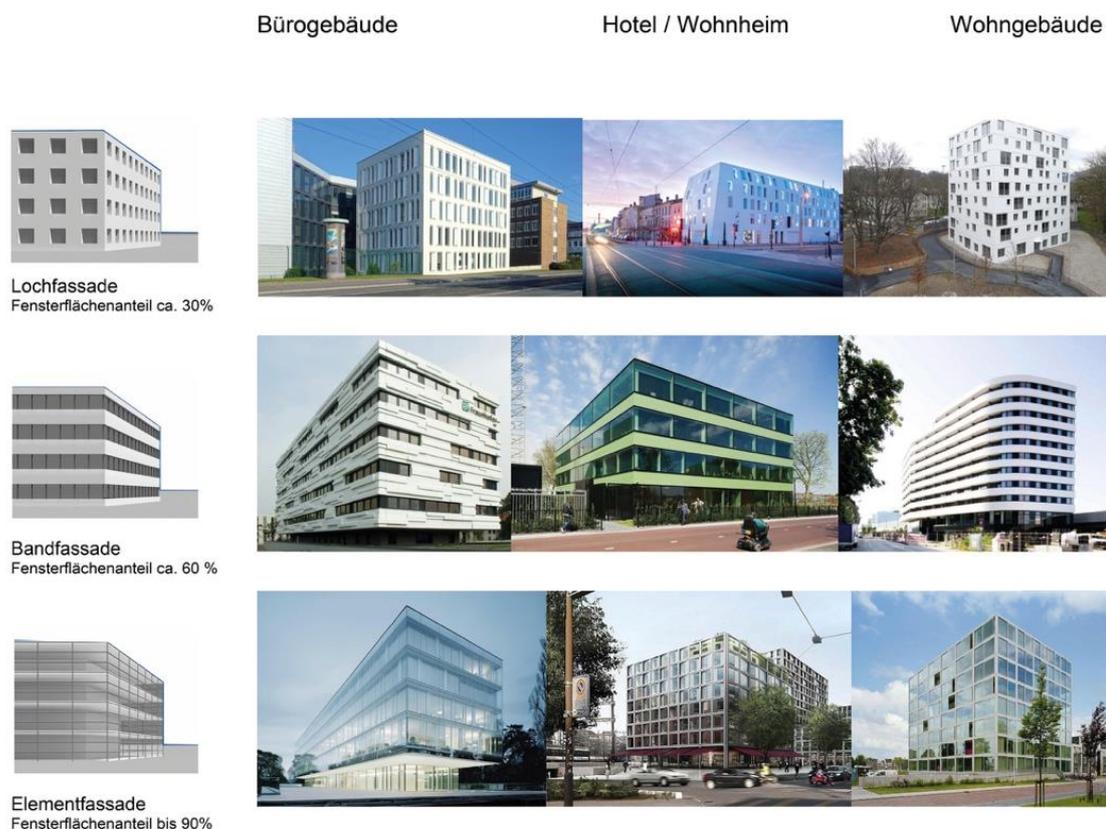


Abbildung 3-31: Projektbeispiel für die Fassadenarten sortiert nach den verschiedenen Nutzungsarten

Figure 3-31: Project examples for the types of façades sort by the different types of use

Die Wahl der Fassadenart und die konstruktive Gestaltung hängen vom gewünschten äußeren Erscheinungsbild und den funktionalen Anforderungen der Nutzungsart ab. Funktional sind mit allen Fassadenarten die im Forschungsvorhaben in Betracht gezogenen Nutzungsarten umzusetzen. Daher sind, wie zuvor beschrieben, in Bezug auf die Anpassungsfähigkeit nur geringe Maßnahmen in der Planungsphase zu berücksichtigen. Entscheidender ist die Frage, welche Anforderungen an die Fassaden zukünftig gestellt werden. Die stetig steigenden Anforderungen der EnEV werden in einem Umnutzungsprozess relevant und sind mit den bauphysikalischen Eigenschaften und konstruktiven Vorgaben der gewählten Fassade zu erfüllen. Für Investoren stellt sich daher die Frage, ob bereits für die Erstnutzung eine höherwertige Fassade einkalkuliert werden sollte, die bereits absehbare zukünftige Entwicklungen der Anforderungen an die Fassaden erfüllt. Alternativ lässt sich durch einen geeigneten Außenwandaufbau, der über geeignete konstruktive Verbindungen – zum Beispiel Schraub- oder Steckverbindungen – von der Primärkonstruktion losgelöst betrachtet werden kann, um die Austauschbarkeit von Elementen an der Fassade mit geringem Aufwand zu bewerkstelligen. So könnte mittels Austausch der Wärmedämmung auf gestiegene Anforderungen an den Wärmeschutz reagiert werden. Die Anpassungsfähigkeit der Fassade hängt dementsprechend stärker mit den Anforderungen an die Fassade selbst zusammen als mit den veränderten Anforderungen durch einen Nutzungs- oder Nutzerwechsel.

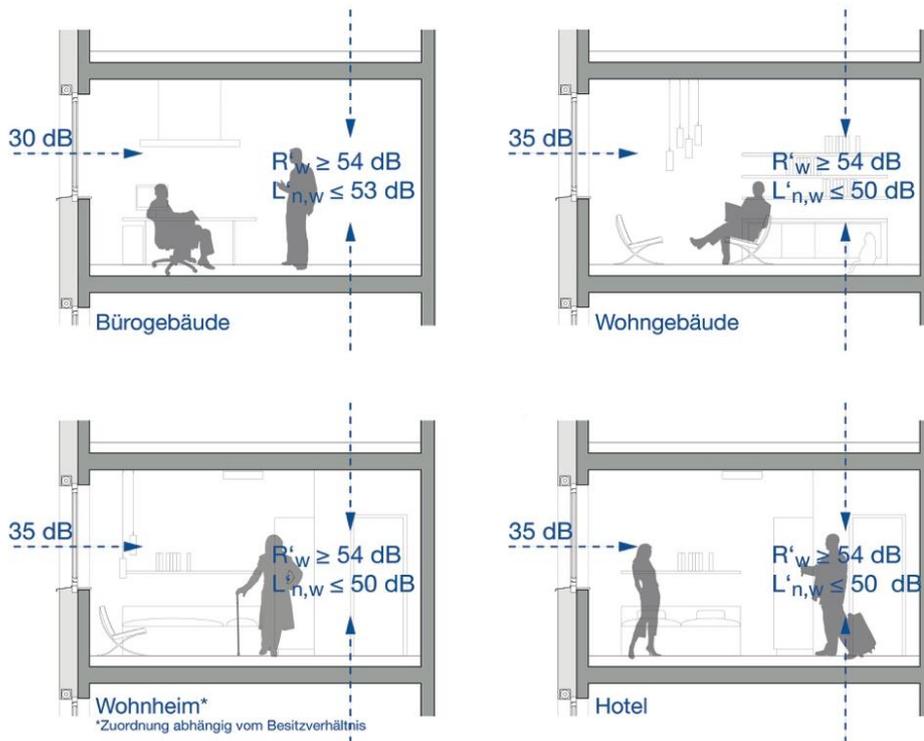


Abbildung 3-32: Anforderungen an den Körper- sowie Luftschall in Räumen der verschiedenen Nutzungsarten gem. DIN 4109

Figure 3-32: Requirements to the structure-borne and airborne sound in rooms of the different types of use in accordance with DIN 4109

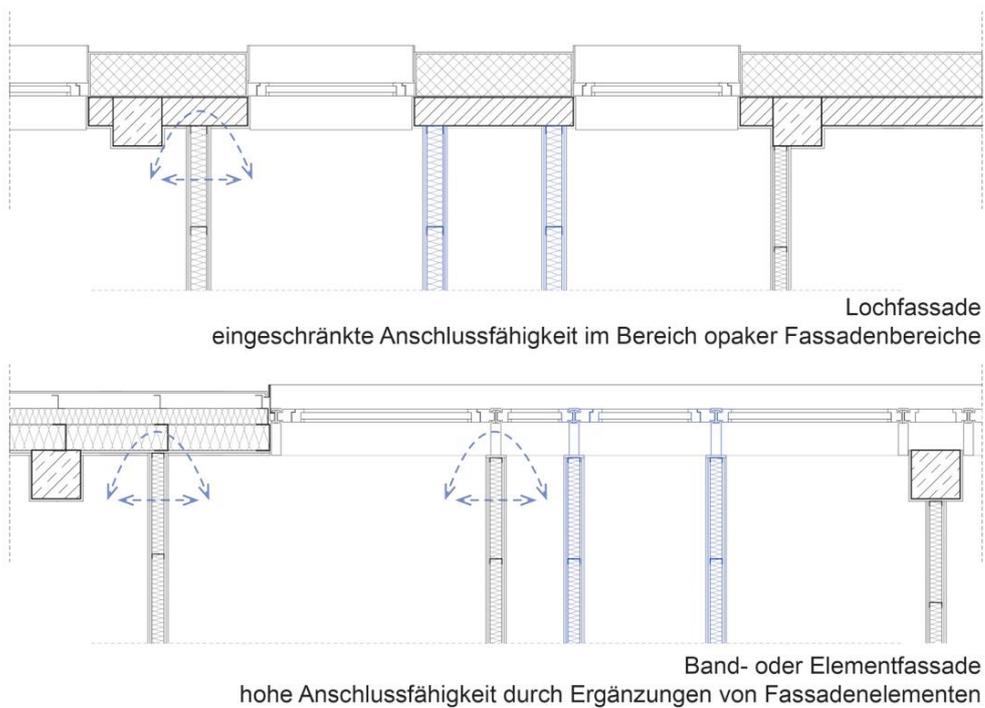


Abbildung 3-33: Anschlussmöglichkeiten an verschiedene Fassadentypen von zusätzlichen oder zu verschiebenden Trennwänden

Figure 3-33: Connection options to different types of façades of additional or sliding partitions

3.6.4 Technische Gebäudeausrüstung Building services

Architektur und Technik sollten immer als ein Gesamtsystem betrachtet werden. Nur durch die Optimierung der zahlreichen Schnittstellen innerhalb des Systems entstehen Gebäude, die den Anforderungen ihrer Nutzung und einem hohen Anspruch an Funktionalität, Ästhetik und Bauqualität gerecht werden [3-53]. Für die Planung des Gesamtsystems multifunktionaler Büro- und Geschäftshäuser besteht die Herausforderung in der Berücksichtigung aller gebäudetechnologischen Anforderungen von der Erstnutzung bis hin zu allen möglichen Nachnutzungskonzepten, deren Bedürfnisse nur an Hand aktueller Anforderungen festgelegt werden können. Durch den hohen Innovationsgrad der Gebäudetechnik, vorrangig von elektronischen Medien und der digitalen Vernetzung, ist der gebäudetechnische Ausbau dauerhaften Veränderungs- und Optimierungsprozessen ausgesetzt, deren Möglichkeiten und Anforderungen aktuell nicht abzusehen sind. Für die aktuellen aber auch zukünftigen Bedürfnissen gerechte Versorgung von Gebäuden mit Medien der TGA müssen räumliche Vorkehrungen getroffen werden, die eine Umnutzung in eine alternative Nutzungsart erlauben bzw. mittels geringer Eingriffe ermöglichen. Denn in der Regel ist das gebäudetechnische Konzept mit einem Wechsel der Nutzer und der Nutzung entsprechend anzupassen. Daher werden im Folgenden übergeordnete Planungsstrategien für multifunktionale Büro- und Geschäftshäuser formuliert. Für spezifische Nutzeranforderungen an die Ausführungsplanung der einzelnen Themengebiete der TGA wird auf vorhandene Literatur verwiesen.

Die Technische Gebäudeausrüstung lässt sich in verschiedene Hauptaufgabenfelder unterteilen. Umgangssprachlich werden sie in die übergeordneten Themen Elektrotechnik, Sanitär, Temperierung und Lüftung unterteilt. In welchem Umfang Gebäude mit den technischen Medien versorgt werden, ist vor allem eine Frage des Komforts, des gewählten Energiestandards aber vorrangig eine Frage der Nutzung. Je nach Anzahl, Größe, Art und Komfort der Nutzungseinheit variieren die Anforderungen an die TGA deutlich. An den beiden Beispielen der Nutzungen Büro und Hotel der Abbildung 3-34 wird die abweichende Anzahl und Ausstattung der Sanitärbereiche deutlich, für die im Umnutzungsprozess Maßnahmen frühzeitig oder im Umnutzungsprozess vorzusehen sind.



Abbildung 3-34: Vergleich Größe, Anzahl und Lage von Sanitärräumen in den Nutzungsarten Büro und Hotel

Figure 3-34: Comparison of size, number and position of sanitary facilities in the types of use office and hotel

Die Versorgung von Nutzungseinheiten in Geschossbauten erfolgt in der Regel aus gebäudetechnischen Zentralen über vertikale Schächte. Abhängig vom Medium können die Zentralen auf dem Dach des Gebäudes (z.B. Lüftungszentrale) oder im Untergeschoss untergebracht sein. Die Versorgung wird in die beiden Verteilungssysteme „vertikal“ und „horizontal“ unterschieden. Das vertikale System sieht die Verteilung der Medien im Untergeschoss bzw. auf der Dachfläche vor, um an entsprechender Stelle mittels einzelner Vertikalschächte die Geschosse zu ver- bzw. zu entsorgen. In der horizontalen Verteilung wird über zentrale Schächte, die in der Regel im Gebäudekern eingebunden sind, eine Hauptversorgung bis auf Geschossebene vorgesehen. In den Geschossen werden die Medien über die Geschossdecke in die einzelnen Nutzungseinheiten verlegt. Im Sinne der Anpassungsfähigkeit ist die vertikale Verteilung als die zielführende Variante anzusehen, da sie die Nutzung benachbarter Einheiten durch ausbleibende Leitungsdurchdringungen über den Zeitraum des Umnutzungsprozesses nicht einschränkt. Zusätzlich können erhöhte Schall- und Brandschutzanforderungen zwischen den Nutzungseinheiten vermieden werden, die durch notwendige Durchdringungen entstehen würden.

Auf Geschossebene ist die horizontale Verteilung je nach Medium im Geschossdeckenaufbau oder in abgehängten Unterdecken üblich. Hierfür sind entsprechende Flächen und Installationsräume vorzusehen. Bei ausreichend hohen Querschnitten des Deckentragwerks können Medien auch in Tragwerksebene geführt werden. Dies ist vor allem für die Medien mit großen Rohrquerschnitten nützlich, da die Verschiebung in Trägerebene zu einer Reduktion des Deckenaufbaus führt – siehe Abbildung 3-28.

Für die Medien Elektro und Temperierung werden geringe Rohr- bzw. Kabelquerschnitte benötigt. Diese lassen sich von Unterzentralen in den Nutzungseinheiten ausgehend in geringen Deckenaufbauten oder abgehängten Unterdecken anordnen. Teilweise werden sie in Wandflächen geführt. Die Dimensionen der Trinkwarmwasserzufuhr ist abhängig von der Anzahl der Verbraucher. Die gedämmten Rohrquerschnitte können bei entsprechendem Bodenaufbau in der Trittschallebene und im Estrich unter Einhaltung des geforderten Schallschutzes geführt werden. Liegen die Installationschächte der Steigleitungen in direktem Bezug zu den Installationswänden von Sanitärräumen, können die Zuleitungen der Trinkwarmwasserzufuhr direkt von Schächten in den Installationswänden geführt werden. Nennweiten von Schmutzwasserleitungen werden entsprechend der Sanitärobjekte unterschiedlich dimensioniert und in Installationswänden der Nutzungseinheiten in Sammelleitungen zusammengeführt. Die vertikalen Fallleitungen liegen in Installationsschächten, die in unmittelbarer Nähe zu den Installationswänden der Sanitärbereiche liegen. Muss Schmutzwasser in horizontalen Sammelanschlussleitungen entwässert werden, muss neben den Nennweiten der Leitung ein ausreichend starkes Gefälle vorgesehen werden. Die maximale horizontale Rohrlänge wird mit 10 m begrenzt. Der sich ergebende Rohrquerschnitt aus Rohr, Dämmung und möglicher Platzbedarf für horizontale Leitungen im Gefälle von ca. 30 cm ist nicht mehr in einfachen Bodenaufbauten unterzubringen. Es werden bei Standardbodenaufbauten Durchdringungen der Geschossdecke notwendig, so dass die Leitungen in der benachbarten Geschossebene im Hohlraum einer abgehängten Decke geführt werden kann. Auf Grund der Durchdringungen werden erhöhte Schall- und Brandschutzanforderungen wirksam.

Mechanische Lüftungsanlagen werden je nach Energiestandard notwendig oder sind von der Nutzung abhängig. Sie kommen zum Einsatz, wenn die Erneuerung bzw. Klimatisierung der Raumluft nicht über die natürliche Lüftung erfüllt werden kann bzw. wenn der Komfortanspruch eine mechanische Belüftung bedingt. Lüftungstechnische Anlagen und Rohrsysteme beanspruchen den größten Raum- und Flächenbedarf der TGA, der in Abhängigkeit zum gewählten Lüftungsprinzip steht. Ab- und Zuluftrohrleitungen werden in der Regel im Deckenbereich oder alternativ als Unterflurkanäle vor Fassaden geführt. Um größere Druckverluste in den Kanälen zu vermeiden werden häufig Rohrquerschnitte verwendet mit einem Seitenverhältnis von 1:2, die zu Querschnitten von ca. 20 bis 30 cm in der Höhe führen. Hierfür ist ein ausreichender Platzbedarf vorzusehen, vor allem wenn sich die Kanäle für Zu- und Abluft kreuzen.

Die Koordination der Trassenführung und des Platzbedarfes der Medien der TGA wird im Planungsprozess häufig vernachlässigt und führt zu Nachtragsmaßnahmen bereits im Bauprozess. Die Einbeziehung verschiedener Nutzungsarten im Planungsprozess im Sinne einer hohen Variabilität erhöht die bereits vorhandene Komplexität der Trassenführung weiter. Für mögliche Umnutzungsprozesse ist zu prüfen, in wie weit bestehende Kabel- und Rohrführung der TGA eingebunden werden können oder ob mit Nutzer- bzw. Nutzungswechsel grundsätzlich Anpassungsmaßnahmen erfolgen müssen. Dies ist vor allem dann zu prüfen, wenn Medien der TGA in Bauteilen eingebunden sind, die durch den Nutzer-/Nutzungswechsel rückgebaut werden.

Als Lösungsweg für veränderte Anforderungen an die TGA sind für anpassungsfähige Gebäude flexible Konzepte zu wählen, die den baulichen Aufwand im Umnutzungsprozess wie auch die Instandhaltungs- und Sanierungskosten reduzieren. Während mit den Medien Elektro, Temperierung und Trinkwarmwasser weitestgehend flexibel auf räumliche Vorgaben reagiert werden kann, geben die Dimension der Rohrleitungen von Schmutzwasser und der mechanischen Lüftung einen festgelegten Raumbedarf in Geschossebene vor. Hinsichtlich der Variabilität orientiert sich eine optimierte Installation am Prinzip zentraler Trassenführung, von der aus abweichende Anforderungen erfüllt werden können. Im Zusammenhang mit dem kompatiblen Grundriss und Schnitt in Abbildung 3-29 bietet sich für die zentrale Trassenführung der Bereich der Mittelzone an. Dort kann der Platzbedarf für die Leitungsführung in abgehängten Unterdecken ohne Einschränkung der Nutzung erfüllt werden. Ist die Trassenführung vom Primärtragwerk losgelöst, eine dauerhafte Zugänglichkeit gewährleistet, Platzreserven für nachträgliche Installationen sowie vorkonditionierte Hohlräume als spätere Installationsräume vorgesehen, sind für einen Nutzer- bzw. Nutzungswechsel optimale Voraussetzungen hergestellt, die für eine hohe Anpassungsfähigkeit sprechen.

3.7 Anpassungsfähigkeit Adaptability

Die Architektur kann als Werkzeug der Gesellschaft verstanden werden, ihre momentanen Vorstellungen von gebautem Lebens- und Arbeitsraum umzusetzen. Ändern sich diese, stellt sich die Frage nach der Anpassungsfähigkeit von Gebäuden. Je einfacher und vielfältiger sich diese bei Bedarf anpassen lassen, desto höher sind die Möglichkeiten die Lebensdauer zu verlängern. Die Anpassungsfähigkeit in der Architektur bezeichnet die Fähigkeit, in kurzer Zeit, mit angemessenen Aufwand und zu vertretbaren

Kosten auf veränderte Gegebenheiten reagieren zu können. Sie ist somit ein Gradmesser für eine hohe Vermarktungsfähigkeit und einen langfristigen Werteverhalt [3-4].

Die Höhe der Anpassungsfähigkeit eines Gebäudes wird frühzeitig im Planungsprozess bestimmt. Sie hängt mit der Anzahl und dem notwendigen Erfüllungsgrad der Anforderungskriterien von Nutzer und Nutzungsarten an die einzelnen Entwurfparameter zusammen, die in den Planungsprozess einbezogen werden. Je vielfältig nutzbarer sich das Profil eines Gebäudes darstellt, desto geringer ist der Aufwand für Nutzer- und Nutzungswechsel. Doch mit Hinzunahme von Anforderungsprofilen wird der Gestaltungsspielraum der Planer stärker eingeschränkt und kann zur immer deutlicheren Abkehr von nutzungsspezifischen, effizienten Gebäudestrukturen führen. Ist beispielsweise die Mindestanforderung der Nutzlast an Geschossdecken einer einzelnen, in Betracht gezogenen Nutzungsart gegenüber den restlichen, einbezogenen Nutzungsarten höher, werden die Anforderungen vieler Nutzungsarten übererfüllt. Dies wirkt sich auf die Entstehungskosten zunächst negativ aus, kann aber langfristig gesehen die Vermarktungsfähigkeit positiv und die Langlebigkeit des Gebäudes beeinflussen. Somit sind für anpassungsfähige Büro- und Geschäftshäuser die individuellen Anforderungen von Nutzungsarten an einzelne Entwurfparameter stets unter objektplanerischen Aspekten als auch unter dem ökonomischen Aufwand und den ökologischen Auswirkungen in der Lebenszyklusbetrachtung zu bewerten. Nur aus einer Gesamtbeurteilung heraus ist die Einbeziehung von Nutzungsarten in den Planungsprozess zur Erhöhung der Anpassungsfähigkeit vorzunehmen.

Die Anpassungsfähigkeit von Gebäuden ist aus objektplanerischer Sicht an einigen entscheidenden Entwurfparametern auszumachen. Ausgangslage ist eine Rohbaukonstruktion, die die Voraussetzung zur variablen Nutzung erfüllt. Neben der Gebäudedimension sind das Tragwerk und die Gliederung des Gebäudes mittels Gebäudekerne auf die Anforderungen der einbezogenen Nutzungsarten festzulegen. Die Funktionalität des Gebäudes und der Geschosse hängt im Weiteren von den Erschließungsmöglichkeiten und der Versorgung mit den Medien der TGA ab, die Nachnutzungskonzepte berücksichtigt. Die geschossweise Umnutzungsfähigkeit wirkt sich auf die Wahl einzelner Entwurfparameter aus, ist aber eher als ein Mehrwert für die Vermarktungsfähigkeit einzustufen.

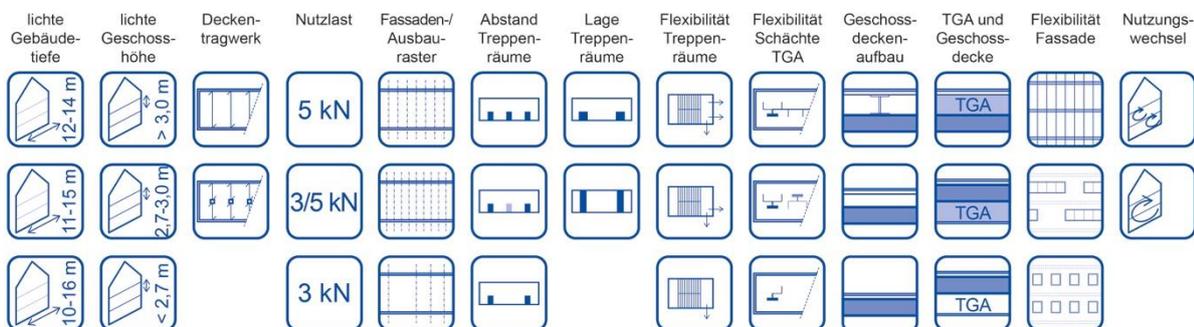


Abbildung 3-35: Übersicht relevanter Gebäude- und Planungsparameter für die Anpassungsfähigkeit von Geschossbauten

Figure 3-35: Overview of relevant building and planning parameters describing the adaptability of multi-storey buildings

Die Kombinationsmöglichkeiten aus Gebäude- und Planungsparameter gem. Abbildung 3-35 wirken sich auf die Höhe der Anpassungsfähigkeit aus. Grundsätzlich ist im Sinne der Langlebigkeit und Vermarktungsfähigkeit eine maximale Anpassungsfähigkeit wünschenswert. Da sich die Variabilitätsparameter ökonomisch und ökologisch auswirken, ist die Auswahl projektspezifisch vorzunehmen. So kann abhängig von vielen weiteren Faktoren – Standort, Budget, Grundstück, Zielgruppe, ... – das für das Projekt geeignete Maß der Anpassungsfähigkeit definiert werden. Die Festlegung der Anpassungsfähigkeit lässt sich ohne größeren baulichen und ökonomischen Aufwand nur im Planungsprozess verändern. Je weiter fortgeschritten ein Bauvorhaben in der Planung ist, desto schwieriger lassen sich Korrekturen vornehmen. Für den eigentlichen Bauprozess von Gebäuden wirkt sich das Maß der Anpassungsfähigkeit nur geringfügig durch ein ggf. erhöhtes Bauvolumen oder komplexere und aufwendigere Bauteile aus.

Es wird deutlich, dass sich die Anpassungsfähigkeit fast ausschließlich in der Entwurfsphase festlegen lässt. Daher sind frühzeitig die am Projektbeteiligten in den Planungs- und Entscheidungsprozess einzubinden, um frühzeitig die Gebäude- und Planungsparameter festlegen zu können. Denn nur in den frühen Leistungsphasen lassen sich bauliche Vorkehrungen treffen, die eine spätere Umnutzung begünstigen ohne deutliche Auswirkungen auf die Ökonomie des Projektes zu haben.

Mit den dargestellten Ergebnissen im Kapitel Objektplanung des Forschungsvorhabens wird nicht das Ziel verfolgt, alle auftretenden, entwurfsrelevanten Fragen anpassungsfähiger Büro- und Geschäftshäuser zu beantworten, sondern vor allem eine anwendbare Methodik für entscheidende Planungsempfehlungen zu vermitteln. Die Einzeldarstellung und Bewertung der einzelnen Entwurfsparameter versucht die Komplexität der Aufgabenstellung aufzuzeigen, zu der in der Praxis die Einbeziehung fast aller Fachplaner notwendig ist. Sie können in diesem Forschungsbericht aufgrund der Komplexität und notwendiger Bearbeitungstiefe von Bauaufgaben nur in Teilen allgemeingültig dargestellt werden.

Das Ziel besteht darin, ein Verständnis für die entscheidenden Kriterien der Anpassungsfähigkeit zu vermitteln und Hinweise zu geben, wie sich der Aufwand für Nutzungsänderungen auf die Ausbauebene reduzieren lässt. Inwieweit sich die Planungsempfehlungen der Objektplanung mit den Ergebnissen der ökologischen und ökonomischen Betrachtung vereinbaren lassen, wird in den Kapiteln 4 und 6 dargestellt.

3.8 Referenzgebäude **Reference building**

Um die Aspekte der Anpassungsfähigkeit auf mehreren Ebenen bewerten zu können, werden drei Entwürfe von Büro- und Geschäftshäusern entwickelt, in die die zuvor beschriebenen Variablen der Anpassungsfähigkeit unterschiedlich einfließen. Aufgrund der zusammengestellten Entwurfsparameter werden für ausgewählte Nachnutzungskonzepte unterschiedlich starke Eingriffe in die Gebäudestruktur notwendig. Die drei Entwürfe werden daher als Referenzgebäude mit geringer, mittlerer und hoher Variabilität bezeichnet. Im Folgenden werden aus objektplanerischer Sicht die drei Referenzgebäude beschrieben und ihre Vermarktungsfähigkeit im Zusammenhang mit dem Grad der Anpassungsfähigkeit bewertet. Die Auswirkungen auf die Konstruktion, Öko-

logie sowie die Ökonomie über den gesamten Lebenszyklus werden an Hand der Erstnutzung als Bürogebäude und der gewählten Nachnutzungskonzepte in den Kapiteln 4 und 6 dargestellt.

Die vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten in der Architektur hätten aus den festgelegten Entwurfsparameter der Referenzgebäude auch alternative Entwurfsansätze entwickelt werden können. Doch im Sinne einer Vergleichbarkeit wurden im iterativen Entwurfsprozess die Kriterien der Objektplanung im Zusammenspiel mit verschiedenen Tragwerkslösungen gewählt und die im Folgenden beschriebenen Referenzgebäude entwickelt. Sie sind daher als ein möglicher Vorschlag anpassungsfähiger Gebäudestrukturen anzusehen, in denen sich die Auswirkungen auf die Ökonomie und die Ökologie deutlich abbilden lassen. Mögliche Einflüsse und Vorgaben von Grundstücksgrößen und -zuschnitten wurden bewusst vermieden, um die Komplexität der Bewertung nicht weiter zu erhöhen.

3.8.1 Nutzungsszenarien Usage Scenarios

Bei den Referenzgebäuden handelt es sich um 6-geschossige Bürogebäude mit zwei Untergeschossen für Stellplätze sowie Lagerungsmöglichkeiten und Räume für die Gebäudetechnik. Im Erdgeschoss werden als Erstnutzung Gewerbeeinheiten vorgesehen, die ein unterschiedlich großes Flächenangebot ausweisen. Nach einer ersten Nutzungsphase werden für alle Referenzgebäude Umbaumaßnahmen für eine abweichende Zweitnutzung notwendig. Als Nachnutzung der Obergeschosse werden typisch städtische Nutzungsarten ausgewählt, wie das Wohnen mit unterschiedlichen Erschließungsformen sowie ein Hotel als Beherbergungsstätte – siehe Abbildung 3-36. Wohnheime für Studierende oder Senioren werden auf Grund der strukturellen, räumlichen und funktionalen Nähe zu Hotel-Grundrissen nicht einbezogen, da keine zusätzlichen Erkenntnisse zu erwarten sind. Als Merkmal für eine hohe Anpassungsfähigkeit wird zusätzlich die Konstellation einer Mischnutzung vorgesehen. Im multifunktionalen Geschäftshaus werden Voraussetzungen geschaffen, einzelne Geschosse umzunutzen, ohne im Umnutzungsprozess bauliche Auswirkungen auf die angrenzenden Geschosse hervorzurufen. Dies trifft vor allem auf Änderungsmaßnahmen zu, die die Versorgungsleitungen und Schächte der TGA betreffen.

Für die unterschiedlichen Nutzungen sind riegelförmige Gebäude mit den Abmessungen von 13 x ca. 82 m (lichte Gebäudetiefe x Gebäudelänge) entworfen worden. Das Maß der lichten Gebäudetiefe ergibt sich aus den Erkenntnissen von Kapitel 3.5.1. Die Gebäudelänge ist aus dem konzeptionellen Ansatz entwickelt worden, an den beiden Gebäudekernen jeweils maximal 400 m²-Einheiten anzuordnen (Abbildung 3-37), für die vereinfachte brandschutztechnische Vorgaben bestehen. Die Reduzierung auf 200 m²-Einheiten an beiden Gebäudeenden lässt sich in einem variableren Büroflächenangebot begründen. Zusätzlich lässt sich auf der Fläche von ca. 200 m² ein vermarktungsfähiger Wohnungsmix mit Einheiten von bis zu 120 m² Wohnfläche funktional anordnen. Die allgemeinen Anforderungen an Flucht- und Rettungsweglängen von max. 35 m sowie die von Stichflurlängen aus der MBeVO von maximal 15 m können in den Abmessungen der Referenzgebäude nachgewiesen werden.

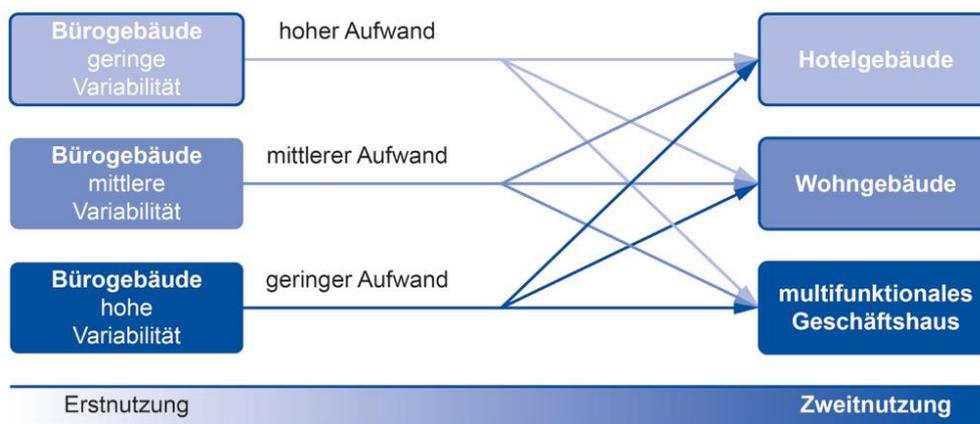


Abbildung 3-36: Nutzungsszenarien für Bürogebäude mit unterschiedlich hoher Variabilität

Figure 3-36: Usage Scenarios for office buildings with different variability

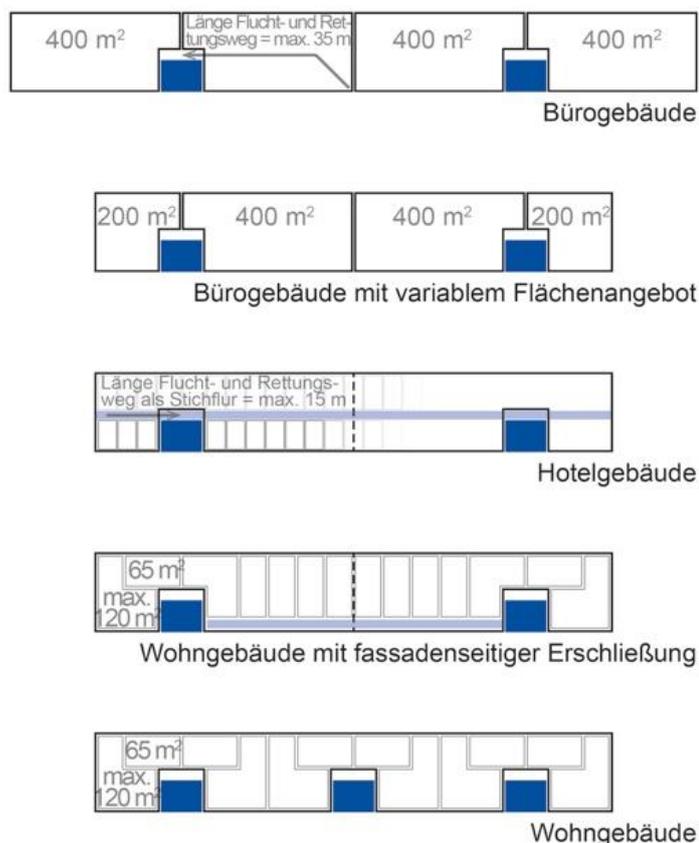


Abbildung 3-37: Räumliche und funktionale Kriterien zur Festlegung der Dimension der Referenzgebäude (ca. Flächen)

Figure 3-37: Spatial and functional criteria to dimension the reference buildings (ap. areas)

Auch wenn die Anpassungsfähigkeit von Gebäuden unter anderem von der lichten Gebäudetiefe abhängig ist, ist für die Bewertung der multifunktionalen Referenzgebäude die identische Grundrissabmessung notwendig. Andernfalls können keine vergleichbaren Bezüge der Gesamtkosten im Verhältnis zur Gebäudefläche hergestellt werden. Die Erschließung der Referenzgebäude erfolgt über zwei bzw. im Referenzgebäude

mit hoher Variabilität über drei kompakte Gebäudekerne. Der dritte Gebäudekern ermöglicht eine flexiblere Unterteilung der Geschossfläche in unterschiedlich große Büroeinheiten. Für eine Nachnutzung als Hotel wäre der dritte Gebäudekern nicht erforderlich; bei der Umnutzung in ein klassisches Wohngebäude mit der Erschließung über den Treppenraum jedoch funktionale Voraussetzung. Andernfalls erfolgt die Erschließung der in Gebäudemitte liegenden Wohneinheiten ausschließlich über Laubengänge. Dies führt zu entsprechenden Einschränkungen bei der Zonierung der Wohnungsgrundrisse.

Die Gebäudehöhe der Referenzbauten setzt sich aus unterschiedlichen Geschosshöhen der Obergeschosse zusammen (Abbildung 3-38). Für die Untergeschosse und das Erdgeschoss werden in allen Referenzgebäuden identische Abmessungen vorgesehen. Für die technischen Flächen und Lagerflächen sowie die Stellplätze im Untergeschoss wird eine geringe, für die Nutzungen entsprechende Raumhöhe von 2,15 m festgelegt. Im Erdgeschoss wird für verschiedene ergänzende Nutzungen, wie ein Foyer, gastronomische Angebote, Besprechungs- und Konferenzbereiche sowie Räumlichkeiten für Sportangebote, eine lichte Raumhöhe von 3,60 m und ausreichendem Installationsraum im (abgehängten) Deckenbereich vorgesehen. Die lichten Raumhöhen der Obergeschosse erhöht sich mit Zunahme der Variabilität. Für eine hohe Variabilität werden die lichten Raumhöhen der Obergeschosse mit 3,00 m festgelegt, die den Anforderungen aller einbezogenen Nutzungsarten gerecht wird. Für das Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität wird in Teilen die lichte Raumhöhe auf 2,75 m reduziert. Diese Höhe entspricht der Mindestanforderung flexibler Bürogebäude, führt aber zu Belichtungsschwierigkeiten von Nutzungsarten in eigentlich überhohen Räumen wie Ateliers oder die Büroorganisationsform „open space“. Für die Obergeschosse des Referenzgebäudes mit geringer Variabilität werden durchgängig eine lichte Raumhöhe von 2,75 m festgelegt. Entsprechend der lichten Raumhöhen wird die Nutzlast der Geschossdecken auf 3 bzw. 5 kN/m² definiert. Während mit 5 kN/m² die Anforderungen fast aller Nutzungsarten erfüllt werden, können mit 3 kN/m² nur die häufigen Nutzungsarten Büro, Wohnen und Hotel abgedeckt werden. Die Nutzlast für das Erd- und Untergeschoss werden für die in Betracht gezogenen Nutzungsarten einheitlich mit 6 kN/m² festgelegt.

Als Deckentragwerke werden für die Referenzgebäude zwei verschiedene Systeme ausgewählt. Während das Unterzugsystem in der Lage ist, die Gebäudetiefe ohne zusätzliche Mittelstütze zu überspannen und so eine hohe Freiheit bei der Gestaltung der Räume bietet, muss das gewählte Flachdeckensystem im Referenzgebäude mit geringerer Variabilität in Gebäudemitte unterstützt werden. Die Innenstützen werden aus den beschriebenen Anforderungen außermittig angeordnet, um Einschränkungen in der Nutzung zu begrenzen und die Kompatibilität mit dem Stützenraster der Tiefgarage herzustellen.

In der Addition von lichtem Raum und Geschossdeckenaufbau erzeugt die konstruktive Höhe des Unterzugsystems im Vergleich zum Flachdeckensystem ein deutlich höheres Geschossmaß, das sich auch auf die Gebäudehöhe auswirkt. Unterdessen bietet es den Vorteil eines Installationsraumes unter der Decke für Medien der TGA. Muss dieser mittels aufgeständertem Boden oder abgehängter Decke gleichwertig für das Flachdeckensystem hergestellt werden, werden die Vorteile der geringen Konstruktionshöhe

obsolet. Um den Vorteil der geringen Geschosshöhe von Flachdeckensystemen gegenüber Unterzugsystemen umzusetzen, ist die Begrenzung der TGA-Schächte auf den Bereich der Zone in Gebäudemitte zielführend. Dort ist die Reduktion der Raumhöhe für die Nutzung der Geschossfläche als nicht einschränkend einzustufen, da es sich um Erschließungs- und Nebenräume handelt.

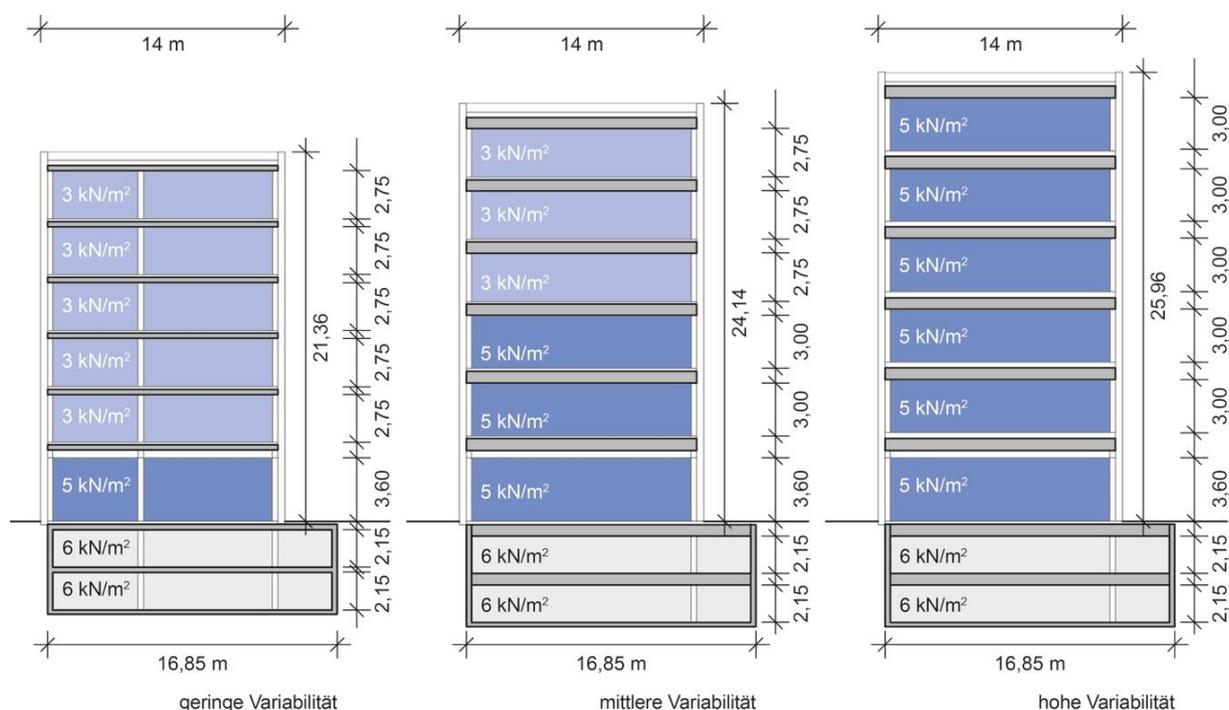


Abbildung 3-38: Referenzgebäude mit unterschiedlichen Variabilitätsgraden im Schnitt mit Angabe der Geschosshöhe und der Flächenlastanforderung

Figure 3-38: Sections of reference buildings with different degrees of variability with indications of room heights and imposed loads

Im Referenzgebäude mit hoher Variabilität wird neben dem Installationsraum in Trägerebene der Unterzugdecke zusätzlich der Raum in einem Doppelboden genutzt, um bauliche Veränderungen der TGA auf die betreffende Nutzungseinheit zu beschränken. Bei den Gebäuden mit geringer und mittlerer Variabilität muss im Umnutzungsprozess von notwendigen Eingriffen und Beeinträchtigungen in den angrenzenden Geschossen ausgegangen werden, die sich auf die Vermarktungsfähigkeit bzw. auf die Mieteinnahmen auswirken. Die erhöhte Variabilität der Installationsmöglichkeiten der TGA erfordert einen entsprechend hohen Deckenaufbau, der zu einem höheren konstruktiven und monetären Aufwand bei der Errichtung von Gebäuden führt, da die Fassadenflächen sowie die vertikalen Flächen im Innenraum entsprechend um das identische Maß zunehmen.

Die Kosten von Fassaden nehmen einen hohen Prozentsatz der Gesamtkosten ein und können in der Praxis je nach Fassadentyp – Loch-, Band- oder Elementfassade – deutliche preisliche Abweichungen vorweisen. Da die Wahl der Fassade nur geringen Einfluss auf die Anpassungsfähigkeit der Referenzgebäude hat, wird auf eine Variation der Fassade zwischen den unterschiedlichen Variabilitätsgraden der Referenzgebäude erachtet. In Kapitel 4.8.3.3 werden die ökonomischen und ökologischen Auswirkungen

der verschiedenen Fassadensysteme in Abhängigkeit zur Gebäudehöhe in einer separaten Studie durchgeführt.

Im gewählten Maßstab der Planzeichnungen für den Forschungsbericht lassen sich nicht alle eingeflossenen Entwurfsparameter grafisch darstellen. Sie werden daher in den nachfolgenden Abschnitten 3.8.2 bis 3.8.4 stichpunktartig beschrieben.

Im Anhang B des Forschungsberichtes werden die Planzeichnungen detaillierter und vermasst dargestellt.

3.8.2 Referenzgebäude mit geringer Variabilität Reference building with low variability

Die Entwurfsparameter für das Referenzgebäude mit geringer Variabilität setzt sich aus den folgenden Vorgaben zusammen:

- lichte Gebäudetiefe: 13 m
- Gebäudelänge: 82 m
- lichte Geschosshöhe: 2,75 m (OGs), 3,62 m (EG) und 2,16 m (UGs)
- Deckentragwerk: Flachdecke
- Nutzlast Deckentragwerk: 3 kN/m² (OGs), 5kN/m² (EG); 6 kN/m² (UGs)
- Ausbauraster: 1,35 m
- Konstruktionsraster: 5,40 m
- Anzahl Treppenräume: 2
- Lage Treppenraum: fassadenseitig
- Flexibilität Schächte TGA: in abgehängter Unterdecke
- Geschossdeckenaufbau: Standard
- Nutzungswechsel: geschossweiser Wechsel nicht möglich

Abbildung 3-39 zeigt die Auswahl der Entwurfskriterien. In der Abbildung 3.40 sind schematisch die Grundrisse der Untergeschosse, des Erdgeschosses und der Obergeschosse sowie Längs- und Querschnitte bei einer Büronutzung als Erstnutzung dargestellt. Abbildung 3.41 zeigt schematisch die Grundrisse des Referenzgebäudes mit einer Wohn- oder Hotelnutzung als Zweitnutzung.

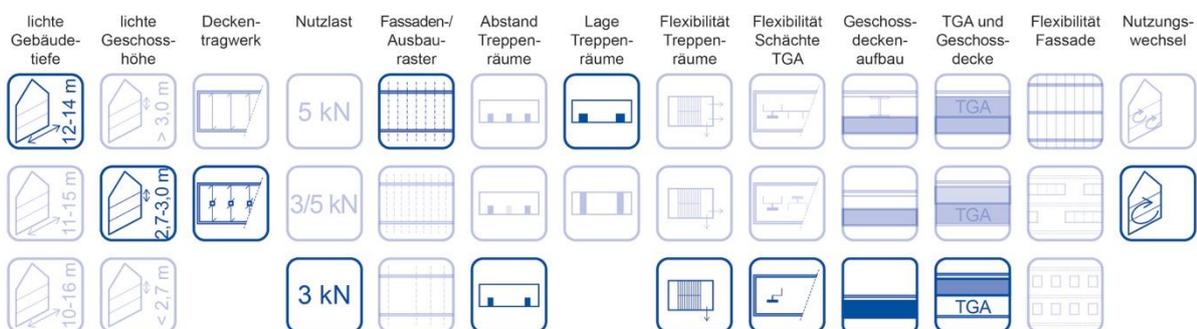


Abbildung 3-39: Übersicht der einbezogenen Kriterien für das Referenzgebäude mit geringer Variabilität

Figure 3-39: Overview of the integrated parameters for the reference building with low variability

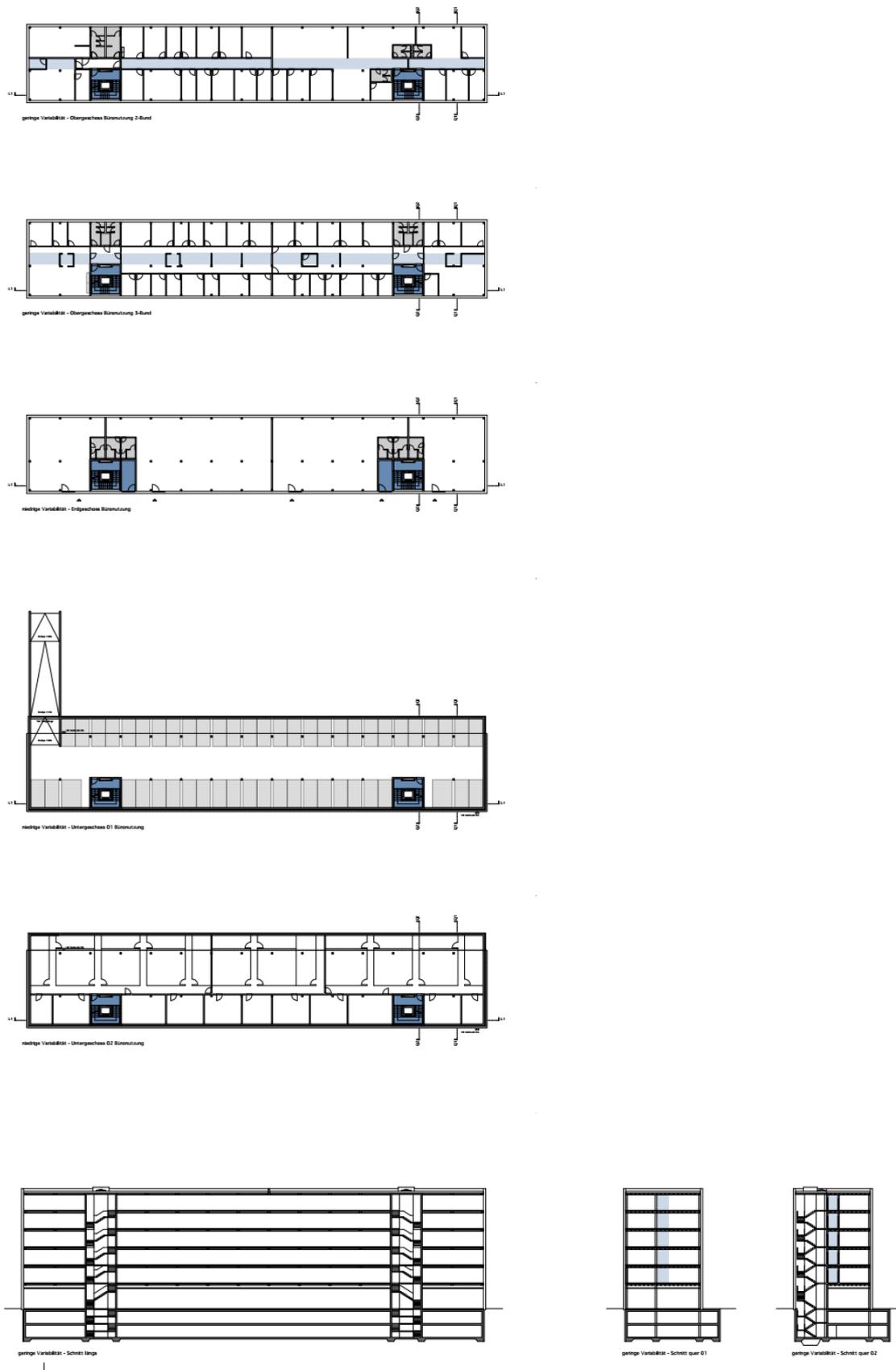


Abbildung 3-40: Schematische Grundrisse und Schnitte Büronutzung des Referenzgebäudes mit geringer Variabilität

Figure 3-40: Schematically floor plan and sections office use of the reference building with low variability



Abbildung 3-41: Schematische Grundrisse Wohnnutzung (links) und Hotelnutzung (rechts) des Referenzgebäudes mit geringer Variabilität

Figure 3-41: Schematically floor plan residential use (left) and hotel use (right) of the reference building with low variability

3.8.3 Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität Reference building with medium variability

Die Entwurfsparameter für das Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität setzt sich aus den folgenden Vorgaben zusammen:

- Lichte Gebäudetiefe: 13 m
- Gebäudelänge: 82 m
- lichte Geschosshöhe: 3,00 m (1–3 OG); 2,75 m (4–6 OG), 3,62 m (EG) und 2,16 m (UGs)
- Deckentragwerk: Unterzugdecke
- Nutzlast Deckentragwerk: 5 kN/m² (1–3 OG); 3 kN/m² (4–6 OG); 5kN/m² (EG); 6 kN/m² (UG)
- Ausbauraster: 1,35 m
- Konstruktionsraster: 5,40 m
- Anzahl Treppenräume: 2
- Lage Treppenraum: fassadenseitig
- Flexibilität Schächte TGA: in Konstruktionsebene
- Geschossdeckenaufbau: Standard
- Nutzungswechsel: geschossweiser Wechsel nicht möglich

Abbildung 3.42 zeigt die Auswahl der Entwurfskriterien. In der Abbildung 3.43 sind schematisch die Grundrisse der Untergeschosse, des Erdgeschosses und der Obergeschosse sowie Längs- und Querschnitte bei einer Büronutzung als Erstnutzung dargestellt. Abbildung 3.44 zeigt schematisch die Grundrisse des Referenzgebäudes mit einer Wohn- oder Hotelnutzung als Zweitnutzung.

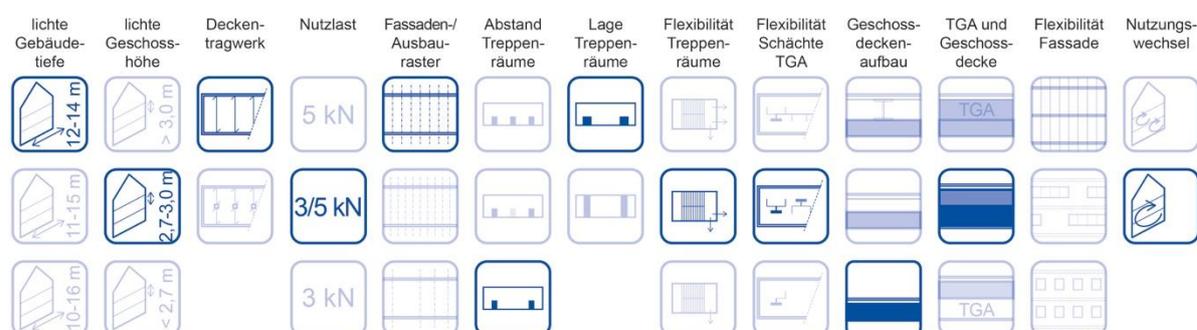


Abbildung 3-42: Übersicht der einbezogenen Parameter für das Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität

Figure 3-42: Overview of the integrated parameters for the reference building with medium variability

Objektplanung Building planning

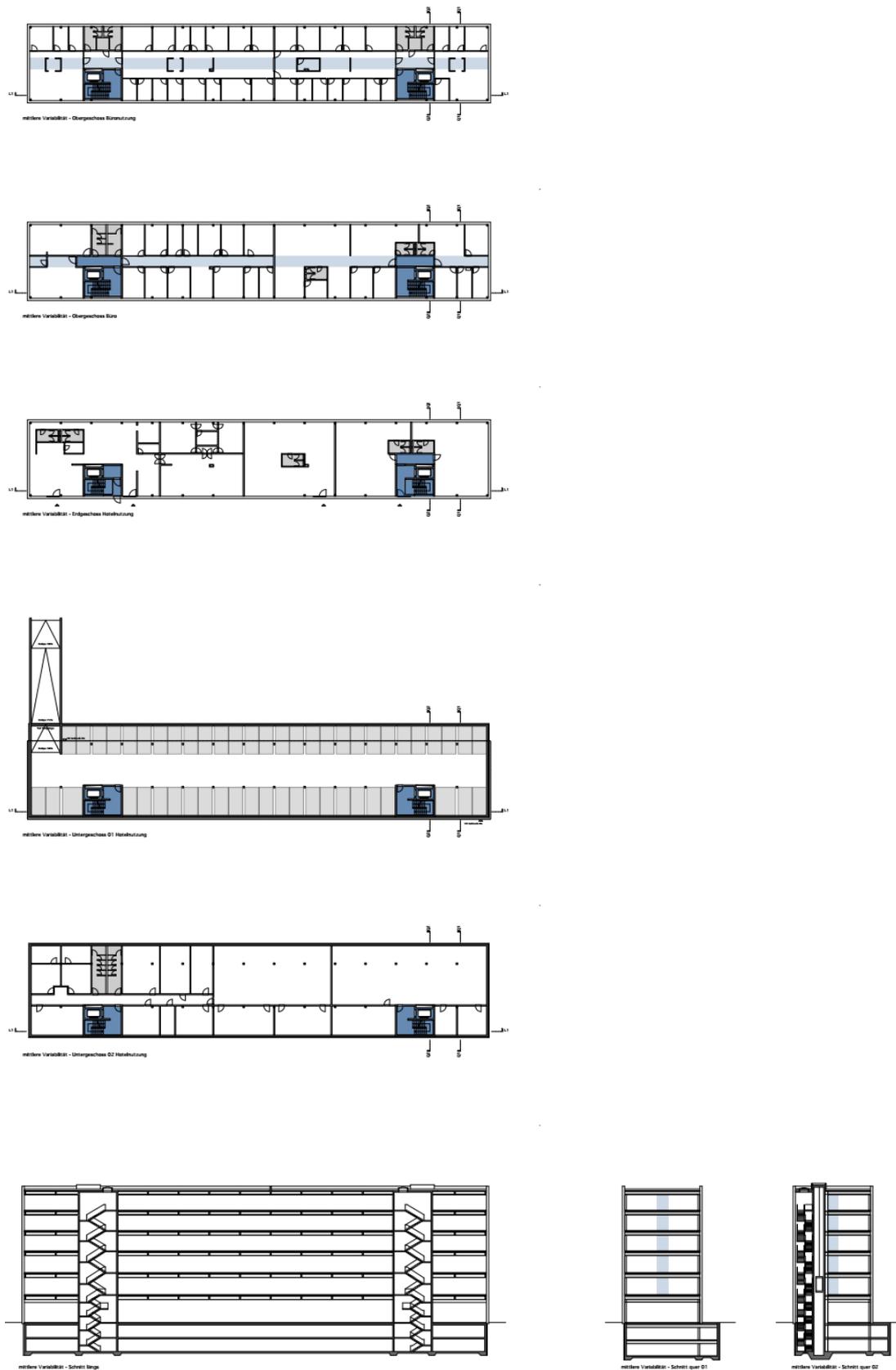


Abbildung 3-43: Schematische Grundrisse und Schnitte Büronutzung des Referenzgebäudes mit mittlerer Variabilität

Figure 3-43: Schematically floor plan and sections office use of the reference building with medium variability

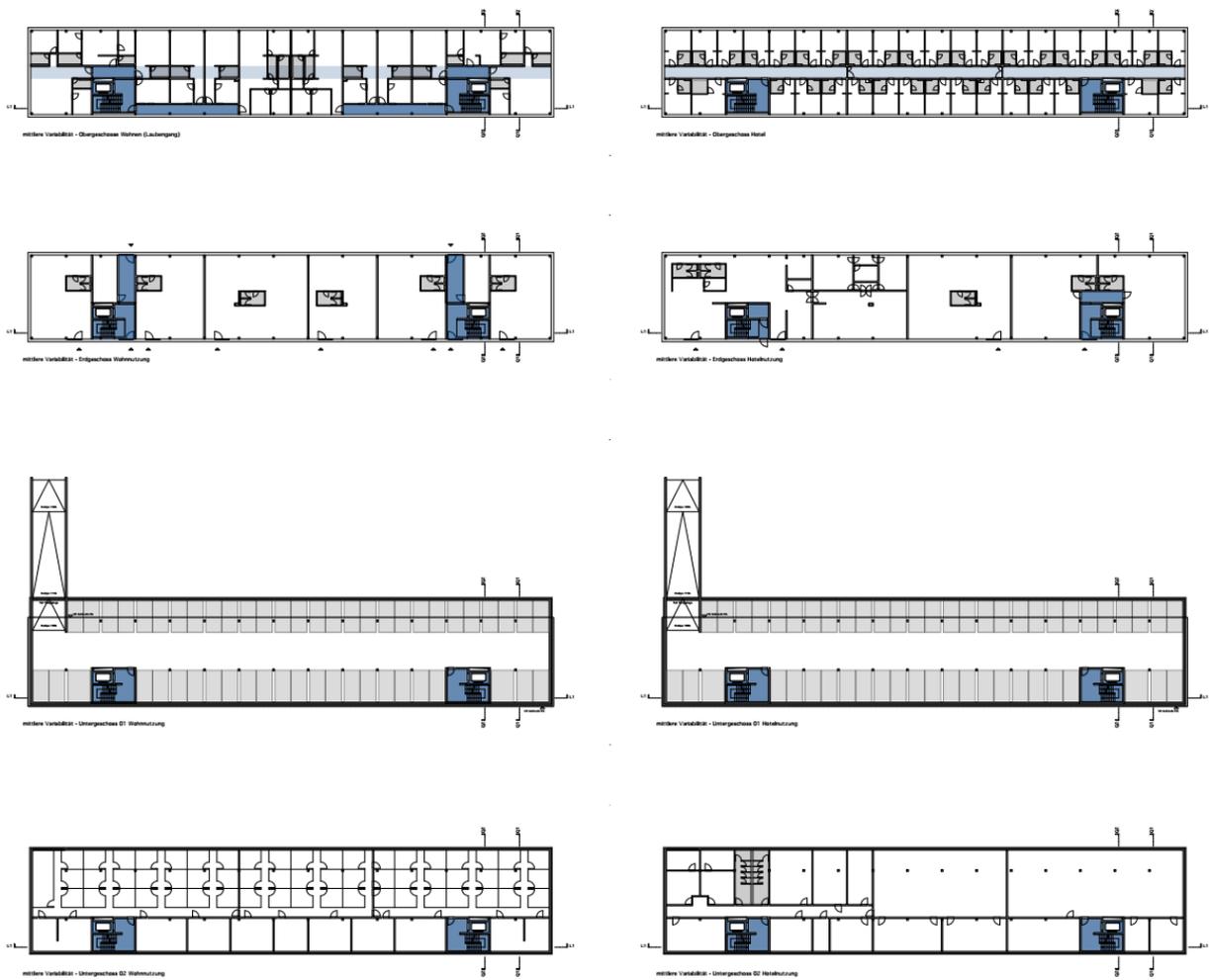


Abbildung 3-44: Schematische Grundrisse Wohnnutzung (links) und Hotelnutzung (rechts) des Referenzgebäudes mit mittlerer Variabilität

Figure 3-44: Schematically floor plan residential use (left) and hotel use (right) of the reference building with medium variability

3.8.4 Referenzgebäude mit hoher Variabilität Reference building with high variability

Die Entwurfsparameter für das Referenzgebäude mit hoher Variabilität setzt sich aus den folgenden Vorgaben zusammen:

- Gebäudetiefe im Lichten: 13 m
- Gebäudelänge: 82 m
- Lichte Geschosshöhe: 3,00 m (OGs), 3,62 m (EG) und 2,16 m (UGs)
- Deckentragwerk: Unterzugdecke
- Nutzlast Deckentragwerk: 5 kN/m² (OGs und EG), 6 kN/m² (UGs)
- Ausbauraster: 1,35 m
- Konstruktionsraster: 5,40 m
- Anzahl Treppenräume: 3
- Lage Treppenraum: fassadenseitig
- Flexibilität Schächte TGA: in Konstruktionsebene und oberhalb der Geschossdecke
- Geschossdeckenaufbau: Hohlraumboden
- Nutzungswechsel: geschossweiser Wechsel möglich

Abbildung 3-45 zeigt die Auswahl der Entwurfskriterien. In der Abbildung 3.46 sind schematisch die Grundrisse der Untergeschosse, des Erdgeschosses und der Obergeschosse sowie Längs- und Querschnitte bei einer Büronutzung als Erstnutzung dargestellt. Abbildung 3.47 zeigt schematisch die Grundrisse des Referenzgebäudes mit einer Wohn- oder Hotelnutzung als Zweitnutzung.

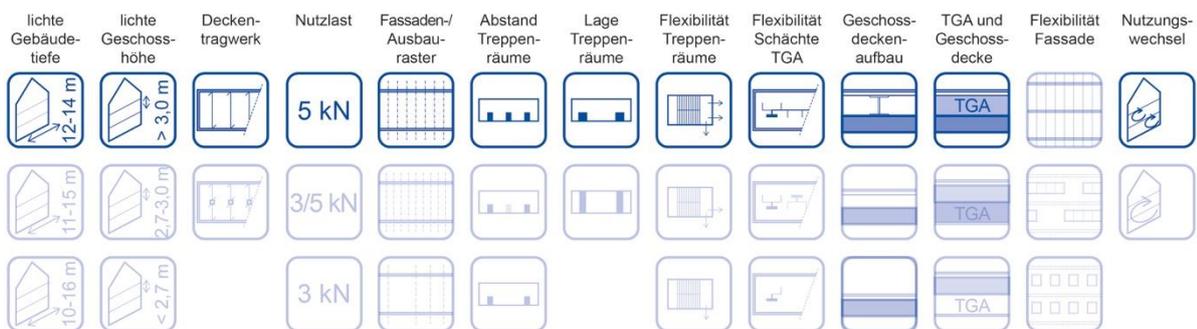


Abbildung 3-45: Übersicht der einbezogenen Parameter für das Referenzgebäude mit hoher Variabilität

Figure 3-45: Overview of the integrated parameters for the reference building with high variability

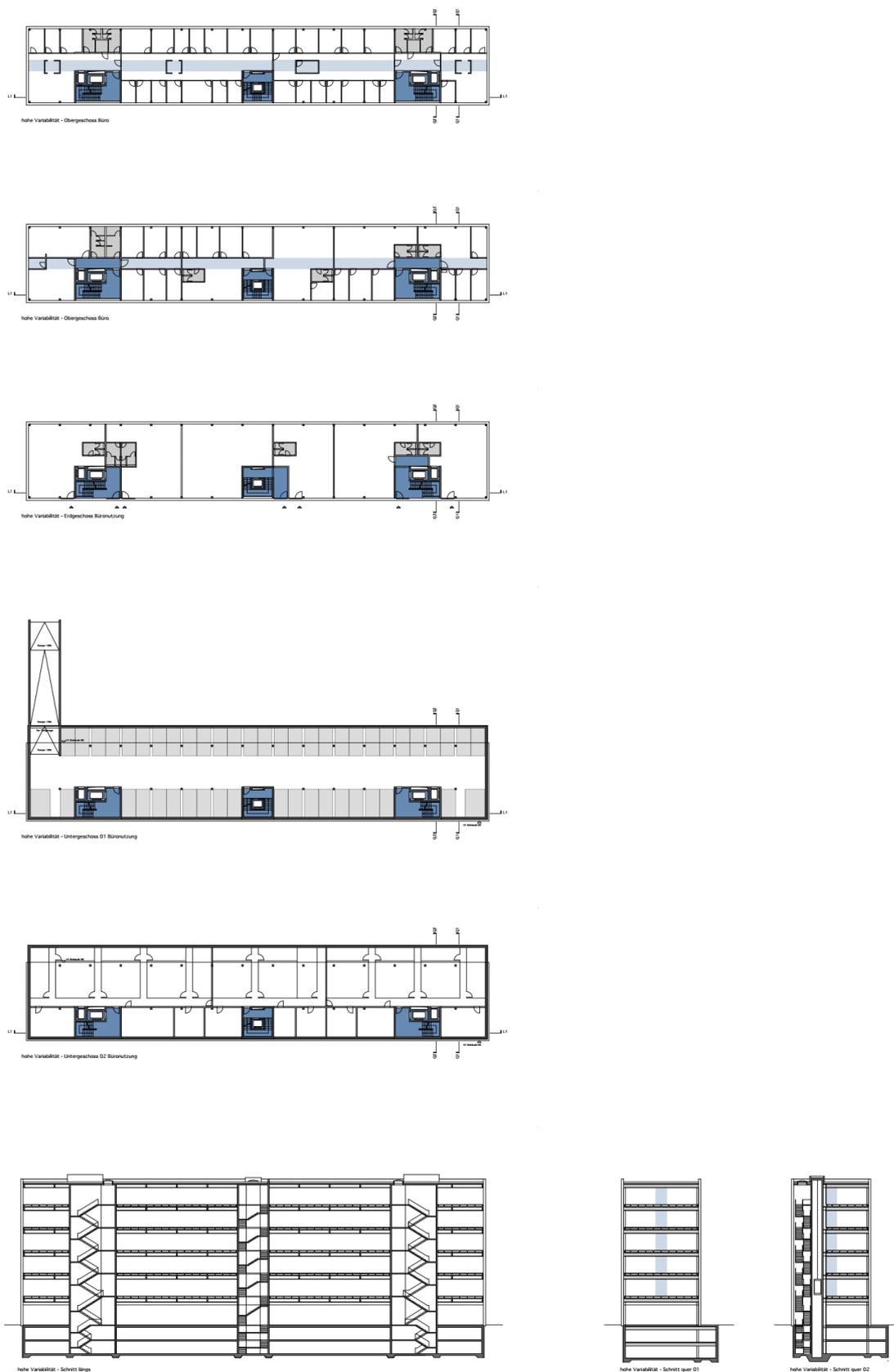


Abbildung 3-46: Schematische Grundrisse und Schnitte Büronutzung des Referenzgebäudes mit hoher Variabilität

Figure 3-46: Schematically floor plan and sections office use of the reference building with high variability

Objektplanung Building planning

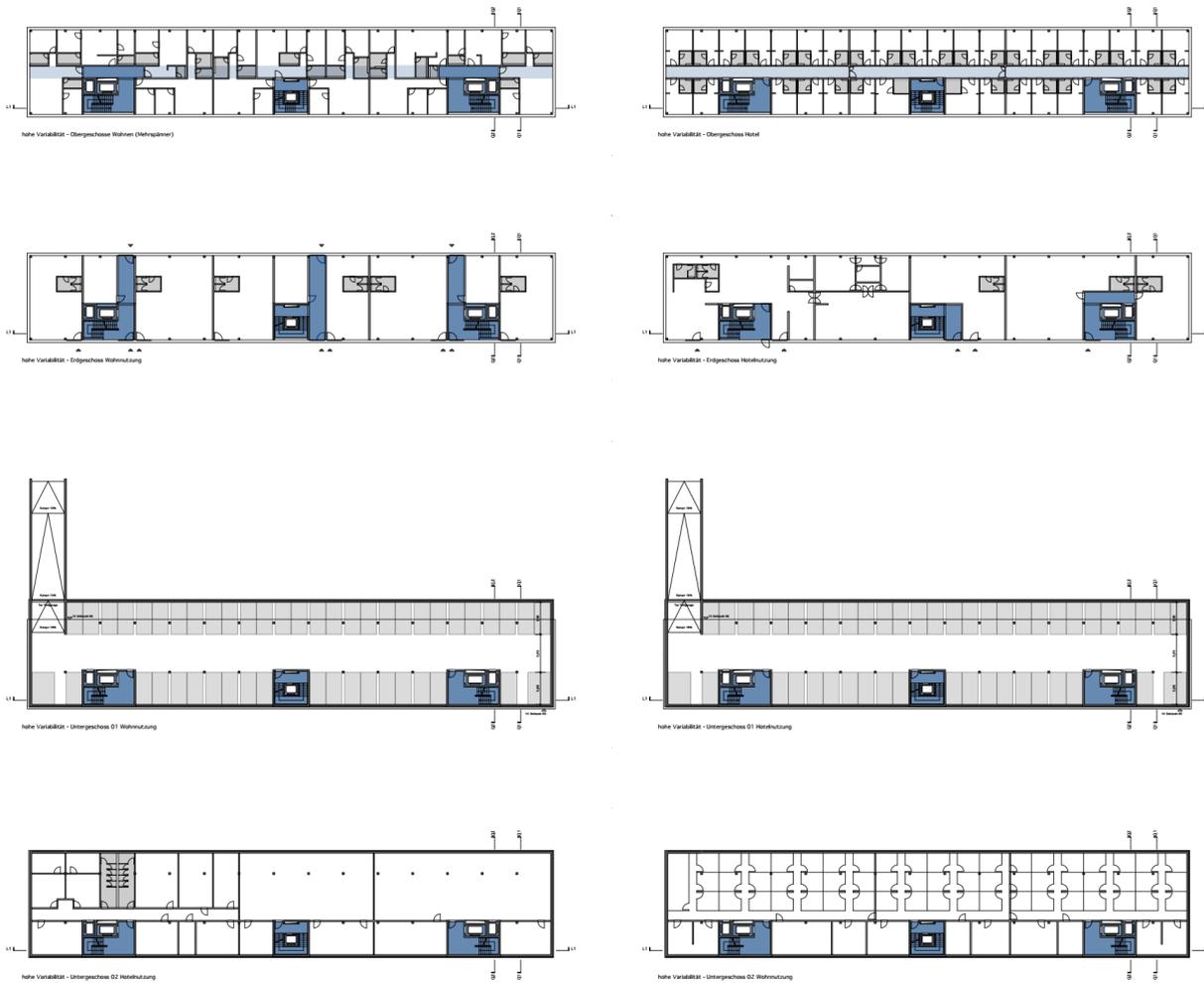


Abbildung 3-47: Schematische Grundrisse Wohnnutzung (links) und Hotelnutzung (rechts) des Referenzgebäudes mit hoher Variabilität

Figure 3-47: Schematically floor plan residential use (left) and hotel use (right) of the reference building with high variability

4 Konstruktion multifunktionaler Gebäude Construction of multifunctional buildings

Kurzfassung

Die Tragstrukturen multifunktional genutzter Geschossbauten sind mit Blick auf eine hohe Umnutzungsfähigkeit und die zu erwartenden Nutzeranforderungen zu entwerfen und zu bemessen. Gleichzeitig ist jedoch die Ressourceneffizienz durch den unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten optimierten Materialeinsatz sicherzustellen.

Im vorliegenden Kapitel werden zunächst die Anforderungen aus verschiedenen Nutzungsarten an den Entwurf und die Bemessung der Tragkonstruktionen vorgestellt. Es werden die Eigenschaften von konventionellen Unterzug- und Flachdeckensystemen sowie multifunktionalen Deckensystemen in Verbundbauweise beschrieben. In Parameterstudien erfolgt die Bewertung der ökologischen Auswirkungen und Realisierungskosten. Zudem werden die Bauhöhen der Deckensysteme bestimmt und verglichen, da diese die Geschosshöhen und Fassadenflächen beeinflussen. Anschließend werden für verschiedene Brandschutzmaßnahmen und Fassadensysteme die Ökobilanzdaten und Kosten analysiert. Um den Einfluss leichter und schwererer Bauweisen auf die Gebäudegründungen zu reflektieren, werden die Aufwendungen für die Gründungskörper bei unterschiedlichen Baugrundbedingungen bestimmt. Im letzten Abschnitt werden die Einflüsse elementarer Gebäudebestandteile auf die ökologische und monetäre Gesamtbilanz am Beispiel der in Kapitel 3 vorgestellten Referenzgebäude unter Berücksichtigung der Nutzungsdauer behandelt.

Abstract

The supporting structures of multifunctional used multi-storey buildings have to be designed and dimensioned with the view to a high degree of conversion capability and the expected user requirements. At the same time, however, resource efficiency must be ensured by optimizing the material consumption and construction from the ecological and economic point of view.

This chapter first introduces the requirements of different types of use to the design and dimensioning of the supporting structures. It describes the properties of conventional floors with down-stand beams and slim floor systems as well as multifunctional floor systems in composite construction. In parameter studies, the evaluation of the ecological effects and realization costs takes place. In addition, the heights of the floor systems are determined and compared, since these influence the storey heights and facade areas. Subsequently, the LCA data and costs are analyzed for various fire protection measures and facade systems. In order to reflect the influence of lighter and heavier constructions on the building foundations, the efforts for the foundations are determined under different subsoil conditions. The last section deals

with the influence of elementary building components on the overall ecological and monetary balance, taking into account the useful life of the reference buildings presented in Chapter 3.

4.1 Zielsetzungen und Gliederung des Abschnittes 4 Objectives and contents of the chapter 4

Der Tragstruktur des Gebäudes kommt von Anfang an eine große Bedeutung zu. Stützenpositionen und aussteifende Wände bestimmen die räumlichen Möglichkeiten und lassen unterschiedliche Flexibilität der Grundrissgestaltung zu oder engen diese ein. Über ihre rein statische Funktion hinaus übernimmt die Tragstruktur häufig weitere Funktionen. So dient sie z. B. als Speichermasse, um ein behaglicheres Klima zu erzeugen. Aufbauend auf den Objektanforderungen und den Randbedingungen aus den Tragkonstruktionen werden Medientrassen für die Klimatechnik, die Versorgung mit Strom, Telekommunikation und Wasser in den Gebäudeentwurf integriert und notwendige Anpassungen vorgenommen. Verschiedene Nutzungsarten im Lebenszyklus eines Gebäudes führen zu verschiedenen Anforderungen, die eine Anpassungsfähigkeit des Tragwerkes erfordern.

Ziel der Untersuchungen ist es, Tragstrukturen für multifunktional genutzte Geschossbauten zu entwickeln, die eine Anpassung an veränderliche Nutzeranforderungen mit geringem materiellen, monetären und zeitlichen Aufwand ermöglichen. Zudem sollen die gewählten Bauweisen ressourcen- und umweltschonend sein. Dazu sind für die am Standort relevanten Nutzungsarten geeignete Tragstrukturen mit dem Ziel zu entwickeln, dass bei einer Umnutzung die Eingriffe auf die Ausbauelemente und ggf. die Fassaden beschränkt bleiben.

Basierend auf den Ergebnissen aus dem Projekt P881 werden im Kapitel 4 des vorliegenden Forschungsberichtes die Erfordernisse einer multifunktionalen Nutzung auf die Konstruktion von Gebäuden in Stahl- und Verbundbauweise behandelt und deren Einflüsse anhand von Parameterstudien verdeutlicht. In Abschnitt 4.2 werden relevante Nutzungsarten und die daraus resultierenden Nutzlasten angegeben. Abschnitt 4.3 enthält Hinweise zur Bemessung der Tragkonstruktionen. Dabei werden vor allem die Auswirkungen verschiedener Nutzungsarten auf die Bemessung von Deckensystemen erläutert. In Abschnitt 4.4 werden Verbunddeckensysteme für ein multifunktional nutzbares Gebäude vorgestellt. Neben den klassischen Unterzugs- und Flachdeckensystemen werden auch neu entwickelte multifunktionale Deckensysteme behandelt. Diese ermöglichen eine Integration der Gebäudetechnik im Bereich der Tragstruktur und weisen geringe Konstruktionshöhen im Ausbauzustand auf, die sich positiv auf die Geschosshöhen und Fassadenflächen auswirken.

Durch die verschiedenen Nutzungsarten ergeben sich für multifunktionale Gebäude häufig höhere Brandschutzanforderungen als bei einfachen Bürogebäuden. Daraus resultiert ein höherer Aufwand für die Brandschutzsysteme. In Abschnitt 4.5 werden verschiedene Maßnahmen des vorbeugenden Brandschutzes vorgestellt, ökologisch bilanziert und monetär bewertet. Zudem werden die Dauerhaftigkeit der Maßnahmen und die Besonderheiten des Brandes in Hohlräumen behandelt.

Abschnitt 4.6 befasst sich mit den Fassaden und deren ökologischen und monetären Einfluss bei der Gebäudebilanzierung. Es werden Loch-, Band- und Elementfassaden berücksichtigt. Im Abschnitt 4.7 erfolgen Untersuchungen zu Gebäudegründungen. Dabei werden Flachgründungen bei hoher Baugrundtragfähigkeit sowie Pfahlgründungen bei geringer Baugrundtragfähigkeit erfasst.

Die Auswirkungen der verschiedenen Gebäudeelemente auf die Ökologie und Realisierungskosten werden im Abschnitt 4.8 anhand der Referenzgebäude bewertet. Es werden neben den Abhängigkeiten von Variabilitätsgrad, Tragstruktur, Deckensystemen, Brandschutz, Fassade und Gründung auch der Einfluss der Lebensdauer untersucht. Die Ergebnisse werden im Abschnitt 4.9 zusammengefasst und kommentiert.

4.2 Nutzungsarten und Nutzlasten **Types of use and imposed loads**

4.2.1 Normative Grundlagen **Normativ basic information**

Die Bestimmung von Nutzlasten im Hochbau erfolgt in europäischen Ländern nach den Vorgaben der DIN EN 1991, Teil 1-1 (EC1-1-1). Diese Grundnorm beschreibt die Einteilung in vier Nutzungskategorien. In Unterkategorien werden Lastspannen für verschiedene Gebäudebereiche und Nutzungsarten definiert. Spezifische Werte für Nutzlasten werden durch die nationalen Anhänge (NA) der einzelnen europäischen Länder definiert. Nachfolgend werden die nach deutschem nationalem Anhang festgelegten Kategorien und Flächenlasten behandelt. Auf die in der Norm geforderten Einzellasten wird nicht näher eingegangen. Eine tabellarische Zusammenfassung der Nutzlastkategorien sowie der daraus resultierenden Flächen- und Einzellasten für verschiedene Nutzungsbereiche enthält Anhang C1.

4.2.2 Büro **Office use**

Bei klassisch genutzten Büroflächen einschließlich der Flure sind keine hohen Beanspruchungen zu berücksichtigen. Die Flächen der Kategorie B1 sind für eine Nutzlast von $q_k = 2 \text{ kN/m}^2$ zu bemessen. Zugehörige Treppenhäuser von Bürogebäuden sind für $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$ auszulegen (Kategorie T1). In Einzelfällen kann durch die Nutzung schwerer Geräte eine höhere Belastung entstehen. Die Flächen sind dann nach der Kategorie B3 für $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$ zu bemessen.

4.2.3 Wohnen **Residential use**

Aufgrund der steigenden Nachfrage nach Wohnraum stellt die Umnutzung von Büro- in Wohnflächen ein häufiges Szenario im Lebenszyklus eines Gebäudes dar. Dabei sind Wohnflächen einschließlich der Flure nach Kategorie A2 für eine Nutzlast von $q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$ zu bemessen, sofern eine ausreichende Querverteilung der Lasten durch die Decke gewährleistet wird. Liegt keine ausreichende Querverteilung vor, wie beispielsweise bei Holzbalkendecken, muss nach Kategorie A3 eine Nutzlast von

$q_k = 2 \text{ kN/m}^2$ berücksichtigt werden. Treppenhäuser in Wohngebäuden sind nach Kategorie T1 mit einer Nutzlast von $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$ zu bemessen. In Bezug auf die Nutzlastanforderungen kann eine Umnutzung von Büro- in Wohnflächen ohne weitere Maßnahmen erfolgen.

4.2.4 Hotels, Pflegeeinrichtungen, Arztpraxen und Gastronomie **Hotel, nursing homes, areas for medical use and gastronomy**

Vor allem in zentralen Stadtlagen ist die Umnutzung von Bürogebäuden zu Hotels oder Jugendherbergen eine wirtschaftlichere Alternative gegenüber der Wohnnutzung. Doch auch die Nachfrage nach Seniorenzentren, betreuten Wohneinrichtungen, Pflegeheimen und Kindertagesstädten steigt. Dabei wird eine zentrale Lage mit guter Anbindung zu öffentlichen Verkehrsmitteln, zum Einzelhandel und zur medizinischer Versorgung bevorzugt.

Hotelzimmer müssen nach Kategorie A2 für eine Nutzlast von $q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$ ausgelegt werden. Hotelflure sind hingegen nach Kategorie B2 für eine Nutzlast von $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$ zu bemessen. Bei Treppenaufgängen und öffentlichen Eingangsbereichen (Lobby) wird gemäß Kategorie T2 oder C3 eine Nutzlast von $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$ gefordert.

Die Nutzlastanforderungen für Seniorenzentren und Pflegeeinrichtungen sind identisch mit denjenigen für Hotelflächen. Zu beachten ist, dass Aufenthaltsräume für eine Nutzlast von $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$ nach Kategorie C1 zu bemessen sind. Räume in Kindertagesstätten sowie Cafés und Restaurants sind ebenfalls in Kategorie C1 einzuordnen. Falls Räume mit fester Bestuhlung vorgesehen sind, muss die Nutzlast nach Kategorie C2 auf $q_k = 4 \text{ kN/m}^2$ erhöht werden. Weiterhin ist zu beachten, dass die zu Cafés und Restaurants zugehörigen Flurflächen nach Kategorie C3 für $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$ auszulegen sind.

Für Arztpraxen sind die Nutzlasten in Abhängigkeit der technischen Ausstattung festzulegen. Werden schwere Geräte, wie Röntgenapparate o. Ä. benötigt, so ist nach Kategorie B3 eine Nutzlast von $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$ vorzusehen. Ohne schwere Geräte werden nach Kategorie B1 lediglich $q_k = 2 \text{ kN/m}^2$ gefordert. Warteräume sind in jedem Fall mit $q_k = 4 \text{ kN/m}^2$ nach Kategorie C2 zu bemessen. Bei Treppenaufgängen ist eine Flächenlast von $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$, bei schwerem Gerät bereits $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$ vorzusehen.

4.2.5 Verkaufsflächen **Shopping areas**

Verkaufsräume werden nach der Größe ihrer Nutzfläche unterteilt. Bis zu einer Fläche von 50 m^2 ist eine Nutzlast von $q_k = 2 \text{ kN/m}^2$ nach Kategorie D1 vorzusehen. Darüber hinaus erfolgt eine Einstufung in Kategorie D2 mit $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$. Des Weiteren sollte bei Verkaufsflächen die mögliche Nutzung von Gabelstaplern geprüft werden. Die Nutzlasten sind dann in Abhängigkeit der Gabelstaplerklasse in den Kategorien E2.2. bis E2.5 definiert. Dabei treten erhebliche Flächenlasten zwischen $12,5$ und 20 kN/m^2 auf.

4.2.6 Versammlungsflächen **Conference and lecture rooms**

Durch eine entsprechende Gestaltung mit vorzugsweise großen stützenfreien Räumen können Bürokomplexe auch für andere Gewerbe nutzbar gemacht werden. Beispielsweise ist die Unterbringung eines Fitnesscenters oder andere Freizeitsportarten gerade in Obergeschossen eine gewinnbringende Alternative. Ebenso können Ausstellungs- oder Versammlungsräume untergebracht werden. Die Flächen einschließlich ihrer Flure sind nach Kategorie C3 mit einer Nutzlast von $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$ zu bemessen.

Im innerstädtischen Raum werden Obergeschosse in exponierter Lage zunehmend als Bar oder Nachtclub angemietet. Aufgrund der zu erwartenden erheblichen Menschenansammlung sind Nutzlasten in Höhe von $q_k = 7,5 \text{ kN/m}^2$ anzusetzen. Die Einstufung erfolgt in die Kategorie C6. Diese Anforderung übersteigt die Wert anderer Nutzungen erheblich. Eine nachträgliche Berücksichtigung führt unter Umständen zu hohem Aufwand für die Ertüchtigung des Tragwerks.

4.2.7 Lagerflächen **Storage areas**

Zur gewinnbringenden Vermarktung von Büro- und Geschäftsräumen ist die Bereitstellung von Lagerflächen mit unmittelbarem Zugang vorteilhaft. Daher werden Büroflächen zunehmend auch für die Archiv- und Lagernutzung ausgewiesen. Dazu sind hohe Nutzlasten für diese Flächen zu berücksichtigen. Bei allgemeinen Lagerflächen, Archiven und Bibliotheken ist eine Nutzlast nach Kategorie E1.2 von $q_k = 6 \text{ kN/m}^2$ vorzusehen. Damit werden die Nutzlasten herkömmlicher Nutzungsarten deutlich überschritten. Die Anordnung der Lager- und Archivflächen sollte vorzugsweise in den Untergeschossen der Gebäude erfolgen.

4.2.8 Parkflächen **Parking areas**

Die Ausweisung ausreichender Parkflächen ist für eine erfolgreiche Vermarktung der Wohn- und Gewerbeflächen eines Gebäudes wesentlich. Vor allem im innerstädtischen Raum ist die Planung von Tiefgaragenstellplätzen notwendig. Bei den zu berücksichtigenden Fahrzeugen kann von einer zulässigen Gesamtlast von $Q \leq 30 \text{ kN}$ ausgegangen werden. Daraus ergibt sich nach EC1-1-1/NA/A1 eine maximale Nutzlast von $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$. Zufahrtsrampen sind für eine Nutzlast von $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$ zu bemessen. Bei dünnen, direkt befahrenen Verbunddecken können ggf. die lokalen Radlasten von $Q_k = 2 \cdot 10 \text{ kN}$ maßgebend werden.

Durch Lieferfahrzeuge können höhere Verkehrslasten verursacht werden. Sie sind nach den vorliegenden Bedingungen in Absprache mit dem Bauherren festzulegen.

Vertikale Tragelemente, wie Stützen und Wände, müssen im Bereich befahrener Flächen für einen Fahrzeuganprall ausgelegt werden, sofern kein entsprechender Schutz vor Anprall vorgesehen wird. Dies gilt neben Parkflächen auch für Flächen des Erdgeschosses, die durch andienenden Verkehr, Gabelstaplerbetrieb oder durch unmittelbare Straßennähe für Fahrzeuge erreichbar sind.

Nach EC1-1-7/NA sind für die zuvor beschriebenen Parkflächen Anpralllasten von $F_{dx} = 40$ kN in Fahrtrichtung und $F_{dy} = 25$ kN senkrecht zur Fahrtrichtung anzusetzen. Die Anpralllasten aus Gabelstaplerverkehr sind abhängig von der zulässigen Gesamtmasse nach EC1-1-7 [4-52] Abs. 4.4 zu bestimmen.

4.2.9 Lastenzuschläge für Trennwände **Additional loads for partition walls**

Die häufig lokal in Decken eingeleiteten Lasten nichttragender Trennwände dürfen nach den Regelungen des EC1-1-1/NA vereinfacht als gleichmäßig verteilte Flächenlasten berücksichtigt werden, sofern durch die Decke eine ausreichende Querverteilung gewährleistet wird. Auf Geschossdecken, die für ein Nutzlastniveau unter 5 kN/m² bemessen werden, muss für Trennwände mit einer Last von $Q \leq 3$ kN/m eine Ersatzflächenlast von $q_k = 0,8$ kN/m² als Zuschlag zur Nutzlast berücksichtigt werden. Für Trennwände bis $Q_k \leq 5$ kN/m ist eine Ersatzflächenlast von $q_k = 1,2$ kN/m² anzusetzen. Liegt das Nutzlastniveau der Decke bei mindestens 5 kN/m², kann auf einen Trennwandzuschlag verzichtet werden.

Im Sinne des EC1 stellen Lasten aus nichttragenden Wänden eine veränderliche Einwirkung dar. Dies gilt sowohl für mobile Trennwände und Trockenbauwände als auch für gemauerte Trennwände, da während des Lebenszyklus eines Gebäudes eine Veränderung des Standortes der Wände durch Umbaumaßnahmen erfolgen kann. Die Annahme des Trennwandzuschlages als veränderliche Einwirkung führt jedoch im Falle einer Kombination mit weiteren veränderlichen Einwirkungen im GZT oder bei einer Berechnung im GZG zu einer Verringerung der Lasten, da Kombinationsbeiwerte angewendet werden dürfen (siehe Tabelle 4-1). Da die Auftretenswahrscheinlichkeit der Trennwandlast nicht durch andere veränderliche Einwirkungen beeinflusst wird und zudem eine Langzeitbeanspruchung vorliegt, die sich u. a. auf das Verformungsverhalten der Decke auswirkt wird empfohlen, den Kombinationsbeiwert mit $\psi_i = 1,0$ anzunehmen (siehe *Fingerloos* [4-1]).

4.2.10 Zusammenfassung zu den Nutzlastanforderungen **Summary of the requirements for the imposed loads**

Abbildung 4-1 zeigt den Vergleich der zuvor erläuterten Nutzlastanforderungen der verschiedenen Nutzungsarten. Mit Ausnahme der Lager- und Archivflächen lassen sich alle Nutzungsarten einschließlich der Trennwandzuschläge in zwei Lastniveaus einteilen lassen. Für Flächen, die durch eine verhältnismäßig geringe Anzahl von Personen und keine schweren Geräte beansprucht werden, ist ein Nutzlastniveau von 3 kN/m² ausreichend. Bei Nutzungsarten, die eine höhere Personenanzahl erwarten lassen oder die Flächen durch schwere Geräte belastet werden, sollte ein Nutzlastniveau von 5 kN/m² angesetzt werden.

Bei der Planung von Gebäuden und Deckentragwerken mit geringem Nutzlastniveau ist abzuwägen, inwieweit im Falle einer Umnutzung die Beschränkung auf die häufigsten Nutzungsarten, Büro und Wohnen, Wohnheim und Hotel, ausreichend ist. In Abhängigkeit des Standortes kann durch die Berücksichtigung eines höheren Nutzlastniveaus die Vermarktungsfähigkeit eines Gebäudes gesteigert werden (vgl. Kapitel 2.6).

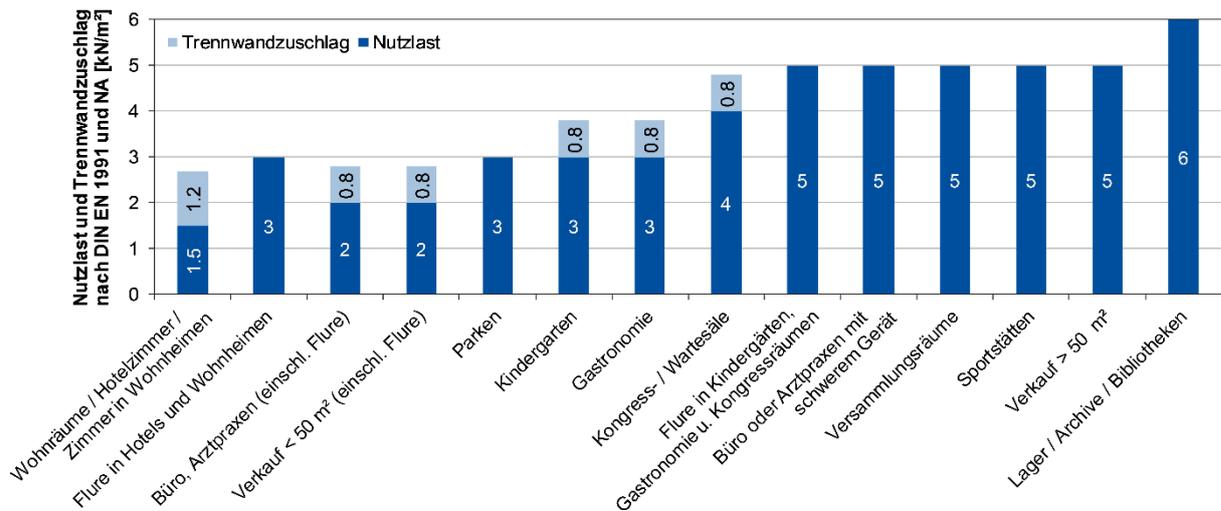


Abbildung 4-1: Vergleich der Flächenlastanforderungen verschiedener Nutzungsarten nach [4-53]

Figure 4-1: Comparison of imposed loads for different categories of use [4-53]

4.3 Bemessung Design

4.3.1 Deckensysteme und Stützen Ceilings and columns

Die Bemessung von Deckentragwerken und Stützen in Beton-, Stahl-, und Verbundbauweise erfolgt in europäischen Ländern im Allgemeinen auf Grundlage des Eurocodes für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) und der Gebrauchstauglichkeit (GZG). Ausführliche Erläuterungen zur Bemessung von Verbundkonstruktionen liefern u. a. der Forschungsbericht des vorangegangenen AIF-FOSTA-Projektes P881 [4-2] sowie *Kuhlmann (Hrsg.)* [4-3]. Da die Bemessung im GZT unabhängig von der vorliegenden Nutzungsart eines Gebäudes ist (ausgenommen Werkshallen mit dynamischer Beanspruchung), ergeben sich für multifunktionale Gebäude keine veränderten Anforderungen. Auf eine Darstellung der Bemessungsregeln im GZT wird hier verzichtet. Im GZG können hingegen, abhängig den vorliegenden Nutzungsarten und Nutzeranforderungen verschiedene Bemessungssituationen und Grenzkriterien relevant sein. Nachfolgend werden daher die Regelungen zur Lastkombination sowie zur Begrenzung von Verformungen, Schwingungen und Rissbreiten in Abhängigkeit der Art der Nutzung behandelt und Empfehlungen für die Planung multifunktionaler Gebäude abgeleitet.

4.3.2 Lastkombinationen in Abhängigkeit der Nutzlastkategorie Load combinations depending on the category of the imposed loads

Zur Ermittlung der Bemessungswerte der Beanspruchungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) sowie im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) sind die Kombinationsbeiwerte ψ der Nutzlasten für Hochbauten nach DIN EN 1990 [4-54] (EC0) zu berücksichtigen. Geschossdecken werden im Allgemeinen nur durch eine Nutzlast beansprucht. Für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation des GZT entfällt daher die Anwendung des Kombinationsbeiwertes. Im GZG erfolgt für

die häufige und quasi-ständige Kombination eine Reduktion der einwirkenden Deckennutzlast. Der Kombinationsbeiwert ist in Abhängigkeit der Art der Nutzung des Gebäudes bzw. des jeweiligen Stockwerks festzulegen.

Eine Zusammenfassung der Kombinationsbeiwerte für Deckentragwerke enthält Tabelle 4-1. Es ist ersichtlich, dass die Werte ψ_1 und ψ_2 , die bei der häufigen und quasi-ständigen Lastkombination anzuwenden sind, deutliche Unterschiede aufweisen. Eine spätere Umnutzung kann daher nicht nur zu Änderungen in Bezug auf die anzusetzenden charakteristische Lasten sondern auch bei der Kombination der Lasten im GZG führen. Zur Ermöglichung späterer Umnutzungen müssen daher neben der Nutzlasthöhe auch die bemessungsrelevanten Einwirkungskombinationen bei der Planung berücksichtigt werden.

Tabelle 4-1: Auszug zu den Kombinationsbeiwerten im Hochbau nach DIN EN1990/NA [4-54]

Table 4-1: Combination factors according to DIN EN1990/NA [4-54]

Einwirkung	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Kategorie A, B: Wohn-, Aufenthalts- und Büroflächen	0,7	0,5	0,3
Kategorie C, D: Versammlungs- und Verkaufsflächen	0,7	0,7	0,6
Kategorie E: Lagerräume	1,0	0,9	0,8
Kategorie F: Verkehrsflächen, Fahrzeuglast ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategorie H: Dächer	0,0	0,0	0,0

4.3.3 Bemessung von Deckentragwerken im GZG Design of ceiling systems for the serviceability limit state

4.3.3.1 Rissbreite Crack width

Die Begrenzung der Rissbreiten im Beton ist durch eine Mindestbewehrung sicherzustellen. Dabei erfolgt die Berechnung nach DIN EN 1992-1-1 [4-55] für Betondecken sowie nach DIN EN 1994-1-1 [4-56] für Verbunddecken. Die Grenzwerte der Rissbreite werden in Abhängigkeit zur Expositionsklasse des Betons in DIN EN 1992-1-1/NA [4-55] definiert. Für gewöhnliche Geschossdecken mit einer Expositionsklasse X0 und XC1 darf die Rissweite 0,4 mm betragen. Höhere Anforderungen gelten beispielweise für direkt befahrene Decken in Tiefgaragen. Die zulässige Rissbreite beträgt hierbei 0,3 mm.

4.3.3.2 Verformung Deformation

Zur Erhaltung der Funktion und Wahrung des Erscheinungsbildes sind die Verformungen von Decken zu begrenzen. Nach DIN EN 1992-1-1 wird wie in ISO 4356 [4-57] die Gebrauchstauglichkeit als beeinträchtigt angesehen, wenn der vertikale Durchhang zwischen den Auflagerpunkten 1/250 der Stützweite überschreitet. Der Durchhang darf durch eine planmäßige Überhöhung reduziert werden. Diese sollte ebenfalls 1/250 der Stützweite nicht überschreiten. Die Lasten im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

sind für die quasi-ständige Einwirkungskombination zu bestimmen. Wird ein Trennwandzuschlag bei der Lastermittlung berücksichtigt, sollte dieser als ständige Einwirkung berücksichtigt werden, da das Langzeitverformungsverhalten durch die dauerhafte Wirkung der Trennwände beeinflusst wird (vgl. Abschnitt 4.2.9).

Können an das Tragwerk angrenzende empfindliche Bauteile durch Verformungen beschädigt werden, so ist die Durchbiegung nach Einbau der Bauteile zu begrenzen. Der Richtwert beträgt $1/500$ der Stützweite unter quasi-ständiger Einwirkungskombination (vgl. DIN EN 1992-1-1).

DIN EN 1993-1-1 [4-58] und DIN EN 1994-1-1 enthalten keine spezifischen Verformungsgrenzwerte für Stahl- und Verbundtragwerke. Die Grenzwerte müssen anhand der vorliegenden Anforderungen in Abstimmung mit dem Auftraggeber festgelegt werden. Die Empfehlungen des DIN EN 1992-1-1 können dabei übernommen werden.

Die Verformungen ergeben sich aus der Höhe Lasten und Kombinationsbeiwerte (siehe Abschnitt 4.3.2). Dabei sind die Einflüsse aus dem Materialverhalten einschließlich dem Kriechen und Schwinden des Betons zu berücksichtigen. Ausführliche Informationen für Verbundträger sowie Beton-, Additiv- und Verbunddecken sind unter anderem bei *Friedrich* [4-4], *Schießl und Reuter* [4-5] sowie in DIN EN 1994-1-1 [4-56] zusammengestellt.

Während die Verformungen von herkömmlichem Beton und von Verbundtragwerken mit den normativen Berechnungsmethoden bestimmt werden können, liegen für deckenintegrierte Stahlträger mit Verbundtragwirkung bisher keine expliziten Berechnungsregeln in DIN EN 1994-1-1 vor. Bei deckenintegrierten Trägern wird der Betonquerschnitt durch Biegung beansprucht. Er befindet sich oft bereits im GZG im gerissenen Zustand. Die Biegesteifigkeit des Betongurtes beeinflusst das Verformungsverhalten. Untersuchungen hierzu liegen unter anderem von *Kuhlmann, Rieg und Hauf* [4-6]–[4-8] vor. Die Ergebnisse zeigen, dass gegenüber den Bemessungsvorschriften der DIN EN 1994-1-1 wesentlich größere mittragende Breiten und geringere Verformungen erreicht werden. Da die genannten Untersuchungen jedoch bisher normativ eingeführt wurden, erfolgt im Forschungsprojekt eine Berechnung auf Grundlage der Regelungen in DIN EN 1994-1-1. Die Spannweite von Verbundflachdeckenträgern wird häufig nicht durch die Tragfähigkeit, sondern durch die Verformungsbegrenzung nach DIN EN 1992-1-1 beschränkt.

4.3.3.3 Schwingung Vibration

Spürbare Schwingungen von Tragwerken führen zu einer Einschränkung des Komforts. Sie werden von Nutzern als störend bis hin zu unbehaglich empfunden und können die Funktionsfähigkeit eines Gebäudes einschränken. Während in älteren Gebäuden aufgrund hoher Bauteilmassen das Schwingen von Deckentragwerken nur selten eine Bemessungsrelevanz erreichte, wird bei neueren Konstruktionen aufgrund der geringen Bauteilmassen und Steifigkeit die Begrenzung der personeninduzierten Schwingungen häufiger bemessungsrelevant. Für die dynamische Anregung von Decken sind vor allem die Steifigkeit des Tragwerkes und das Massenverhältnis von anregender zur erregten Masse entscheidend. Besonders die innovativen optimierten Deckensysteme

weisen aufgrund ihrer geringen Steifigkeit und des geringen Eigengewichtes eine erhöhte Schwingungsanfälligkeit auf.

Die relevanten Teile des Eurocodes enthalten keine expliziten Vorgaben zur Begrenzung von Deckenschwingungen. Empfehlungen hierzu werden unter anderem durch ISO 10137 [4-59] sowie DIN 4150-2 [4-60] gegeben. In zwei europäischen Forschungsprojekten [4-9] wurden weitere Empfehlungen zur Beurteilung und Begrenzung von Deckenschwingungen im Hochbau erarbeitet. Dabei erfolgte die Entwicklung von Diagrammen, die in Kombination mit Handrechenformeln zur Ermittlung der modalen Massen und der Eigenfrequenzen eine einfache Beurteilung des Schwingungsverhaltens durch 6 definierte Akzeptanzklassen ermöglichen (Tabelle 4-2). Die Unterteilung der Akzeptanzklassen beruhen auf einem OS-RMS₉₀-Wert, der den Effektivwert eines Einzelschrittes (one step root mean square) angibt. Dieser deckt die Intensität von 90 % der normalen Schrittintensität von Menschen ab. Da Schwingungen, je nach den Gegebenheiten (Tätigkeit, Körperhaltung, Erwartung von Schwingungen, Zustand der Person), unterschiedlich wahrgenommen werden, sind für die verschiedenen Nutzungsformen die Deckenschwingungen unterschiedlich zu begrenzen.

Tabelle 4-2 enthält die im Rahmen der europäischen Forschungsprojekte entwickelte Unterteilung der Schwingungsklassen sowie die vorgeschlagene Einteilung für verschiedene Nutzungsarten. Während für die herkömmlichen Nutzungsarten, wie Wohnen, Büro, Hotel und Handel, eine Einstufung in die Schwingungsklasse D als ausreichend beurteilt wird, ist für Gesundheits- und Bildungseinrichtungen die Schwingungsklasse C einzuhalten.

Das Schwingungsverhalten von Deckentragwerken kann durch eine Erhöhung der modalen Masse und/oder der Dämpfung reduziert werden. Die Gesamtdämpfung ergibt sich aus der Summe des Dämpfungsanteils der Tragwerksstruktur, des Ausbaus und der Ausstattung (Tabelle 4-3). Bei multifunktionalen Gebäuden ist unter Berücksichtigung der relevanten Nutzungen die ungünstigste Gesamtdämpfung zu ermitteln und in der Berechnung anzusetzen. Alternativ können für spätere Nutzungen, die zu einer Verringerung der Dämpfung führen, andere Maßnahmen zur Schwingungsbegrenzung in der Planung berücksichtigt werden. Dies kann beispielsweise der Einbau von Schwingungsdämpfern oder die Erhöhung der modalen Masse sein.

Die modale Masse beinhaltet neben dem Eigengewicht der Decke und der Ausbaulast auch zusätzlich aufgebrauchte Nutzlasten, sofern diese einen quasi-ständigen Einwirkungscharakter haben. Dies betrifft beispielsweise die Möblierung oder Trennwände. Bei Wohn- oder Bürogebäuden können ca. 10 bis 20 % der charakteristischen Nutzlast als ständiger Anteil angenommen werden [4-9]. Für andere Nutzungsarten ist dieser Anteil sinnvoll abzuschätzen oder auf der sicheren Seite liegend zu vernachlässigen.

Bei der Berechnung des Schwingungsverhaltens ist die Systemsteifigkeit unter Berücksichtigung der dynamischen Lasteinwirkung zu bestimmen, da sich diese häufig von der elastischen Steifigkeit unterscheidet. Dabei kann der dynamische E-Modul des Betons um ca. 10 % gegenüber dem statischen E-Modul erhöht werden [4-9]. Vermeintlich gelenkige Anschlüsse und Lagerungen weisen unter dynamischer Beanspruchung häufig gewisse Einspannwirkungen auf, die zu Steifigkeitserhöhungen des Tragwerks führen.

Tabelle 4-2: Empfehlung zur Einstufung der Flächennutzung in Akzeptanzklassen in Abhängigkeit zum OS-RMS₉₀-Wert, vgl. [4-9].

Table 4-2: Recommendation for the classification of use categories into serviceability classes as a function of OS-RMS₉₀, cp. [4-9].

Klasse	OS-RMS90		Nutzungsart								
	Untergrenze	Obergrenze	Erschütterungs-empfindliche Bereiche	Gesundheits-einrichtungen	Bildungsstätten	Wohnräume	Büroflächen	Besprechungs- und Versammlungsflächen	Hotels	Industrielle Arbeitsräume	Sportstätten
A	0,0	0,1									
B	0,1	0,2									
C	0,2	0,8									
D	0,8	3,2									
E	3,2	12,8									
F	12,8	51,2									

	empfohlener Bereich
	kritischer Bereich
	nicht empfohlener Bereich

Tabelle 4-3: Dämpfungsanteile verschiedener Faktoren, vgl. [4-9].

Table 4-3: Damping effect of different elements , cp. [4-9].

Dämpfungsanteil	Hervorgerufen durch	Anteil
Struktur <i>D1</i>	Beton	2 %
	Stahl	1 %
Ausbau <i>D2</i>	Abgehängte Decke	1 %
	Schwimmender Estrich	1 %
	Schwimmende Bodenbeläge, z. B. Laminat	0 %
Ausstattung <i>D3</i>	Traditionelles Büro für 1 bis 3 Personen mit Trennwänden	2 %
	Großraumbüro, Bibliothek, Wohnen	1 %
	Paperless Office (z. B. Arzt, Besprechung), Ausbildungsräume, Sport, Handel, Industrie etc.	0 %
Gesamt $D = D1 + D2 + D3$		

4.3.4 Bemessung für den Brandfall Fire resistance design

Der konstruktive Brandschutz ist bei Bemessung von Stahl- und Verbundkonstruktionen von hoher Bedeutung. Aufgrund der guten Wärmeleitfähigkeit des Stahls tritt im Brandfall ein schneller Temperaturanstieg auf, der zu einem starken Abfall der Werkstofffestigkeit führt. So wird die Streckgrenze bei einer Temperatur von 600°C um ca. 50 % gegenüber dem Kaltzustand verringert (vgl. DIN EN 1993-1-2 [4-61]).

Zur Verzögerung der Erhitzung werden Stahlbauteile i. d. R. mit Platten, Putzen oder reaktiven Anstrichen versehen (siehe Abschnitt 4.5). Bei kammerbetonierten Trägern oder Verbunddecken wird hingegen eine Ausfall des direkt beflamnten Stahls berücksichtigt. Die Beanspruchungen werden auf den Stahlbetonquerschnitt umgelagert. Für die Bemessung von Stahl- und Verbundkonstruktionen im Brandfall gelten die Regelungen der DIN EN 1993-1-2 [4-61] sowie der DIN EN 1994-1-2 [4-62]. Der Eurocode 4 ermöglicht im Teil 1-2 drei Nachweisstufen mit steigender Genauigkeit. In der ersten Stufe werden für bestimmte Bauteile, wie Kammerbetonträger und Kammerbetonstützen konstruktive Vorgaben in Bemessungstabellen zur Verfügung gestellt. Für Verbunddecken gelten die Bemessungsvorschriften der jeweiligen Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (AbZ). Weitere Hinweise zur brandschutztechnischen Bemessung von Verbundträgern und Verbunddecken sind u. a. bei *Schaumann et. al* [4-10] zusammengestellt.

In DIN EN 1993-1-2 wird kein tabellarisches Bemessungsverfahren für Stahlbauteile bereitgestellt. Es muss mindestens ein Nachweis anhand einfacher Berechnungsmodelle erfolgen. Werden zum Schutz der Stahlprofile Gips-Feuerschutzplatten oder Gipsputze verwendet, kann auf die Bemessungstabellen der nationalen DIN 4102-4 [4-63] zurückgegriffen werden. Darüber hinaus werden häufig entsprechende Bemessungstabellen durch die Hersteller von Brandschutzprodukten zur Verfügung gestellt. Genauere Informationen hierzu enthält Abschnitt 4.5.

4.3.5 Vorbemessung der Gründung Preliminary design of the foundation

Die Bauwerksgründung bildet den Übergang des Bauwerkes zum Boden und stellt ein wichtiges Element für langlebige Gebäude dar. Sie hat die Aufgabe die auftretenden Lasten sicher in den Baugrund einzutragen und zu verteilen. In Abhängigkeit der vorliegenden Bodenverhältnisse werden verschiedene Gründungsarten eingesetzt. Es wird zwischen Flach- und Tiefgründungen unterschieden. Tiefgründungen erfolgen häufig mit Pfählen. Eine ausführliche Übersicht zu den Gründungsarten ist unter anderem bei *Witt* [4-11], *Kolymbas* [4-12] und *Boley* [4-13] zu finden.

Mit der Einführung der Eurocodes sind für Gründungskörper des Hochbaus die Grenzzustände der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit nach DIN EN 1997-1 (EC7) [4-64] nachzuweisen. In Deutschland erfolgte eine Überarbeitung der zuvor anzuwendenden Grundbaunorm DIN 1054 [4-65]. Sie ist neben dem nationalen Anhang der DIN EN 1997-1 weiterhin als ergänzende Norm anzuwenden ist.

Im Forschungsvorhaben erfolgte die Dimensionierung der Gründungskörper nach Vorbemessungsverfahren und vereinfachten Nachweisen. Für bewehrte Einzelfundamente kann eine Abschätzung der Grundfläche A_F nach *Rütz et. al* [4-14] erfolgen mit:

$$A_F = \frac{V}{\frac{\sigma_{Rd}}{1,4} - \frac{\sqrt{V}}{3}} \quad (4-1)$$

dabei ist V der charakteristische Wert der Einzellast in [kN] und

σ_{Rd} der Bemessungswert des Sohlwiderstandes [kN/m²] nach DIN 1054 [4-65] Tabelle A 6.1 bis Tabelle A 6.8 ist.

Die Dicke der Fundamentkörper ist anhand des Durchstanznachweis nach DIN EN 1992-1-1 [4-55] zu bestimmen.

Die Einzelfundamente sind i. d. R. durch Zerrbalken zu verbinden und müssen einen ausreichenden Abstand aufweisen, um eine ungleichmäßige Setzung durch Überlagerung der Sohlpressungen zu vermeiden. Als lichter Abstand ist dabei im Allgemeinen die ein- bis zweifache Fundamentbreite ausreichend. Besteht bei Einzelfundamenten kein ausreichender Abstand der Fundamentkörper, so können Streifenfundament ausgeführt werden. Zur Abschätzung der Fundamentbreite kann ebenfalls Gleichung (4.1) verwendet werden. Liegt ein sehr weicher Baugrund vor, der hohe Setzungsunterschiede erwarten lässt, oder ist der Abstand der Streifenfundamente zu gering, kann eine Plattengründung erfolgen. Die Plattendicke kann über die Anzahl n der Geschosse mit Gl. (4-2) abgeschätzt werden.

$$h_{Pl}[\text{m}] = 0,1 \dots 0,15 \cdot n \quad (4-2)$$

Zur Bemessung von Pfahlgründungen werden ergänzende Regelungen zur DIN EN 1997-1 durch nationale Normen für verschiedene Pfahlarten bereitgestellt. Eine Zusammenfassung enthält [4-15]. Weitere Empfehlungen zur Bemessung und Ausführung von Pfahlgründungen gibt der Arbeitskreis „Pfähle“ der *Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V.* [4-16]. Bei der Bemessung wird zwischen der inneren und äußeren Pfahltragfähigkeit unterschieden. Die innere Tragfähigkeit dient zur sicheren Aufnahme der vom Überbau eingeleiteten Kräfte. Sie ist durch eine ausreichende Dimensionierung und bei Betonpfählen durch eine geeignete Bewehrungsmenge sicherzustellen. Die äußere Tragfähigkeit beschreibt die Einleitung der Lasten in den Baugrund. Dies erfolgt durch die Pfahlmantelreibung und den Pfahlspitzendruck. Die Vorbemessung der Bohrpfähle erfolgt anhand der in [4-16] angegebenen Erfahrungswerte für den Pfahlspitzenwiderstand und die Pfahlmantelreibung. Der Bewehrungsgehalt der Pfähle wird anhand vorliegender Projektbeispiele, die durch die Mitglieder des Projektbegleitenden Ausschusses zur Verfügung gestellt wurden, abgeschätzt.

4.4 Deckensysteme Ceiling systems

4.4.1 Allgemeines General

Die Untersuchungen im Forschungsprojekt P881 [4-2] haben den hohen Einfluss der Deckensysteme auf die ökologische und ökonomische Nachhaltigkeit der Tragkonstruktionen verdeutlicht. Der Anteil der Stützen und Verbindungen liegt i. d. R. unter 20 %. Die Art des Deckensystems beeinflusst die Funktionalität eines Gebäudes. Dies z. B. durch die Spannweiten und die Notwendigkeit von Innenstützen oder die Möglichkeit, die technische Gebäudeausrüstung (TGA) innerhalb der Tragkonstruktion der Decke zu integrieren.

Klassische Deckensysteme im Verbundbau sind Unterzugsdecken und Flachdecken mit integrierten Stahlträgern. Sie können unter Einsatz von Verbunddecken, Additivdecken, Spannbetonhohldielen (SBH) oder Stahlbetondecken in Ortbeton-, Fertigteil- oder Halbfertigteilbauweise ausgeführt werden.

Aufbauend auf den Ergebnissen des Forschungsprojektes P881 [4-2] erfolgte im aktuellen Projekt die Untersuchung von Deckensystemen für eine Gebäudebreite von 14 m. Basierend auf den objektplanerischen Vorgaben in Kapitel 3 wurde ein Rastermaß von 1,35 m in Gebäudelängsrichtung angewendet.

Die Bemessung der Deckensysteme erfolgte im GZT und GZG unter Berücksichtigung der Eigenlasten, einer Ausbaulast von 1,5 kN/m² und Nutzlasten von 3,0 oder 5,0 kN/m² (charakteristische Werte). Die Konstruktion und die Systemmaße sowie die Ergebnisse der Nachhaltigkeitsuntersuchungen der Unterzugdeckensysteme werden in Abschnitt 4.4.2 erläutert, gefolgt von den Flachdeckensystemen in Abschnitt 4.4.3. Die Stahlbeton-, Verbund- und Additivdecken sowie die Decken mit Spannbetonhohldielen sind mit einer Feuerwiderstandsdauer R90 oder F90 für den Einsatz in mischgenutzten Gebäuden bemessen. Die Brandschutzmaßnahmen der Stahlträger der Unterzugdecken bleiben zunächst unberücksichtigt. Die verschiedenen Möglichkeiten zum passiven Brandschutz der Tragkonstruktionen sowie deren ökologischer und monetärer Einfluss werden im Abschnitt 4.5 eingehend behandelt.

In den vergangenen Jahren erfolgte die Entwicklung einiger neuer Verbunddeckensysteme. Dazu zählen u. a. Flachdeckensysteme mit integrierten Verbundträgern und hohen Profilblechen für größere Spannweiten (siehe Abschnitt 4.4.3) sowie multifunktionale Deckensysteme mit verbesserten Möglichkeiten zur Integration der technischen Gebäudeausstattung. Zu den multifunktionalen Deckensystemen gehören Produktentwicklungen, wie die Systeme TOPfloor Integral® [4-17], Slimline [4-18], die Ceiltec® Deckenplatten [4-19], das an der RWTH-Aachen entwickelte System „InaDeck“ [4-20] und die CLC-Decke [4-21]. Bei diesen Systemen werden Nachhaltigkeitsaspekte in erster Linie durch die Funktionalität und weniger über die Herstellungskosten und die Ökobilanz bedient. Hierzu gehören der hohe Vorfertigungsgrad zu Deckenmodulen, kurze Bauzeiten, stützenfreie Gebäudegrundrisse und vielfältige Möglichkeiten zur Installation der technischen Gebäudeausstattung. Bisher wurden nur wenige Projekte mit

multifunktionalen Deckensystemen realisiert. Dennoch sollen im Rahmen des Forschungsvorhabens die Auswirkungen der erhöhten Funktionalität auf die Ökologie und Ökonomie berücksichtigt werden. Exemplarisch wird das System TOPfloor Integral ® in die Untersuchungen aufgenommen und mit den herkömmlichen Flach- und Unterzugdecken verglichen (siehe Abschnitt 4.4.4).

Neben dem Primärtragwerk hat die Fassade einen hohen Einfluss auf die ökologische und ökonomische Qualität eines Gebäudes. Dieser wird in Abschnitt 4.6 behandelt. Ein Bezug zu den Deckensystemen besteht dadurch, dass die Fassadenfläche nicht nur von der lichten Raumhöhe, sondern auch von der Konstruktionshöhe der Decken abhängt. Die Kosten und der Primärenergiebedarf je m² Fassade betragen mitunter ein Vielfaches derjenigen der Deckensysteme. Zudem findet meist ein ein- oder zweifacher Austausch über die Nutzungsdauer von Gebäuden statt. Daher werden Mehraufwendungen zur Reduzierung der Deckenhöhen zumindest teilweise, wenn nicht sogar vollständig durch Einsparungen bei den Fassaden kompensiert. Auf Bauteilebene erfolgt zunächst der Vergleich der Deckenhöhen im Ausbauzustand einschließlich der erforderlichen Höhe zur Integration der technischen Gebäudeausrüstung (TGA). Die Untersuchungen bilden die Grundlage zu den in Abschnitt 4.6 durchgeführten Vergleiche.

4.4.2 Unterzugdecken **Ceilings with downstand beams**

4.4.2.1 Konstruktion und Systemraster **Construction and system grid**

Unterzugdecken ermöglichen eine hohe Flexibilität in der Grundrissgestaltung. Mit moderatem Materialeinsatz können große Spannweiten erzielt und Innenstützen vermieden werden. Die Deckenträger können mit Stegöffnungen versehen und zur Integration der TGA in der Tragwerksebene genutzt werden. Die Mindestabmessungen der Stegöffnungen werden in der Regel durch Lüftungskanäle oder die Abwasserleitungen mit ihrem Mindestgefälle bestimmt.

Bei Deckensystemen mit geringen Spannweiten, beispielweise durch die Anordnung von Innenstützen, führen Unterzugdecken mit Verbundträgern zu einem sehr geringen Materialeinsatz. Die niedrigen Trägerhöhen ermöglichen es jedoch häufig nicht, die TGA innerhalb der Tragstruktur zu integrieren, da die Höhe der Stegöffnungen begrenzt ist.

Als Unterzugträger werden im Allgemeinen Walzprofile der Reihen IPE und ggf. HEA eingesetzt. Dabei sind die IPE-Profile aus ökologischer und ökonomischer Sicht zu bevorzugen. Zwar kann durch den Einsatz von HEA-Profilen die Konstruktionshöhe der Decken reduziert werden, jedoch kann der Mehraufwand durch die Einsparungen bei den Fassadenflächen nicht vollständig kompensiert werden. Im Rahmen des Forschungsprojektes P881 wurde auch der Einsatz von Schweißprofilen untersucht. Dabei zeigte sich, dass mit den Materialeinsparungen gegenüber IPE-Profilen die ökologischen Auswirkungen um 7 bis 10 % reduziert werden können. Dem gegenüber steht jedoch der erhöhte Fertigungsaufwand.

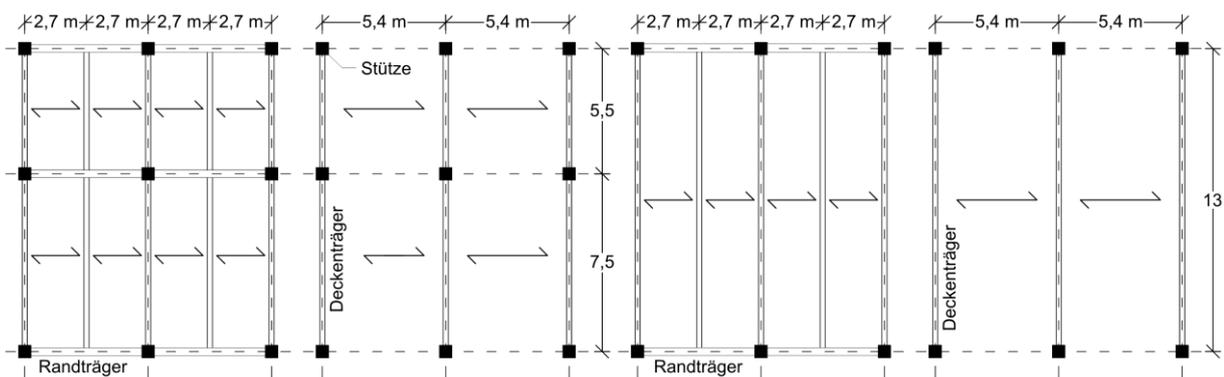
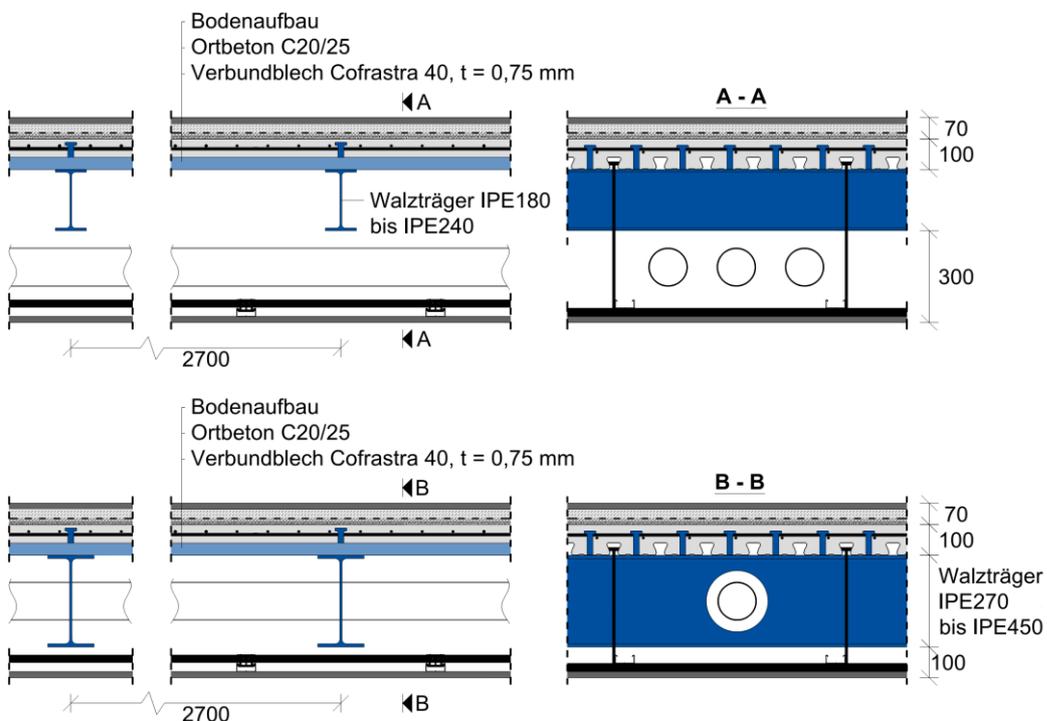


Abbildung 4-2: Träger- und Stützenabstände der Unterzugsdecken mit Ein- und Zweifeldverbundträgern
 Figure 4-2: Beam and column spacing of the floor systems with single- and two-span composite beams

Verbundträgersysteme mit engem Trägerabstand als Ein- und Zweifeldträger



Verbundträgersysteme mit weitem Trägerabstand als Ein- und Zweifeldträger

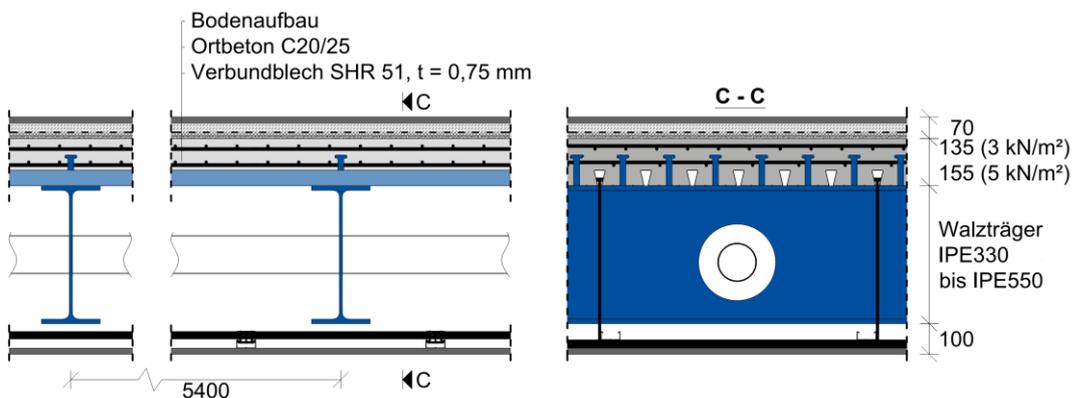


Abbildung 4-3: Quer- und Längsschnitte der Unterzugsdeckensysteme

Figure 4-3: Transverse and longitudinal sections of the floor systems with downstand beams

Aufbauend auf den Ergebnissen des Projektes P881 wurden Unterzugdecken mit Verbundträgern und Verbunddecken mit einem Abstand der Außenstützen von 13 m untersucht. Der Stützenabstand in Gebäudequerrichtung beträgt 5,4 m. Als Trägerabstand wurden 2,7 und 5,4 m berücksichtigt. Weiterhin wurden Systeme mit und ohne Innenstützen untersucht. Bei Tragwerken mit Innenstützen wurde die innere Stützenreihe um einen Meter versetzt zur Gebäudemitte angeordnet, um eine stützenfreie Erschließungszone zu schaffen. Eine Übersicht zu den untersuchten Systemen zeigt Abbildung 4-2.

Die Tragwerke wurden für Nutzlasten von 3,0 und 5,0 kN/m² bemessen. Als Unterzüge wurden Walzprofile der IPE-Reihe mit den Stahlgüten S355 und S460 berücksichtigt. Die Verbunddecken bestehen aus einem Verbundblech mit einer zusätzlichen Bewehrung für eine Feuerwiderstandsdauer R90 und einer Ortbetoneergänzung C20/25 (Abbildung 4-3). Die Untersuchungen in den Projekten P881 und P1118 zeigen, dass die Erhöhung der Betonfestigkeit zwar zu einer geringen Reduzierung der Deckenstärke führt, jedoch die Kosten und ökologischen Auswirkungen dadurch nicht gemindert werden (vgl. Abschnitt 2.5.3).

Bei den Tragwerken mit einem Trägerabstand von 2,7 m wurden Verbundbleche Cofrastra 40 mit einer Blechstärke von 0,75 mm und einer Deckenstärke von 100 mm berücksichtigt. Letztere ist unabhängig von der einwirkenden Nutzlast und durch Einhaltung der Mindesthöhe definiert. Bei einem Trägerabstand von 5,4 m wurden Verbundbleche Superholorib 51 (SHR51) mit einer Blechdicke von 0,75 mm angesetzt. Die Deckenstärke beträgt in Abhängigkeit der Nutzlast 135 oder 155 mm (Abbildung 4-3). Das Deckensystem führt unter den vorliegenden Randbedingungen zur geringsten ökologischen Belastung.

4.4.2.2 Bewertung der Nachhaltigkeit **Assessment of sustainability**

Abbildung 4-4 zeigt den Vergleich der Baustoffmassen der Deckensysteme. Die Werte des Betons sind dabei mit dem Faktor 10 zu multiplizieren. Erwartungsgemäß erfordern Deckensysteme mit Einfeldträgern einen deutlich höheren Baustahlbedarf als Systeme mit Zweifeldträgern. Eine Erhöhung der Stahlfestigkeit von S355 auf S460 führt bei den Systemen mit einem Trägerabstand von 2,7 m zu einer Reduzierung der Baustahlmasse. Der Trägerquerschnitt kann eine Abstufung kleiner gewählt werden (z.B. von IPE 270 auf IPE 240). Eine Erhöhung der Nutzlast von 3,0 auf 5,0 kN/m² führt hingegen zu einem größeren Trägerquerschnitt. Für Systeme mit einem Trägerabstand von 2,7 m ist ein deutlich höherer Stahlbedarf erforderlich als bei einem Abstand von 5,4 m. Der Grund ist, dass bei dem Stützenabstand 5,4 m Randträger und bei den Zweifeldsystemen zusätzlich ein innerer Längsträger benötigt werden, um die Deckenträger zwischen den Stützen zu lagern. Der Beton- und Betonstahlbedarf kann hingegen durch den geringeren Trägerabstand reduziert werden. Der Profilblechbedarf verringert sich aufgrund der einheitlichen Blechdicke nur unwesentlich.

Anhand der Baustoffmassen und Transportwege sowie den Produktions- und Montagevorgängen können die ökologischen Aufwendungen sowie die Realisierungskosten der Decken berechnet werden. Abbildung 4-5 zeigt den Primärenergiebedarf als reprä-

sentativen Indikator für die Ökologie. Der prozentuale Vergleich der Realisierungskosten gibt das Kostenverhältnis der Unterzugsdecken, Flachdecken und des TOPfloor Integral® Systems zueinander wieder. Die 100 % erhält das Deckensystem mit den höchsten Realisierungskosten. Hinweise zur Berechnung enthält Kapitel 2.6.2.

Wie Abbildung 4-5 zeigt, führt der erhöhte Baustahlbedarf der Einfeldträger zu einer Steigerung des Primärenergiebedarfs von ca. 20 % gegenüber den Zweifeldsystemen. Der Trägerabstand hat hingegen keinen wesentlichen Einfluss auf die Ökologie. Durch die Verringerung des Profilquerschnittes bei Systemen mit einem Trägerabstand von 2,7 m und die Wahl der Stahlgüte S460 kann eine Reduzierung des Primärenergiebedarfs erreicht werden.

Die Rohbaukosten der Decken können durch die Wahl des Trägerabstandes mit 5,4 m deutlich reduziert werden. Die Einsparung beträgt ca. 25 % gegenüber den Systemen mit einem Abstand von 2,7 m. Die erforderlichen Rand- und Mittelträger führen zu einer Erhöhung der Materialkosten. Zudem werden die Fertigungs- und Montagekosten durch die Anzahl der Anschlüsse erhöht. Der Vergleich zwischen Ein- und Zweifeldsystemen zeigt, dass trotz des höheren Stahlbedarfs bei Einfeldsystemen der Kostenanstieg noch unter 10 % liegt.

Decken mit ausreichend hohen Unterzügen bieten den Vorteil, dass die Gebäudetechnik in der Trägerebene installiert werden kann. Bei zu geringen Trägerhöhen muss die TGA hingegen unter dem Tragwerk geführt werden. Abbildung 4-5 zeigt einen Vergleich der Höhen der Tragsysteme sowie der Decken im Ausbauzustand. Dabei ist ein einfacher Bodenaufbau mit schwimmendem Estrich sowie eine abgehängte Decke unter den Trägern berücksichtigt worden. Zudem wurde vorausgesetzt, dass die Träger zur Durchführung von Leitungen eine ebene Steghöhe von mindestens 20 cm aufweisen müssen. Bei geringeren Querschnitten als IPE 270 wurde daher die Anordnung der Gebäudetechnik unterhalb der Träger angenommen. Unter diesen Randbedingungen ergeben sich bei den Systemen mit Zweifeldträgern im Abstand von 5,4 m und mit Einfeldträgern im Abstand von 2,70 m die geringsten Deckenhöhen im Ausbauzustand. Die Auswahl eines Deckensystems mit dem Ziel einer geringen Konstruktionshöhe und damit Fassadenfläche hängt zusätzlich davon ab, ob die Leitungsführung der TGA auf die Mittelzone des Gebäudes beschränkt bleiben kann und welche lichte Raumhöhe dort benötigt wird.

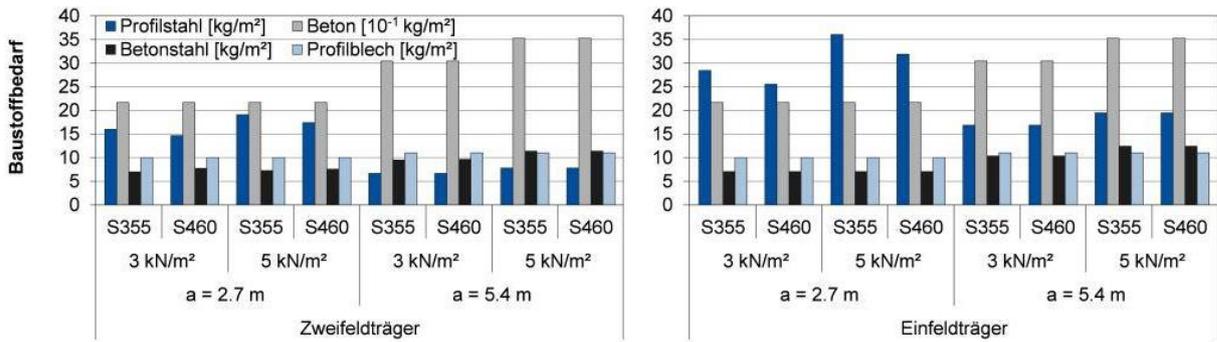


Abbildung 4-4: Baustoffbedarf der Unterzugdecken mit Ein- und Zweifeldverbundträgern der Reihe IPE aus S355 und S460 bei einer Nutzlast von 3,0 und 5,0 kN/m².

Figure 4-4: Building material demand of the floor systems with single- and two-span composite beams IPE in S355 and S460 for imposed loads of 3,0 and 5,0 kN/m².

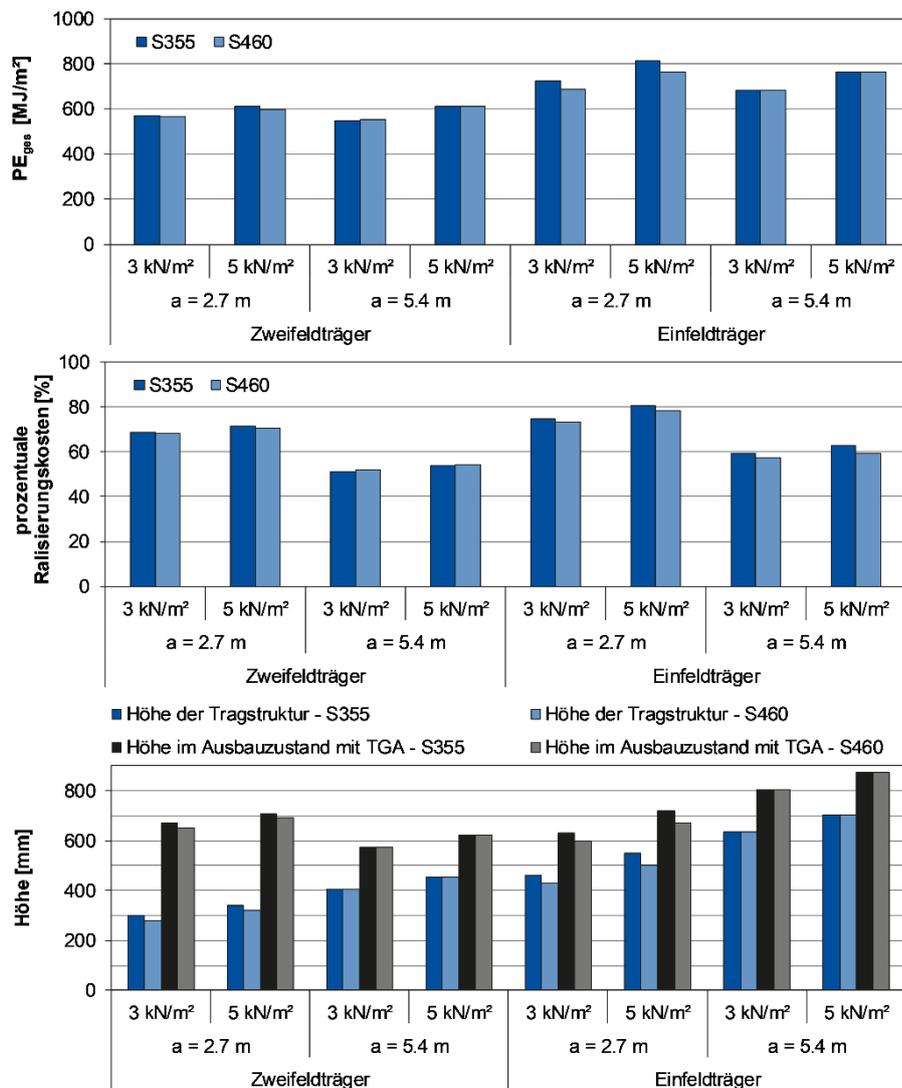


Abbildung 4-5: Primärenergiebedarf, Realisierungskosten und Höhe der Unterzugverbunddecken als Ein- und Zweifeldverbundträger

Figure 4-5: Primary energy demand, realisation costs and height of the floor systems with single- and two-span composite beams

4.4.3 Flachdecken mit deckenintegrierten Trägern Slim-Floors with integrated beams

4.4.3.1 Konstruktion und Systemraster Construction and system grid

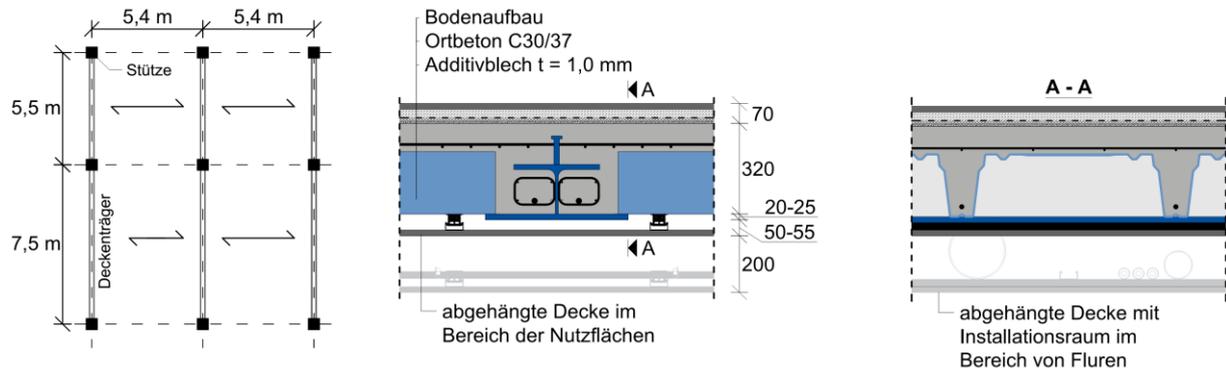
Flachdecken weisen entsprechend ihrer Bezeichnung eine geringe Konstruktionshöhe auf. Sie erfordern abhängig von der Gebäudebreite oft innere Stützenreihen. Die TGA muss immer unter der Tragwerksebene in abgehängten Decken und/oder in darüber liegenden Doppel- bzw. Hohlraumböden angeordnet werden. Übliche Rastermaße typischer Flachdecken in Stahl- und Verbundbauweise sind in [4-22] und [4-23] zusammengefasst. In Abhängigkeit des Träger- und Stützenabstandes können die Systeme mit oder ohne Randträger ausgeführt werden. Kleine Trägerabstände führen zu geringeren Konstruktionshöhen, einem geringeren Beton- und Betonstahl-, jedoch einem höheren Baustahlbedarf, da Randträger benötigt und die Biegemomente mit einem geringeren inneren Hebelarm abgetragen werden. Entspricht der Abstand der Deckenträger dem Stützenabstand, kann auf die Randträger verzichtet werden.

Aufbauend auf den Ergebnissen aus dem Forschungsprojekt P881 erfolgte im aktuellen Projekt die Untersuchung von Flachdeckensystemen mit deckenintegrierten Trägern (IFB). Die Verbundwirkung der integrierten Deckenträger mit dem Beton wird über aufgeschweißte oder horizontal liegende Kopfbolzen oder mit Bohrungen im Steg und durchgesteckten Bewehrungsstäben hergestellt. Auch der Einsatz von \perp -Profilen mit als Dübelleiste profiliertem Steg ist möglich. Weitere Informationen zu Flachdeckensystemen sind u. a. bei *Schäfer et al* [4-24] zu finden.

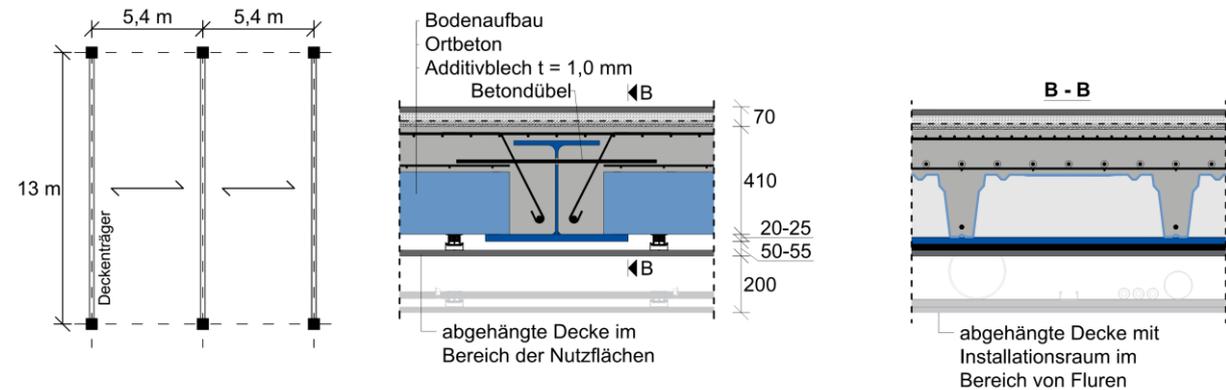
Um den Abstand der Deckenträger zu erhöhen, werden Spannbetonhohldielen oder hohe Profilbleche eingesetzt. Letztere dienen als selbsttragende Schalung, profilieren den darüberliegenden Stahlbeton zur Rippendecke und reduzieren dadurch die Betonmassen. Je nach Ausbildung wirken die Profilbleche nach Fertigstellung der Decke im Verbund mit dem Stahlbeton oder als additives Tragelement (im Weiteren auch als Additivdecke bezeichnet). Nachfolgend werden Flachdecken mit Spannbetonhohldielen (SBH), Stahlbetondecken in Ortbetonbauweise und Additivdecken verglichen.

Die Trägerabstände entsprechen bei allen Systemen den Stützenabständen, sodass keine Rand- und inneren Längsträger erforderlich sind. Abbildung 4-6 zeigt die Träger- und Stützenraster sowie die Quer- und Längsschnitte der Flachdecken. Bei Decken mit Spannbetonhohldielen werden Zweifeldsysteme mit 5,4 und 8,1 m Trägerabstand berücksichtigt. Die Höhe der Hohldielen beträgt 200 mm bei einer Nutzlast von 3,0 kN/m² und 265 mm bei 5,0 kN/m². Die Zweifeldsysteme mit Stahlbeton und Additivdecken haben einen Trägerabstand von 5,4 m. Für die Stahlbetondecken wurden eine Betonfestigkeit C20/25 und Plattendicken von 265 oder 285 mm berücksichtigt. Bei den Additivdecken musste hingegen wegen der geforderten Feuerwiderstandsklasse R90 eine höhere Betonfestigkeit C30/37 zugrunde gelegt werden. Im Brandfall ist ohne ergänzende Schutzmaßnahmen von einem vollständigen Ausfall der Profilbleche und einer Tragfähigkeitsminderung der Stahlbetonrippenquerschnitte auszugehen. Eine ausreichende Standsicherheit kann dann durch die Erhöhung des Gesamtquerschnittes oder die Wahl einer höheren Betonfestigkeit erreicht werden. Die letztere Variante ist die wirtschaftlichere. Die Deckenhöhe beträgt 320 mm.

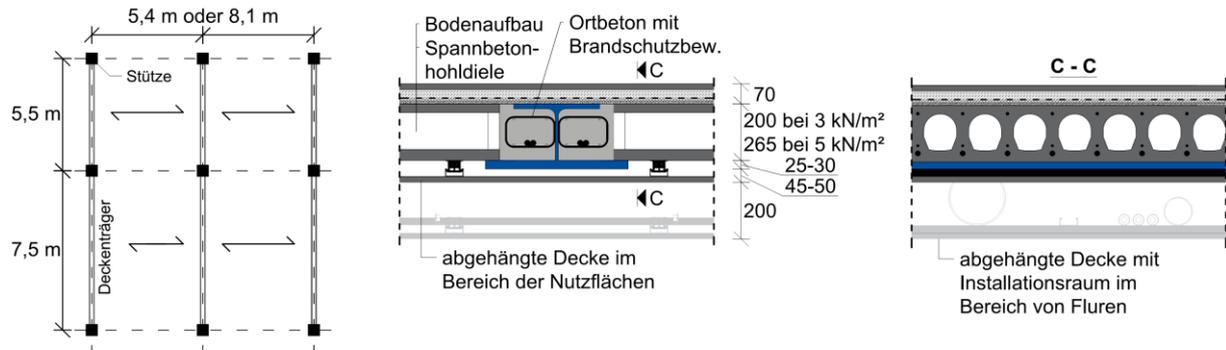
IFB als Zweifeldträger mit 5,4 m Trägerabstand und Additivdecke (AD)



IFB als Einfeldträger mit 5,4 m Trägerabstand und Additivdecke (AD)



IFB als Zweifeldträger mit 5,4 oder 8,1 m Trägerabstand und Spannbetonhohldielen (SH)



IFB als Zweifeldträger mit 5,4 m Trägerabstand und Ortbetondecken

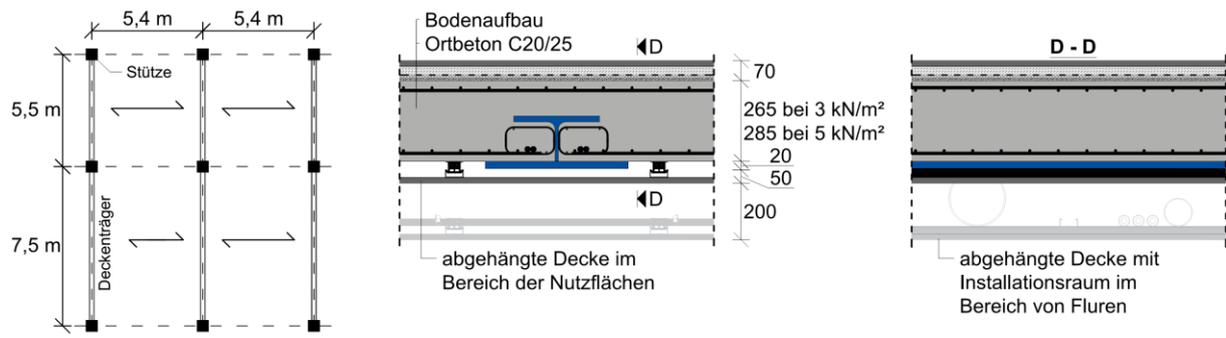


Abbildung 4-6: Träger- und Stützenraster sowie Quer- und Längsschnitte der Deckensysteme mit deckenintegrierten Trägern (IFB)

Figure 4-6: Beam and column spacing as well as cross and longitudinal section view of the ceiling systems with integrated floor beams (IFB)

Additivdecken führen gegenüber herkömmlichen Stahlbetondecken zu einer deutlichen Verringerung des Betonbedarfs. Durch die Reduzierung des Eigengewichtes können Spannweiten bis ca. 14 m erreicht werden. Die Verbundwirkung wird durch sogenannte Betondübel und Betonstähle, die durch Bohrungen im Trägersteg geführt werden, hergestellt. Untersuchungen zur Tragwirkung der Slim-Floor-Träger in Verbundbauweise (CoSFB) werden u. a. von *Braun et. al* [4-25]–[4-28] beschrieben. Die Bemessung wird durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (AbZ) [4-66] geregelt. Durch die gewählten Verbundmittel kann die Höhe des Aufbetons im Vergleich zur Lösung mit aufgeschweißten Kopfbetondübeln reduziert und das Eigengewicht der Decke weiter verringert werden. Die Deckenhöhe für die untersuchte Spannweite von 13 m beträgt 410 mm. Im GZT wird lediglich eine Höhe von 390 mm benötigt. Maßgebend für die Bemessung wird jedoch die Begrenzung der Deckenschwingungen. Hierzu muss die modale Masse der Decke erhöht werden.

4.4.3.2 Bewertung der Nachhaltigkeit **Assessment of sustainability**

Abbildung 4-7 zeigt den Baustoffbedarf, den Primärenergiebedarf, die prozentualen Realisierungskosten sowie die Höhe der Tragstruktur und Decken im Ausbauzustand. Bei den Flachdeckensystemen mit Additivdecken gibt es erwartungsgemäß deutliche Unterschiede im Beton- und Baustahlbedarf, wenn die Systeme mit Ein- oder Zweifeldträgern ausgeführt werden. Die Unterschiede im Profilblech- und Betonstahlbedarf sind hingegen gering. Eine Erhöhung der Nutzlast wirkt sich nur auf den Profilstahlbedarf aus. Die Deckenstärken und der damit verbundene Betonbedarf bleibt hingegen unverändert. Im Unterschied dazu führt eine Nutzlasterhöhung bei den Spannbetonhohldielen zu größeren Plattendicken. Dies wirkt sich auf den Baustoffbedarf aus. Die Erhöhung der Stützweite von 5,4 auf 8,1 m beeinflusst den Baustoffbedarf hingegen nur gering. Zwar werden bei 8,1 m Spannweite deutlich größere Trägerquerschnitte erforderlich, der Profilstahlbedarf je m² nimmt jedoch wegen des größeren Trägerabstandes nur geringfügig zu. Der Beton- und Betonstahlbedarf je m² verringert sich sogar.

Flachdeckensysteme mit Stahlbeton führen zu Einsparungen beim Profilstahl, erfordern jedoch die größten Beton- und Betonstahlmassen. Die Erhöhung der Nutzlast wirkt sich nur geringfügig auf den Baustoffbedarf aus. Die hohe Eigenlast des Deckensystems führt zu erhöhten Aufwendungen bei den lastabtragenden Stützen und Gründungkörper.

Die Gegenüberstellung der Unterzugs- und Flachdeckensysteme (Abbildung 4-5 und Abbildung 4-7) zeigt, dass für die Herstellung der Flachdecken ein deutlich höherer, teilweise doppelt so hoher Primärenergiebedarf benötigt wird. Beim Vergleich der Flachdecken untereinander schneiden die Zweifeldsysteme mit Stahlbetondecken trotz der hohen Betonmassen in Bezug auf den Primärenergiebedarf am günstigsten ab. Dies liegt an den ungünstigen Ökobilanzwerten der Spannbetonhohldielen und der Profilbleche sowie dem höheren Baustahlbedarf der anderen Deckensysteme. Die Realisierungskosten der Flachdeckensysteme liegen mit 79–100 % etwas über den Kosten der Unterzugsdecken mit einem Trägerabstand von 2,7 m. Analog zu den Baustoffmassen sind die Kostenunterschiede bei einer Erhöhung der Nutzlast von 3,0 auf

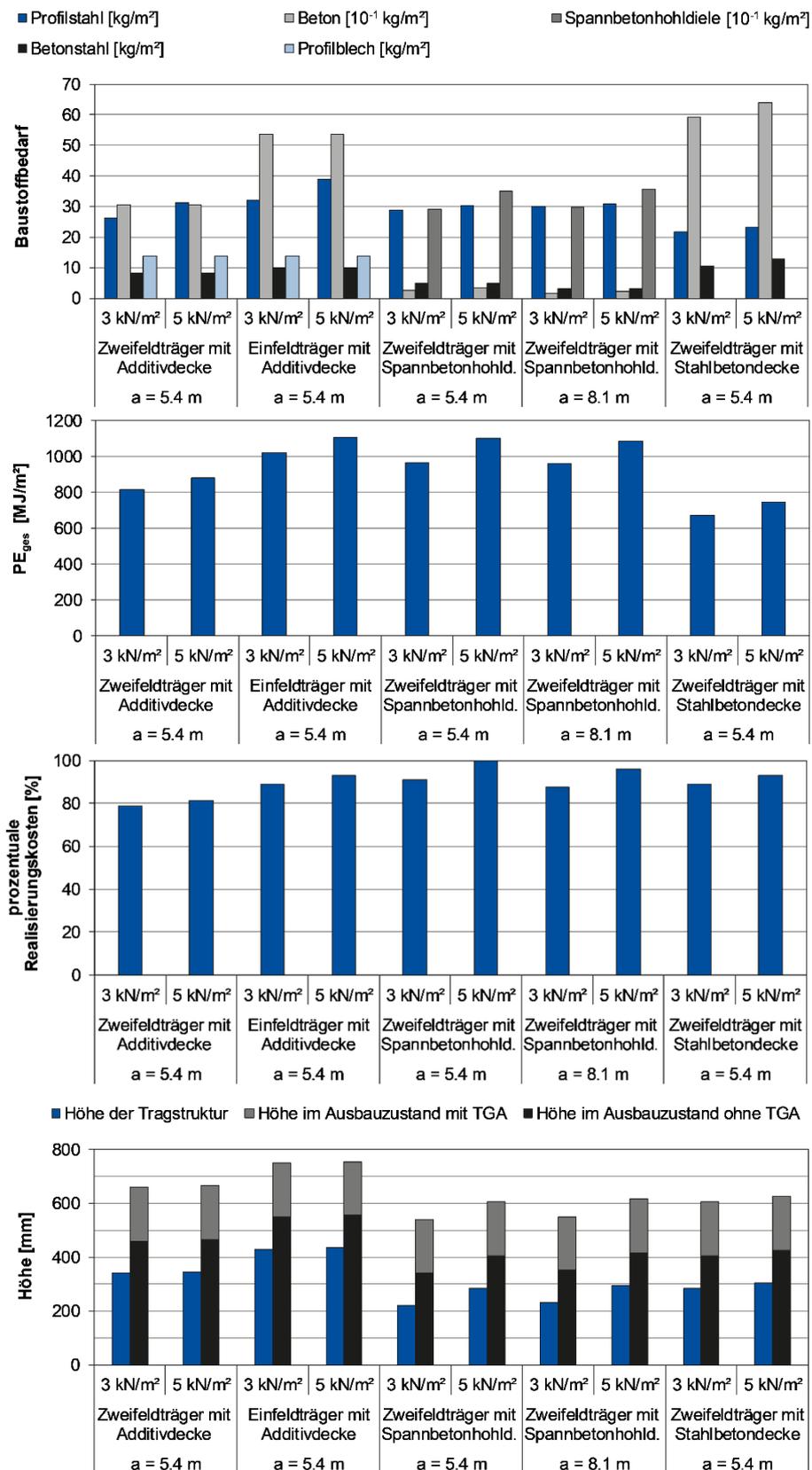


Abbildung 4-7: Baustoffbedarf, Primärenergiebedarf, Realisierungskosten und Höhen der Flachdeckensysteme

Figure 4-7: Building material demand, primary energy demand, realisation costs and height of the ceiling systems with integrated floor beams (IFB)

5,0 kN/m² überwiegend gering. Deutlichere Unterschiede ergeben sich bei den Deckensystemen mit Spannbetonhohldielen. Die Kostendifferenz zwischen den Flachdecken mit Additivdecken als Ein- und Zweifeldsystem beträgt ca. 13,5 %.

Beim Vergleich der Konstruktionshöhen werden die Höhen der Deckentragwerke, der Ausbau mit schwimmendem Estrich, abgehängten Decken sowie ein Installationsraum von 20 cm für die TGA berücksichtigt (Abbildung 4-7). Die Konstruktionshöhen liegen deutlich unter den Werten der Unterzugdecken (vgl. Abbildung 4-5). Flachdecken mit Spannbetonhohldielen und solche mit Stahlbetondecken haben die geringste Höhe. Die größte Konstruktionshöhe weisen erwartungsgemäß die Flachdecken mit Additivdecken als Einfeldträger auf. Wird der Ausbau einschließlich eines Installationsraumes von 20 cm berücksichtigt, so werden bei den Flachdeckensystemen näherungsweise die gleichen Höhen wie bei den Unterzugdecken erreicht. Daher sollte im Planungsprozess geprüft werden, inwieweit die TGA über abgehängte Decken in Flurbereichen eines Gebäudes installiert und dort die lichte Raumhöhe reduziert werden kann. Ist dies möglich, können die Gebäudehöhe und die Fassadenflächen insgesamt reduziert werden.

4.4.4 Multifunktionale Deckensysteme Multifunctional ceiling systems

4.4.4.1 Konstruktion und Systemraster Construction and system grid

Das TOPfloor Integral® System besteht aus wabenförmig halbierten Walzträgern, an deren Stegen jeweils zwei Bewehrungsstäbe angeschweißt sind, die den Verbund mit einer dünnen Stahlbetonplatte herstellen. Es kann in Positivlage mit obenliegender Betonplatte oder, wie in Abbildung 4-8 dargestellt, in Negativlage mit untenliegender Betonplatte ausgeführt werden. Die wabenförmigen Öffnungen ermöglichen es, die Gebäudetechnik senkrecht zur Spannrichtung der Deckenmodule zu führen. Vorteile der Negativlage sind die Zugänglichkeit der Technik vom jeweils genutzten Geschoss und der Brandschutz durch die untenliegende Stahlbetonplatte.

Das System wurde bisher mit einem Trägerabstand von 1,25 m eingesetzt [4-17]. Die Anpassung auf einen größeren Abstand ist jedoch möglich [4-37]. Die Betonplatte des Denksystems wird unabhängig von ihrer Lage nicht vorgespannt. Dies ermöglicht die Verwendung eines normalfesten Betons C20/25. Unter Umständen ist zur Sicherung des Verbundes eine höhere Betonfestigkeit erforderlich. Untersuchungen zum Tragverhalten und der Bemessung wurden von *Mensinger, Fontana und Frangi* in [4-29] und [4-30] beschrieben.

Im Forschungsprojekt erfolgte die Untersuchung des TOPfloor Integral® Systems in Negativlage. Es wurde ein Trägerabstand von 1,35 m und ein Stützenabstand 5,4 m berücksichtigt. Die Dicke der Deckenplatte aus Beton C20/25 beträgt 100 mm. Für den Wabenträger wird bei einer Nutzlast von 3 kN/m² ein WPE600 (aus IPE600), bei 5 kN/m² ein WEA700 (aus HEA700) aus S355 benötigt. Mit der Verwendung einer höheren Stahlgüte kann der Querschnitt nicht reduziert werden, da der Steg im Bereich der Wabenöffnung aufgrund seiner Beulgefährdung nicht ausgenutzt werden kann.

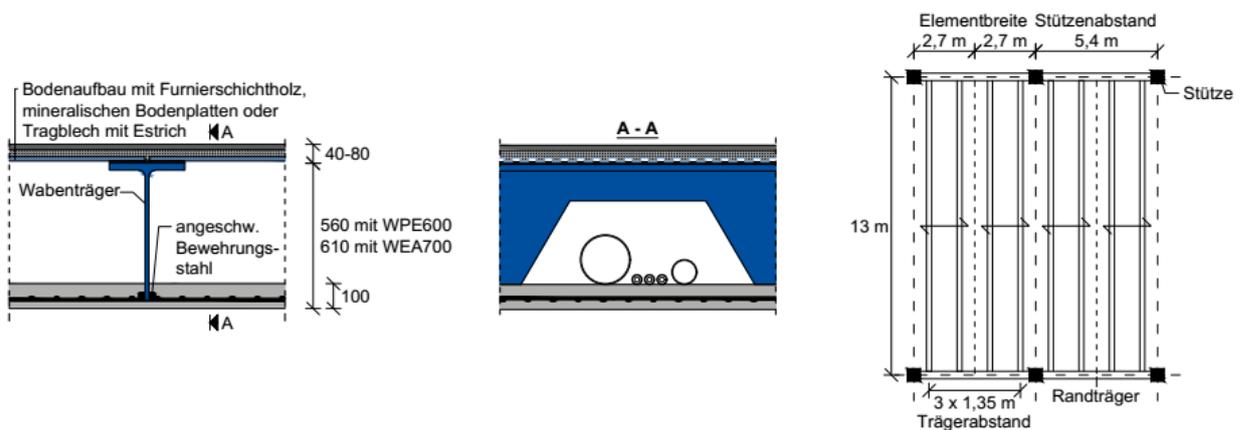


Abbildung 4-8: Querschnitt, Längsschnitt und Systemraster des TOPfloor Integral® Systems

Figure 4-8: Cross and longitudinal section view as well as system grid of the TOPfloor Integral® system

4.4.4.2 Bewertung der Nachhaltigkeit Assessing the sustainability

Abbildung 4-9 zeigt den Baustoff- und Primärenergiebedarf, die prozentualen Realisierungskosten sowie die Höhe der Tragstruktur und des Deckensystems im Ausbauzustand. Der Profilstahlbedarf ist aufgrund des engen Trägerrasters und der erforderlichen Randträger deutlich höher als bei Unterzugs- und Flachdeckensystemen. Dies wirkt sich unmittelbar auf den Primärenergiebedarf des Deckensystems aus. Bei einem Nutzlastanstieg von 3,0 auf 5,0 kN/m² steigt der Stahlbedarf infolge des Profilwechsels um 58 %. Der Primärenergiebedarf steigt um 44 %. Bei geringeren Spannweiten, die keinen Wechsel der Profilreihe erforderlich machen, wirkt sich die Nutzlasterhöhung weniger stark aus.

Die prozentualen Realisierungskosten fallen vergleichbar zu denjenigen der Flachdecken mit Spannbetonhohldielen aus. Durch die Erhöhung der Nutzlasten von 3 auf 5 kN/m² steigen die Kosten um 16 % an. Die Deckenhöhe nimmt hingegen nur geringfügig zu. Da die TGA innerhalb der Tragwerksebene installiert werden kann und keine abgehängten Decken erforderlich sind, wird eine sehr geringe Höhe im Ausbauzustand erzielt. Mit dem Einsatz des Deckensystems und ihren funktionalen Vorteilen besteht die Möglichkeit, durch Einsparungen in der Bauhöhe des Deckenpaketes die Fassadenfläche zu reduzieren.

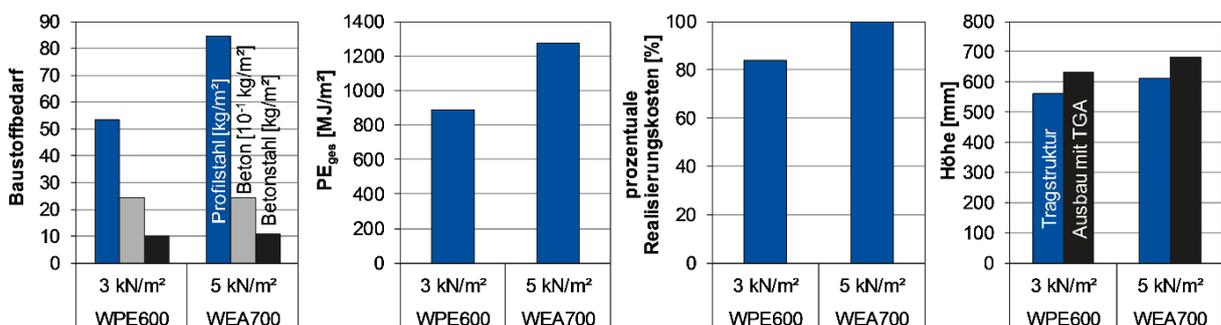


Abbildung 4-9: Baustoff- und Primärenergiebedarf, Realisierungskosten und Höhen der TOPfloor Integral® Decken

Figure 4-9: Building material and primary energy demand, realisation costs and construction height of the TOPfloor Integral® floors

4.5 Brandschutz Fire protection

4.5.1 Brandschutzsysteme für Stahl- und Verbundkonstruktionen Fire protection systems for steel and composite constructions

Der Brandschutz von Stahl- und Verbundkonstruktionen kann durch verschiedene Systemlösungen erreicht werden. Zur Vermeidung einer direkten Beflammung und zur Verzögerung der Erhitzung können die Stahlbauteile mit Beschichtungen oder Verkleidungen geschützt werden. Alternativ können kammerbetonierte offene Profile oder ausbetonierte Hohlprofile verwendet werden (Abbildung 4-10). Im Brandfall wird von einem Ausfall der ungeschützten Stahlquerschnitte und -querschnittsteile ausgegangen. Die Lasten werden dann in die geschützten Querschnittsteile und den bewehrten Betonquerschnitt umgelagert. Wird nur eine geringe Feuerwiderstandsklasse gefordert, kann ggf. durch die Verwendung eines größeren Profilquerschnittes oder einer höheren Stahlgüte auf zusätzliche Brandschutzmaßnahmen verzichtet werden. Im Rahmen des Forschungsvorhabens AIF 18887 N/1 wurde auch der positive Einfluss einer Verzinkung auf das Erwärmungsverhalten untersucht.

Bei Deckenträgern kann auf eine Verkleidung oder Kammerbeton verzichtet werden, wenn eine Brandbeanspruchung von unten durch eine Brandschutz-Unterdecke verhindert wird und eine Brandbeanspruchung von oben oder im Zwischenraum ausgeschlossen werden kann. Nähere Hinweise hierzu enthält Abschnitt 4.5.5.

Die Beschichtung oder Verkleidung von Stahlprofilen kann mit Putzen oder Brandschutzplatten auf Gipsbasis oder Zementbasis mit Leichtzuschlägen erfolgen. Bei Produkten auf Gipsbasis wird im Brandfall durch das Verdampfen des gebundenen Kristallwassers ein wirksamer Schutz an der Oberfläche aufgebaut, der den Brandfortschritt verzögert und den Stahl wirksam vor hohen Temperaturen schützt. Im Unterschied zu herkömmlichen Gipsbauplatten haben Gipsfeuerschutzplatten einen verbesserten Zusammenhalt im Gefüge, der durch mineralische Fasern oder andere Zusätze erreicht wird. Die Platten werden an dünnwandige kaltgewalzte Stahlprofile geschraubt, die an den Gurten der Träger befestigt sind. Gipsputze werden i. d. R. nicht direkt auf die Stahlprofile, sondern auf einen umhüllenden Putzträger appliziert.

Verschiedene Hersteller bieten spezielle Brandschutzplatten oder Spritzputze an. Diese Produkte bieten vor allem bei der Montage Vorteile gegenüber Gipsplatten oder Gipsputzen. Die zurzeit verfügbaren Brandschutzplatten für Stahlkonstruktionen bestehen aus Steinwolle oder werden auf Zementbasis mit Leichtzuschlägen aus Vermiculit oder Blähgranulaten hergestellt. Diese Materialien verfügen über ein sehr hohes Wärmedämmvermögen und isolieren im Brandfall den Stahl wirksam gegen einen schnellen Temperaturanstieg. Theoretisch können die Produkte mehrere Brände ohne Verringerung der Leistungsfähigkeit widerstehen. Die Platten können profilfolgend oder kastenförmig an die Stahlbauteile angebracht werden, sie benötigen keine zusätzliche Unterkonstruktion. Spezielle Spritzputze werden ebenfalls mit Leichtzuschlägen, wie Vermiculit oder Perlit, hergestellt. Als Bindemittel dient Zement. Die Putze bieten den Vorteil einer direkten, profilfolgenden Applikation. Statt eines Putzträgers muss dafür eine Haftgrundbeschichtung auf die Stahlprofile aufgebracht werden. Die Verträglichkeit mit dem applizierten Korrosionsschutzsystem ist zu prüfen.

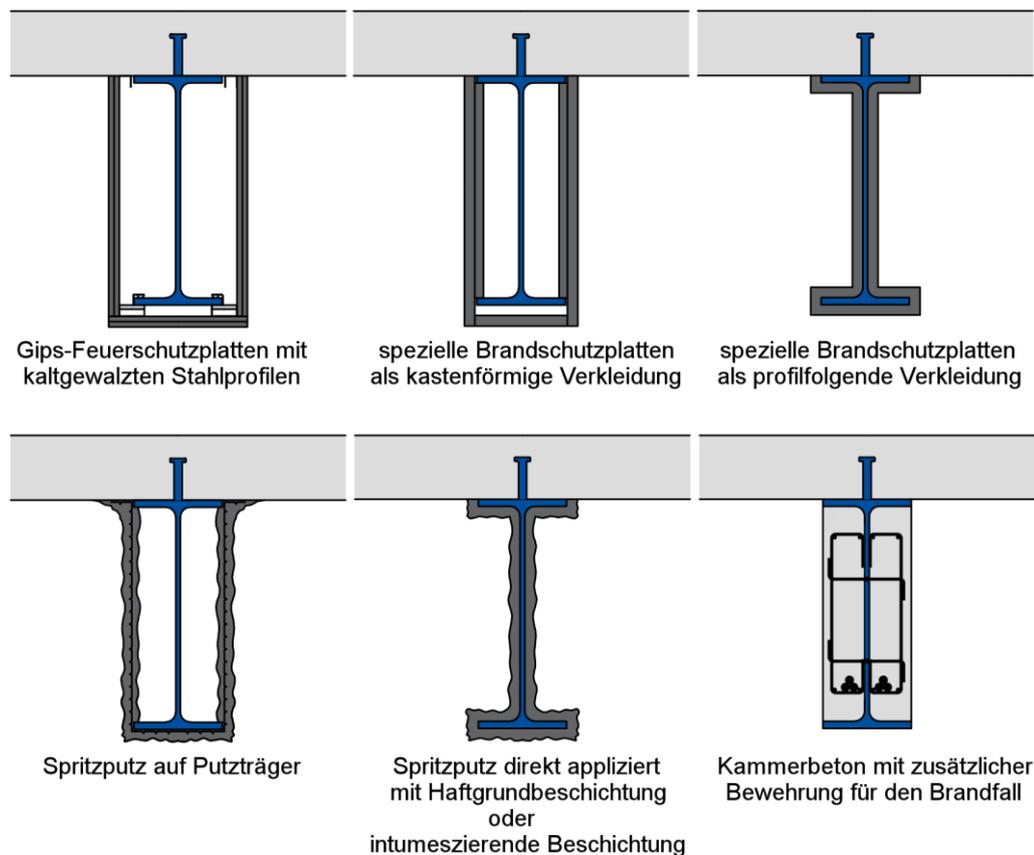


Abbildung 4-10: Brandschutzmaßnahmen für Stahl- und Verbundkonstruktionen am Beispiel eines IPE-Deckenträgers mit dreiseitiger Brandbeanspruchung.

Figure 4-10: Fire protection measures for steel and composite structures using the example of an IPE-beam with three sided fire exposure

Bestehen ästhetische Anforderungen an eine Stahlkonstruktion, werden häufig intumeszierende Anstriche eingesetzt. Die im Gebrauchszustand nur wenige Millimeter dicken Beschichtungen quillen unter Hitzeeinwirkung explosionsartig auf und bilden dadurch eine wärmeisolierende, kohlenstoffhaltige Dämmschicht. Sie werden auch als dämmschichtbildende oder reaktive Anstriche bezeichnet. Die Applikation erfolgt in Verbindung mit einer Grundierung und einem Decklack. Dadurch wird ein wirksamer Korrosionsschutz erzielt und gleichzeitig eine farbliche Gestaltung nach den Wünschen des Nutzers ermöglicht.

Die Auftrags- und Bekleidungsstärke der Brandschutzsysteme richtet sich nach der geforderten Feuerwiderstandsdauer. Die Schicht- und Bekleidungsstärken in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse und des Profilmassens bei Deckenträgern mit dreiseitiger Brandbeanspruchung und bei Verbundblechen sind für ausgewählte Produkte in Abbildung 4-9 bis Abbildung 4-15 zusammengefasst. Der Profilmassens entspricht dem Verhältnis U/A des beflamten Umfangs zur Querschnittsfläche des Stahlprofils.

Für Gipsfeuerschutzplatten und Gipsputz können die Mindestbekleidungs- bzw. Mindestschichtdicken den Bemessungstabellen der DIN 4102-4 [4-63] entnommen werden. Die Dicken der Gips-Feuerschutzplatten werden unabhängig vom Profilmassens des Stahlquerschnittes festgelegt (Abbildung 4-9).

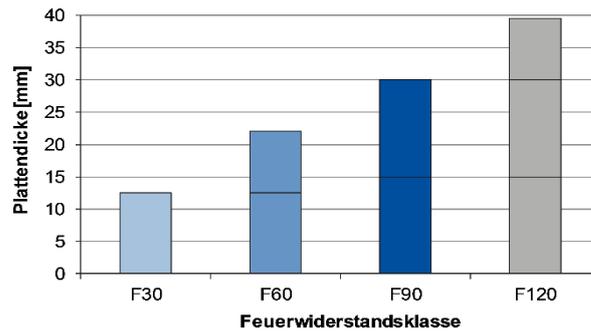


Abbildung 4-11: Erforderliche Plattendicke bei 3-seitiger Brandbeanspruchung in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse und des Profilfaktors für Gips-Feuerschutzplatten nach DIN 4102-4 [4-63]

Figure 4-11: Required plate thickness for three sided fire exposure depending on the fire resistance class and the profile factor for gypsum fire protection boards according to DIN 4102-4 [4-63]

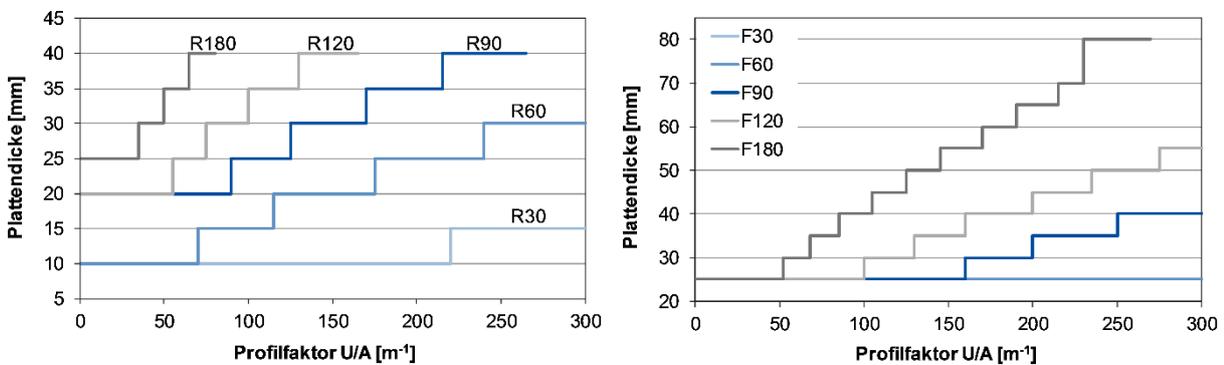


Abbildung 4-12: Erforderliche Plattendicke bei 3-seitiger Brandbeanspruchung in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse und des Profilfaktors für Brandschutzplatten auf Zementbasis (links) [4-38] und aus Steinwolle (rechts) [4-39]

Figure 4-12: Required plate thickness for three sided fire exposure depending on the fire resistance class and profile factor for cement-based fire protection boards (left) [4-38] and rock wool (right) [4-39]

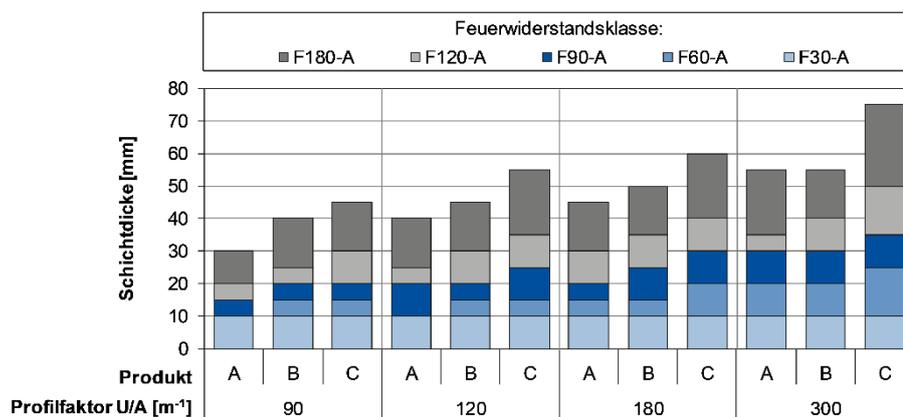


Abbildung 4-13: Erforderliche Schichtdicke verschiedener Spritzputzprodukte bei 3-seitiger Brandbeanspruchung in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse und des Profilfaktors [4-67]–[4-69]

Figure 4-13: Required layer thickness of various spray plaster products for three sided fire exposure depending on the fire resistance class and profile factor [4-67]–[4-69]

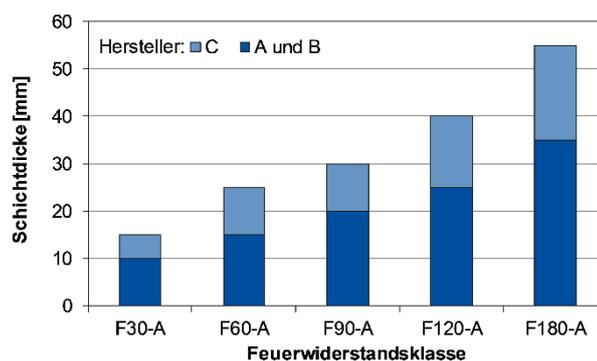


Abbildung 4-14: Erforderliche Schichtdicke verschiedener Spritzputzprodukte auf Profilblechen in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse [4-67]–[4-69]

Figure 4-14: Required layer thickness of various spray plaster products on profile sheets depending on the fire resistance class [4-67]–[4-69]

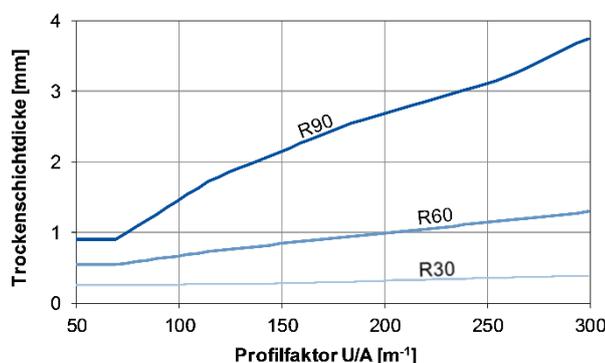


Abbildung 4-15: Erforderliche Trockenschichtdicke von dämmschichtbildendem Anstrich bei bei 3-seitiger Brandbeanspruchung in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse und des Profilmfaktors [4-70]

Figure 4-15: Required dry film thickness of intumescent paint for three sided fire exposure depending on fire resistance class and profile factor [4-70]

Bei herstellerepezifischen Brandschutzplatten und Spritzputzen können die Mindestdicken den Produktzulassungen entnommen werden. Wird von einem Hersteller eine europäische technische Bewertung (ETB) für ein Brandschutzprodukt beantragt, so muss die Prüfung nach den Vorgaben der Normenreihe EN 13501 erfolgen. Eine Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (AbZ) kann hingegen weiterhin nach den Regelungen der DIN 4102-Reihe erfolgen. Die Bezeichnung der Feuerwiderstandsklasse der Produkte unterscheidet sich entsprechend der zugrundeliegenden Zulassung. Die Plattendicken für Brandschutzplatten auf Zementbasis sowie aus Steinwolle sind in Abbildung 4-12 gegenübergestellt. Mit zunehmendem Profilmfaktor ist eine Erhöhung der Plattendicke erforderlich. Die beiden Produkte zeigen trotz der verschiedenen Materialien einen ähnlichen Verlauf der Plattendicke. Bei zementgebundenen Brandschutzplatten ist zu berücksichtigen, dass die erforderlichen Plattendicken durch die herstellerepezifischen Zusammensetzungen stark beeinflusst werden.

Spritzputze auf Zementbasis können nach den Angaben der Produktzulassungen bis zu einer Feuerwiderstandsdauer von F180 verwendet werden (Abbildung 4-13). Die geforderte Beschichtungsdicke von bis zu 75 mm muss bei den untersuchten Produkten in einem Arbeitsgang aufgebracht werden. Der Haftgrund muss, abhängig vom Produkt, entweder noch nass oder bereits getrocknet sein. Neben Stahlprofilen können

auch Profilbleche durch eine Spritzputzbeschichtung vor Brandeinwirkung geschützt werden. Die Beschichtungsdicken betragen in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsdauer zwischen 15 bis 55 mm (Abbildung 4-14).

Der Vergleich der Abbildung 4-11 bis Abbildung 4-14 zeigt, dass die Zunahme der Platten- und Schichtdicken sowohl in Abhängigkeit des Profilmfaktors, als auch in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse näherungsweise proportional ist. Bei dem dümm-schichtbildende Anstrich in Abbildung 4-15 nimmt die Schichtdicke hingegen überproportional zur Feuerwiderstandsdauer zu. Damit verbunden ist ebenfalls eine deutliche Zunahme des Herstellungsaufwandes, da die Applikation ab einer Schichtdicke von ca. 500 µm in mehreren Arbeitsgängen erfolgen muss. Bei der Feuerwiderstandsdauer R30 ist hingegen der Anstieg der Beschichtungsdicke mit zunehmendem Profilmfaktor nur gering. Die Applikation ist daher häufig in einem Arbeitsgang möglich.

4.5.2 Ökobilanzdaten und Kostenansätze LCA-Data and Cost Approaches

EPD zur ökologischen Bilanzierung von Brandschutzsystemen für Stahlkonstruktionen liegen aktuell nur für wenige am Markt verfügbare Produkte vor. Für Gips-Feuerschutzplatten und Gipsputz werden durch den *Bundesverband der Gipsindustrie e. V.* verbandsspezifische EPD zur Verfügung gestellt. Zur Bilanzierung von Steinwolle- und zementgebundenen Brandschutzplatten sowie dümm-schichtbildenden Anstrichen werden herstellerepezifische EPD verwendet. Besonders bei zementgebundenen Brandschutzplatten ist zu berücksichtigen, dass die Werte der ökologischen Indikatoren stark von der herstellerepezifischen Zusammensetzung beeinflusst werden. Eine generelle Anwendung der vorliegenden EPD auf Produkte anderer Hersteller kann daher nicht empfohlen werden.

Für spezielle Brandschutzputze auf Zementbasis sind aktuell weder spezifische noch generische Ökobilanzdaten verfügbar. Anhand der Angaben zu bautechnischen Daten und Grundstoffen der Brandschutzputze wurde für die Bilanzierung eine verbandsspezifische EPD für mineralische Werkmörtel ausgewählt.

Das GWP und der PE_{ges} der Brandschutzprodukte sind in Tabelle 4-4 aufgeführt. Dabei erfolgte eine Vereinheitlichung der Bezugsgröße der Daten auf 1 kg des jeweiligen Produktes. Eine Übersicht zu den im Rahmen der Bilanzierung relevanten ökologischen Indikatoren enthält Anhang C2. Die EPD erfassen ausschließlich die ökologischen Auswirkungen der Brandschutzprodukte, nicht aber die der notwendigen Hilfsmaterialien. So werden bei Gips-Feuerschutzplatten und Gipsputz Unterkonstruktionen aus verzinkten kaltgewalzten Stahlprofilen oder Putzträgermatten benötigt. Ebenso ist bei Spritzputzen auf Zementbasis eine Grundierung der Stahlprofile erforderlich. Diese Hilfsmaterialien können die Ökobilanzierung der Brandschutzsysteme signifikant beeinflussen und sind daher zu berücksichtigen. Tabelle 4-5 enthält eine Übersicht des GWP und PE_{ges} von Hilfsmaterialien. Anhang C2 enthält eine Zusammenstellung der ökologischen Indikatoren. Montagemittel hingegen, wie Schrauben oder Kleber, werden nicht berücksichtigt.

Die ökologische Bilanzierung kammerbetonierter Profile kann anhand des Baustoffbedarfs und der EPD für Profilstahl, Betonstahl und Beton erfolgen (vgl. Abschnitt 2.5.3)

Die Kostenkalkulation der Brandschutzsysteme ist weitaus herstellerspezifischer als bei konstruktiven Bauprodukten und Prozessen. Der Material- und Montageaufwand unterscheidet sich nicht nur deutlich zwischen den Produkten. Er ist auch abhängig von der erforderlichen Menge und vom Gebäudestandort. Es stehen zur Kalkulation der Einzelkosten von Teilleistungen keine Daten zur Verfügung. Allgemeine Kalkulationsansätze werden regelmäßig durch *bauforumstahl e. V.* veröffentlicht [4-31]. Die Preisindikationen sind in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsdauer für verschiedene Brandschutzmaßnahmen in Abbildung 4-16 zusammengefasst. Dabei sind die Differenzen zwischen den Kleinst- und Höchstwerten durch die schraffierten Bereiche gekennzeichnet.

Die Kalkulation kammerbetonierter Profile erfolgt durch die Kalkulation der Einzelkosten der Teilleistungen. Die Kostenannahmen sind in Anhang A4 zusammengefasst.

Tabelle 4-4: Ökologische Indikatoren von Brandschutzprodukten für Stahlkonstruktionen je kg
(ausführliche Tabelle siehe Anhang C2)

Table 4-4: Ecological indicators of fire protection products for steel structures per kg
(detailed table see Annex C2)

Material	ökologische Indikatoren		Quelle
	GWP [kg CO ₂ -Äqv./kg]	PE _{ges} [MJ/kg]	
Gips-Feuerschutzplatte	0,21	3,41	[4-40]
zementgebundene Brandschutzplatte	0,56	6,57	[4-38]
Steinwoll-Brandschutzpl.	1,05	13,81	[4-39]
Gipsputz	0,14	2,33	[4-41]
Zement-Spritzputz	0,42	3,86	[4-42]
dämmschichtbildender Anstrich	2,51	54,97	[4-43]

Tabelle 4-5: Ökologische Indikatoren von Hilfsbaustoffen für Brandschutzprodukte je kg
(ausführliche Tabelle siehe Anhang C2)

Table 4-5: Ecological indicators of auxiliary materials for fire protection per kg
(detailed table see Annex C2)

Material	ökologische Indikatoren		Quelle
	GWP [kg CO ₂ -Äqv./kg]	PE _{ges} [MJ/kg]	
Stahlfeinblech verzinkt	0,79	14,2	[4-44]
Aluminiumblech	2,26	39,4	[4-44]
Haftvermittler	2,40	52,1	[4-45]
Zement	692	4260	[4-46]

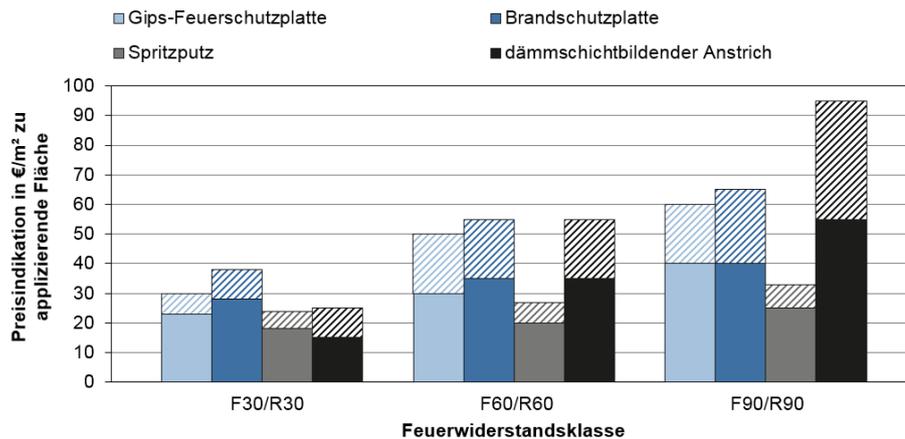


Abbildung 4-16: Kosten für Brandschutzmaßnahmen [4-31]

Figure 4-16: Costs of fire protection measures [4-31]

4.5.3 Ökologischer und monetärer Einfluss der Brandschutzmaßnahmen Ecological and monetary influence of fire protection systems

4.5.3.1 Beurteilung anhand eines Fallbeispiels Assessment based on a case study

Die Nachhaltigkeit von Brandschutzsystemen für Stahl- und Verbundkonstruktionen wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Dazu zählen:

- die Art des Tragwerkselementes (Träger oder Stütze),
- die erforderliche Feuerwiderstandsdauer,
- der Profiltyp,
- die Art der Beflammung (1-seitig, 2-seitig, 3-seitig oder 4-seitig),
- die Form der Verkleidung (profilfolgend oder kastenförmig),
- der daraus resultierende Profilmfaktor und
- die erforderliche Bekleidungsstärke.

Eine allgemeingültige Aussage für verschiedene Tragwerke und Rahmenbedingungen kann daher nicht getroffen werden. Die Untersuchungen müssen daher für die spezifische Verhältnisse individuell erfolgen.

Nachfolgend wird der Einfluss der Brandschutzsysteme am Beispiel eines 3-seitig beflamnten Verbunddeckenträgers IP550 mit Stahlbetondecke untersucht. Die ökologischen Auswirkungen und Kosten werden für die Feuerwiderstandsklassen F30, F60 und F90 (bzw. R30, R60, R90) ermittelt. Berücksichtigt werden die kastenförmige Verkleidung mit Gips-Feuerschutzplatten, speziellen Brandschutzplatten und Gipsputz, die profilfolgende Verkleidung mit Zementspritzputz, der dämmschichtbildende Anstrich und die Ausführung als Träger mit Kammerbeton.

Durch den Einsatz von Kammerbeton kann nicht nur die Tragfähigkeit des Querschnitts im Brandfall, sondern auch bei der Kaltbemessung erhöht werden. In einigen Fällen kann dadurch eine Reduzierung des Trägerquerschnittes erzielt werden. Dies ist jedoch abhängig von der Spannweite, der gewählten Stahl- und Betongüte sowie dem

Bewehrungsgrad des Kammerbetons. Nachfolgend werden Varianten der kammerbetonierten Träger IPE550 und IPE500 berücksichtigt. Der Bewehrungsgrad des Kammerbetons aus C30/37 wird nach der Bemessungstabelle der DIN EN 1994-1-2 für einen Lastausnutzungsfaktor von $\eta_{fi,t} \leq 0,5$ ermittelt. Für diesen Fall ist bei den Feuerwiderstandsdauern von 30 und 60 min nur eine konstruktive Bewehrung erforderlich. Bei 90 min wird eine zusätzliche Biegezugbewehrung von 4 Ø 16 (IPE550) bzw. 2 Ø 20 (IPE500) notwendig.

4.5.3.2 Ökologie Ecology

Auf der Basis der vorliegenden Ökobilanzdaten erfolgte die Untersuchung der in Tabelle 4-6 aufgeführten Brandschutzmaßnahmen. Die zugeordnete Farbcodierung wird in den nachfolgenden Diagrammen verwendet. Die erforderlichen Bekleidungsstärken und Materialaufwendungen sind abhängig von der Feuerwiderstandsklasse zusammengefasst. Eine ausführlichere Darstellung mit Angaben zum Materialbedarf der Hilfsstoffe sowie des Beton- und Betonstahlbedarfs der Kammerbetonträger enthält Anhang C3.

Tabelle 4-6: Übersicht zu den untersuchten Brandschutzsystemen mit Bekleidungsstärken und Materialbedarf in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse (ausführliche Tabelle siehe Anhang C3)

Table 4-6: Overview of the investigated fire protection systems with layer thicknesses and material demand depending on the fire resistance class (detailed table see Annex C3)

Verkleidung	Farbcodierung	Brandschutzmaßnahmen	Bekleidungsstärken oder Materialbedarf in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse		
			F30/R30	F60/R60	F90/R90
kasten- förmig		Gips-Feuerschutzplatten	12,5 mm	22 mm	30 mm
		Zement-Brandschutzplatte	10 mm	15 mm	25 mm
		Steinwoll-Brandschutzplatte	25 mm	25 mm	25 mm
		Spritzputz Gips	15 mm	15 mm	25 mm
profilfol- gend		Spritzputz Zement	10 mm	15 mm	20 mm
		dämmschichtbildender Anstrich	0,51 kg/m ²	1,50 kg/m ²	3,70 kg/m ²
-		IPE550 mit Kammerbeton			
		IPE500 mit Kammerbeton			

Bei der Ökobilanzierung der Gips-Feuerschutzplatten wurde die erforderliche Unterkonstruktion zusätzlich berücksichtigt. Bei den Brandschutzplatten wurde eine Montage durch an die Träger geklebte oder geklemmte Plattenstreifen berücksichtigt. Diese sind ebenfalls in der Bilanz erfasst, jedoch nicht gesondert ausgewiesen. Zusätzlich wurde bei den Gips- und Brandschutzplatten ein Verschnittverlust von 10 % berücksichtigt. Für Spritzputze wurde der erforderliche Putzträger bzw. Haftgrund (Zement + Haftvermittler) ebenfalls bilanziert. Neben dem Spritzverlust wurde auch ein Mehrauftrag berücksichtigt. Der kalkulierte Materialverbrauch wurde hierfür um 20 % erhöht. Bei

dämmschichtbildenden Anstrichen wurde hingegen von sehr geringen Verfahrensverlusten und geringem Mehrauftrag auszugehen. Der Materialverbrauch wurde lediglich um 5 % erhöht. Bei dem kammerbetonierten Träger mit reduziertem Querschnitt IPE500 werden die Einsparung der ökologischen Aufwendungen durch die geringere Stahlmasse von den Aufwendungen für den Kammerbeton abgezogen.

Die ökologischen Indikatoren der verschiedenen Brandschutzmaterialien weisen starke Unterschiede auf. Abbildung 4-17 zeigt das prozentuale Verhältnis der Indikatoren für die Feuerwiderstandsdauern von 30, 60 und 90 min. Die hohen Werte des Kammerbetons und der zementgebundenen Brandschutzplatten im GWP und AP sind vorwiegend auf den Einfluss des Zements zurückzuführen. Der in allen Feuerwiderstandsklassen dominierende Wert des Zement-Spritzputzes im POCP wird durch die zur Bilanzierung gewählte EPD des Haftgrundvermittlers verursacht. Bei nahezu allen ökologischen Indikatoren ergibt sich mit steigender Feuerwiderstandsdauer ein starker Anstieg der Werte des dümmeschichtbildenden Anstrichs. Während für 30 min bei allen Indikatoren sehr geringe Auswirkungen vorliegen, werden bei 90 min für das ODP, AP und EP sowie den PE_{ne} und PE_{ges} die höchsten Werte im Vergleich erreicht. Dies ist auf den Materialverbrauch zurückzuführen, der sich von F30 auf F90 mehr als versiebenfacht.

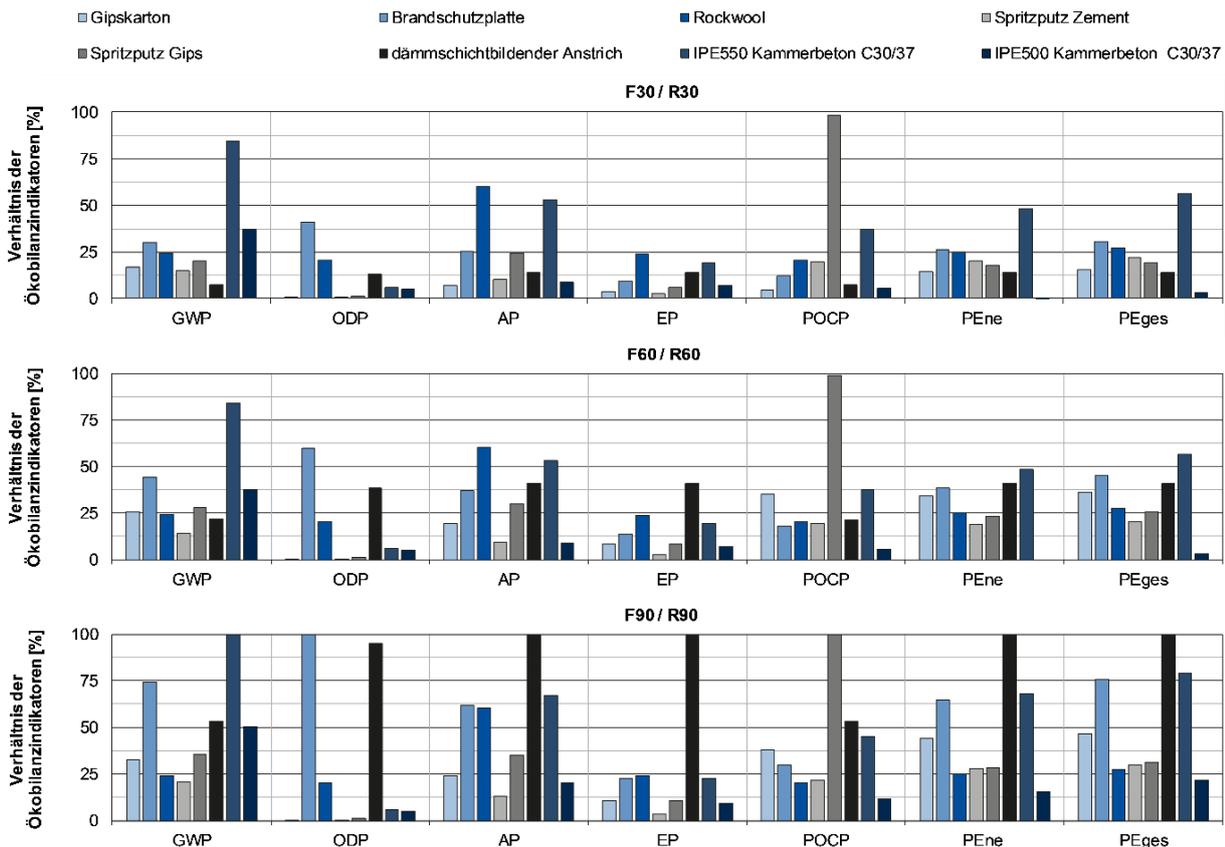


Abbildung 4-17: Verhältnis der Ökobilanzindikatoren der Brandschutzmaßnahmen

Figure 4-17: Ratio of LCA indicators of fire protections

Der Vergleich in Abbildung 4-17 zeigt, dass der ökologische Einfluss nicht anhand eines Indikators beurteilt werden kann. Daher erfolgte die Berechnung des ökologischen Erfüllungsgrades nach dem in Kapitel 2.5.2 beschriebenen Verfahren. Berücksichtigt wurden die ökologischen Auswirkungen des Stahlträgers und der Brandschutzmaßnahmen pro Meter Trägerlänge. Die Deckenplatte blieb unberücksichtigt. Abbildung 4-18 zeigt den Vergleich des ökologischen Erfüllungsgrades. Der Bezugswert von 100 % wurde für den Träger IPE550 ohne Brandschutzmaßnahmen festgelegt. Abhängig von der Feuerwiderstandsklasse liegt der Einfluss der Brandschutzmaßnahmen zwischen 2,3 und 27,7 %. Die geringste Reduzierung des Erfüllungsgrades wird durch Gips-Feuerschutzplatten bei der Feuerwiderstandsdauer von 30 min (F30) erreicht. Den größten Einfluss hat der dämmschichtbildende Anstrich bei 90 min Widerstandsdauer. Bei 30 und 60 min ist der Erfüllungsgrad wegen des geringeren Materialbedarfs deutlich höher. Die Verwendung kammerbetonierter Profile führt bei allen Feuerwiderstandsklassen zu einer starken Abminderung des Erfüllungsgrades, sofern nicht der Profilquerschnitt verringert und Stahlmasse eingespart werden kann.

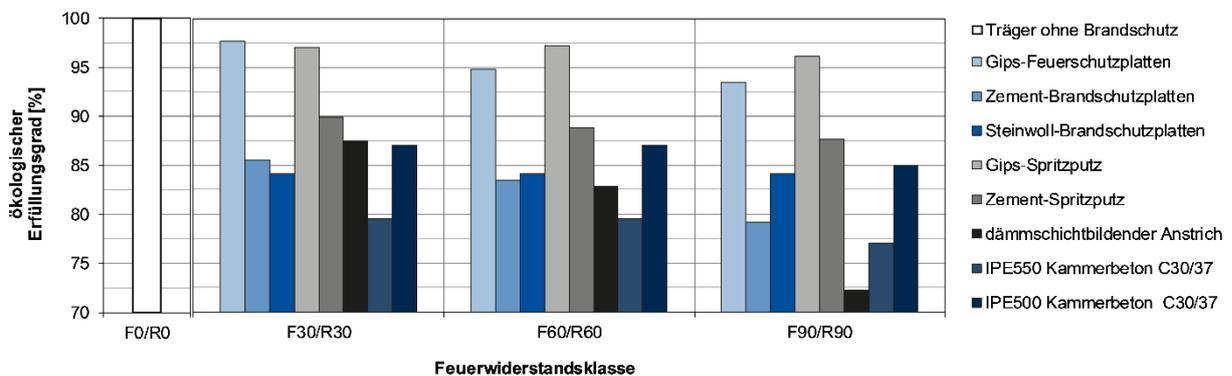


Abbildung 4-18: Einfluss der Brandschutzmaßnahmen auf den ökologischen Erfüllungsgrad eines Deckenträgers IPE550

Figure 4-18: Influence of the fire protections on the ecological degree of fulfillment of a beam IPE550

4.5.3.3 Kosten Costs

Die Kalkulation der Kosten für Brandschutzmaßnahmen erfolgte auf der Grundlage der Durchschnittswerte nach [4-31] (vgl. Abbildung 4-16). Für Spritzputze wurde aufgrund fehlender Daten keine Unterscheidung nach kastenförmiger Verkleidung mit Putzträger und profilfolgender Verkleidung vorgenommen. Die Kosten der kammerbetonierten Träger wurden anhand der verfügbaren Einzelkosten der Teilleistungen kalkuliert. Dies beinhaltet die erhöhten Transport- und Montageaufwendungen infolge des höheren Eigengewichtes. Abbildung 4-19 zeigt die prozentuale Kostenerhöhung durch Brandschutzmaßnahmen in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse. Bezug wurde auf die Kosten des Stahlträgers IPE 550 ohne Brandschutz genommen (entspricht 100 %).

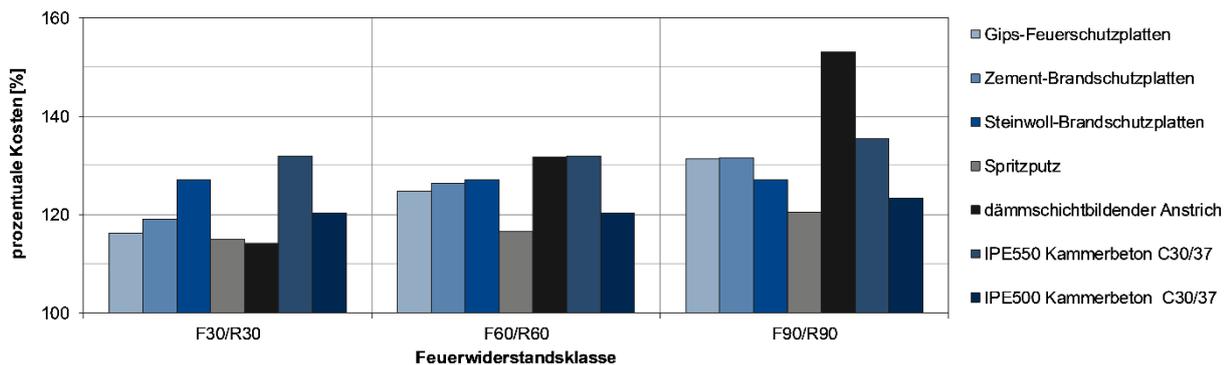


Abbildung 4-19: Kostenanstieg durch verschiedene Brandschutzmaßnahmen am Beispiel eines Deckenträgers IPE550

Figure 4-19: Increase in costs due to various fire protection measures using the example of a beam IPE550

Der geringste Kostenanstieg von 14 % entsteht durch die Verwendung von dämmschichtbildendem Anstrich bei einer Feuerwiderstandsdauer von 30 min. Träger mit Kammerbeton führen zum höchsten Kostenanstieg von 32 %. Bei einer Widerstandsdauer von 90 min führt der Einsatz von Spritzputz zu den vergleichsweise geringsten Kosten. Beim kammerbetonierten Träger sind die Kosten gegenüber einer Verkleidung des Trägers mit Gips- oder Brandschutzplatten nur geringfügig höher. Kann der Querschnitt reduziert werden, erweist sich der Kammbeton als wirtschaftliche Alternative zum Spritzputz. Der höchste Kostenanstieg von 53 % wird durch den dämmschichtbildenden Anstrich verursacht. Dies ist auf den hohen Arbeitsaufwand zur Herstellung mehrerer Schichten zurückzuführen. Bei fast allen Brandschutzsystemen ergibt sich eine Kostenerhöhung mit steigender Feuerwiderstandsklasse. Ausnahme hiervon ist der Schutz durch Steinwolle-Brandschutzplatten, deren Dicke für alle Schutzdauern konstant ausgeführt wird. Die Berechnung erfolgte mit einem gemittelten Preis.

4.5.4 Funktionalität und Lebensdauer Functionality and lifespan

Die Wahl des Brandschutzsystems beeinflusst neben der ökologischen und ökonomischen Qualität des Gebäudes auch die Funktionalität durch Wartungs- und Erneuerungszyklen sowie durch Einschränkung für die TGA. Die Verkleidung von Profilen ermöglicht es, eine Anpassung der TGA im Lebenszyklus vorzunehmen. Dazu können in Bereichen mit geringer Beanspruchung auch nachträglich Öffnungen in den Profilstegen hergestellt werden. Bei der Montage bietet die profilfolgende Verkleidung Vorteile gegenüber einer kastenförmigen. Letztere führt jedoch zu einem höheren Materialverbrauch.

Bei kammerbetonierten Profilen können Stegöffnungen mit geringem Aufwand im Fertigungsprozess vorgesehen werden. Eine spätere Herstellung ist hingegen aus statischer und konstruktiver Sicht meist ausgeschlossen oder nur mit hohen Aufwendungen möglich. Daher ist es umso wichtiger, Platzreserven zur Durchführung der TGA vorzuhalten. Der Brandschutz durch kammerbetonierte Profile bietet den Vorteil, dass keine Erneuerung im Lebenszyklus des Gebäudes erfolgen muss. Platten, Putze und Anstriche müssen hingegen meist ein- oder mehrfach erneuert werden. Die Nutzungsdauer

der Materialien, vor allem der dämmschichtbildenden Anstriche, wird derzeit kontrovers diskutiert.

In Tabelle 4-7 sind die Mindestnutzungsdauern nach den gewählten EPD und produkt-spezifischen Zulassungen aufgeführt. Nach den Angaben der EPD kann bei der ökologischen Bilanzierung von Steinwolle-Brandschutzplatten eine unbegrenzte Referenz-nutzungsdauer angenommen werden. Gipsprodukte und Zement-Spritzputze sind über einen Zeitraum von 50 Jahren zu bilanzieren, Zement-Brandschutzplatten und dämm-schichtbildende Anstriche über 25 Jahre. Die von vielen Herstellern für dämmschicht-bildende Anstriche angegebene Nutzungsdauer von 25 Jahren wird jedoch aktuell nicht durch die Verwendbarkeitsnachweise (z. B. Europäisch Technische Bewertung) abge-deckt. Danach ist, selbst bei angemessener Verwendung, eine Nutzungsdauer von 10 Jahren anzunehmen [4-71]. Durch die Vorlage ausreichend dokumentierter Versuche des jeweiligen Herstellers bei der Zulassungsstelle kann eine Verlängerung der Nut-zungsdauer beantragt werden. Weitere Informationen zur Nutzungsdauer dämm-schichtbildender Anstriche sind u. a. bei *Geburtig* [4-32] und *Thewes* [4-33] nachzule-sen.

Tabelle 4-7: Nutzungsdauer von Brandschutzmaßnahmen nach den Angaben der jeweiligen Umweltproduktdeklarationen und technischen Zulassungen

Table 4-7: Service life of fire protection measures according to the specifications of the respective EPD and technical approvals

Brandschutzmaßnahme	Mindest-Referenznut-zungsdauer nach EPD		Mindestnutzungsdauer nach Zulassung (nicht garantiert)	
	Jahre	Quelle	Jahre	Quelle
Gips-Feuerschutzplatten	50	[4-40]	-	-
Zement-Brandschutzplatten	25	[4-38]	25	[4-72]
Steinwolle-Brandschutzplatten	∞	[4-39]	keine Beschränkung, so-fern ordnungsgemäßer Zu-stand sichergestellt	[4-73]
Spritzputz Gips	50	[4-41]	-	-
Spritzputz Zement	50	[4-42]	Haftfestigkeitsprüfung an gealterten Probekörpern	[4-67]–[4-69]
dämmschichtbildender Anstrich	25	[4-43]	10	[4-70] [4-71]

4.5.5 Brand in Hohlräumen Fire in cavities

Bei Deckenträgern im Bereich abgehängter Brandschutzdecken sind keine zusätzli-chen Schutzmaßnahmen erforderlich, wenn die Anforderungen der DIN 4102-4 [4-63] und DIN 4102-2 [4-74] eingehalten werden. Danach sollten die Brandlasten durch Ka-belisierungen und andere Stoffe im Hohlraum gleichmäßig verteilt sein und einen Heizwert von 7 kWh/m² nicht überschreiten. Ebenso muss sichergestellt werden, dass die abgehängte Deckenkonstruktion nicht belastet wird. Dies gilt auch für den Brandfall.

Ausgenommen sind geringfügige Belastungen bis 5 N/m², beispielsweise durch Rauchmelder.

Bei multifunktionalen Deckensystemen können die Stahlträger im Bereich des Systembodens angeordnet sein (z. B. Topfloor Integral in Negativlage). Eine Brandeinwirkung von unten auf den Stahlträger wird durch die Stahlbetondeckenplatte verhindert. Von oben ist der Stahlträger durch einen geeigneten Deckenaufbau zu schützen.

Die Brandschutzanforderungen innerhalb der Systemböden werden durch [4-75] und [4-76] geregelt. Danach müssen alle Bestandteile der Systemböden aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen. Es wird nach [4-75] in Hohlböden und Doppelböden unterschieden. Hohlböden haben eine fugenlos vergossene Tragschicht und weisen eine lichte Hohlraumhöhe bis 200 mm auf. Gefordert wird eine Mindestestrichdicke von 30 mm. Revisionsöffnungen müssen dichtschießend und ebenfalls aus nichtbrennbarem Material sein. An die Tragkonstruktionen im Hohlraum werden keine weiteren Anforderungen gestellt.

Bestehen Systemböden aus Tragplatten und Ständern oder weisen sie eine lichte Hohlraumhöhe über 200 mm auf, so gelten sie als Doppelböden. Bestandteile von Doppelböden müssen bis zu einer lichten Hohlraumhöhe von 200 mm ebenfalls keinen Feuerwiderstand aufweisen. Wird dieses Maß überschritten, sind tragende und raumabschließende Teile feuerhemmend (F30/R30) auszulegen. Für ungeschützte Träger multifunktionaler Deckensystemen ist daher ab einer lichten Hohlraumhöhe von 200 mm nachzuweisen, dass eine Brandeinwirkung von 30 min die Tragfähigkeit nicht beeinflusst. Kann dies nicht sichergestellt werden, müssen nach derzeitigem Stand der technischen Regeln Brandschutzmaßnahmen getroffen werden.

Im Rahmen des Forschungsprojektes AIF-FOSTA P1139 erfolgte die Untersuchung der „Temperaturentwicklung in Hohlräumen abgehängter Decken sowie in Hohl- und Doppelböden und deren Auswirkungen auf das Tragverhalten innenliegender Stahlkonstruktionen“. Die Ergebnisse von durchgeführten Versuchen zeigten, dass aufgrund eingeschränkter Ventilationsbedingungen häufig keine Gefahr der Brandausbreitung in Deckenhohlräumen besteht. Für Stahlkonstruktionen ist kein zusätzlicher Brandschutz erforderlich, wenn direkte Brandeinwirkungen von unten und von oben durch konstruktive Maßnahmen verhindert werden.

4.6 Fassaden Facades

4.6.1 Fassadenkonstruktionen Facade constructions

Moderne Gebäude bestechen durch ihr äußeres Design mit innovativen Fassadenlösungen. Dabei geht der Trend zunehmend weg von herkömmlichen Lochfassaden zu Band- und Elementfassaden mit einem geringen Anteil opaker Flächen bis hin zu Ganzglasfassaden (Abbildung 4-20). Die Wahl der Fassade hat einen hohen Einfluss auf die ökologische und ökonomische Bilanz eines Gebäudes. Der größte Anteil der Aufwendungen entsteht in der Nutzungsphase infolge des durch Transmissions- und Lüftungswärmeverluste verursachten Energiebedarfs. Aufgrund der gestiegenen energetischen

Anforderungen hat sich der Anteil dieser ökologischen und monetären Aufwendungen jedoch stark verringert. Die Herstellungs-, Rückbau und Verwertungsphase gewinnt (nicht nur bei Fassadenkonstruktionen) zunehmend an Bedeutung.

Zudem wird die Umnutzungsfähigkeit eines Gebäudes durch die Fassadenkonstruktion beeinflusst. Die Nutzerakzeptanz ist von bestimmten Eigenschaften der Fassade abhängig. So ist beispielsweise davon auszugehen, dass eine Wohnung im ersten Obergeschoss eines Gebäudes mit hochwertiger Vollverglasung im dichtbebauten innerstädtischen Bereich auf ein geringes Interesse stößt. Eine Wohnung im letzten Obergeschoss des gleichen Gebäudes, mit einem Ausblick über die gesamte Stadt, kann hingegen gerade aufgrund der Vollverglasung deutlich über dem durchschnittlichen Marktpreis veräußert werden. Ebenso wie die Primärstruktur eines Gebäudes sollte auch das Fassadensystem die Anforderungen verschiedener Nutzungsarten erfüllen oder eine Anpassung ermöglichen. Vorteile bieten hierbei die Elementfassaden durch ihre austauschbaren opaken und transparenten Elemente. Die Gebäudenutzung wird dadurch nur kurzzeitig und geringfügig eingeschränkt.

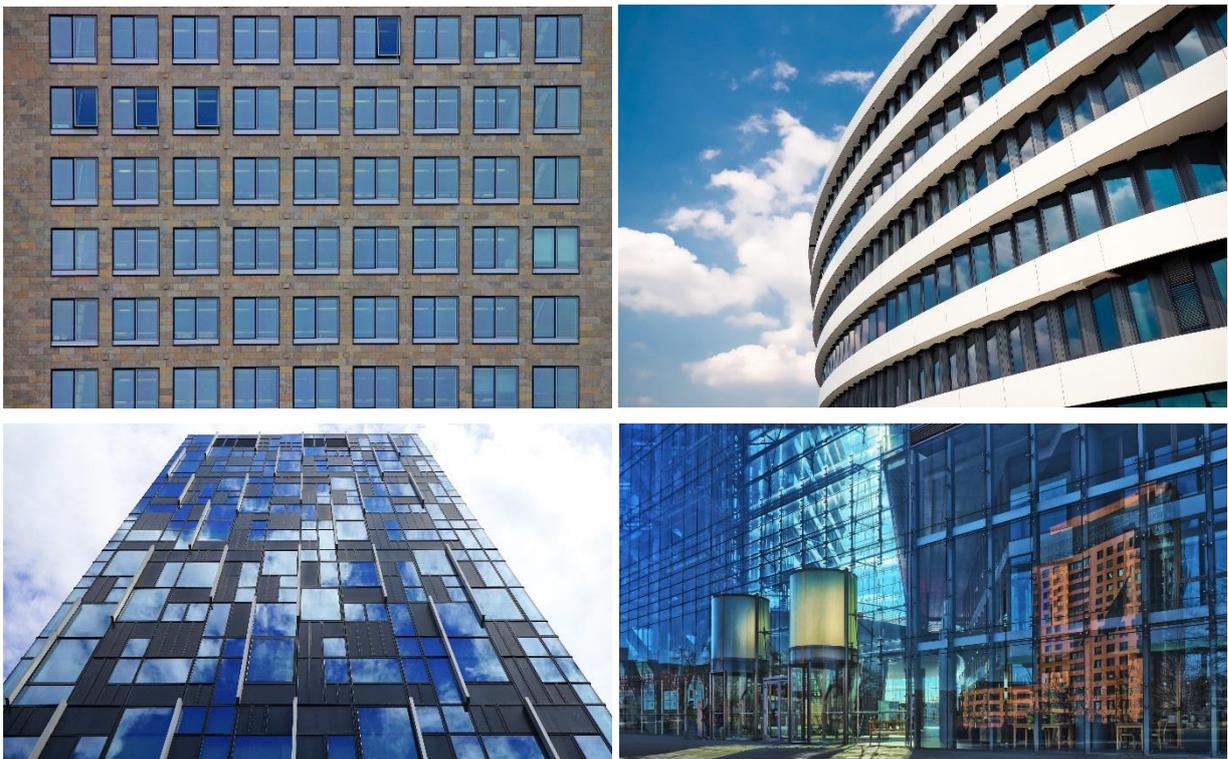


Abbildung 4-20: Ansichten von Fassadensystemen, Lochfassade (l. o.), Bandfassade (r. o.), Elementfassade (l. u.) und Ganzglassefassade (r. u.)

Figure 4-20: Views of facade systems, perforated facade (u. l.), facade with window bands (u. r.), element facade (l. l.) and all-glass facade (l. r.)

4.6.2 Ökobilanzierung von Fassadensystemen Life cycle assessment of facade systems

Die Zahl der verfügbaren Datensätze zur ökologischen Bilanzierung von Fassadenbestandteilen ist in den vergangenen Jahren stark gestiegen. Während zu Beginn des Forschungsprojektes P1118 nur wenige, nicht zertifizierte Daten zur Verfügung standen, bieten heute die Ökobaudat, der DGNB-Navigator und andere Datenbanken zahlreiche herstellerspezifische und generische Ökobilanzdatensätze.

In Tabelle 4-8 sind das GWP und der PE_{ges} ausgewählter Datensätze für Pfosten-Riegel-Fassaden mit Dreifachverglasung und Aluminium- oder Stahl- und Edelstahlrahmen zusammengefasst. Die generischen Datensätze der ÖKOBAUDAT [4-44] für Fassadensysteme enthalten lediglich Angaben zur Herstellungsphase. Die Aufwendungen für Transporte wurden daher anhand der Masse der Systeme kalkuliert. Für die Transportentfernungen wurden die Angaben der herstellerspezifischen EPD für Stahl- und Edelstahlfassaden [4-47] übernommen. In der herstellerspezifischen EPD für Aluminium-Elementfassaden [4-48] wird eine deutlich kürzere Transportentfernung angenommen. Die Bilanzierung der Rückbau- sowie der Abfallbehandlungs- und Beseitigungsphase kann aufgrund fehlender Angaben zur stofflichen Zusammensetzung für die generischen Datensätze nicht erfolgen. Die Gutschriften durch die Rückgewinnung wurden anhand der abgeschätzten Massen der enthaltenen Metalle mit End-of-Life-Prozessen kalkuliert. Für das Glas wird bisher kein End-of-Life-Datensatz durch die ÖKOBAUDAT zur Verfügung gestellt. Daher wurden herstellerspezifische Ökobilanzdaten für Mehrscheibenisolierverglasungen [4-49] verwendet.

Gesamtdatensätze für Fassaden stehen lediglich für vollverglaste Pfosten-Riegel-Systeme zur Verfügung. Die ökologischen Auswirkungen von Band- und Lochfassaden müssen anhand ihres spezifischen Aufbaus individuell kalkuliert werden. Zur Untersuchung wurde jeweils ein typischer Aufbau einer Loch- und mit generischen und herstellerspezifischen Daten bilanziert. Tabelle 4-9 enthält eine Übersicht der einzelnen Fassadenkomponenten und des jeweiligen GWP und PE_{ges} sowie der errechneten Gesamtaufwendungen. Für die Lochfassade wird der Flächenanteil der Fenster mit 30 % angenommen, für die Bandfassaden mit 50 %.

Abbildung 4-21 zeigt den Vergleich des GWP und PE_{ges} für die in Tabelle 4-8 und Tabelle 4-9 aufgeführten Fassadensysteme. Die Gesamtbalkenhöhe zeigt die ökologische Belastung, die durch die Herstellung (A1-A3) eines Fassadensystems verursacht wird. Die durch Recycling erzielte Gutschrift ist grau hinterlegt. Der dunkelblaue Abschnitt zeigt die resultierende, effektive ökologische Belastung aus der Herstellung abzüglich der Gutschrift. Die verschiedenen Pfosten-Riegel-Systeme zeigen deutliche Unterschiede in den ökologischen Aufwendungen. Da sich jedoch die Gutschriften durch Recycling nahezu maßstäblich verhalten, weisen die effektiven ökologischen Belastungen eine gute Übereinstimmung auf. Die berechneten ökologischen Auswirkungen der Bandfassade sind mit denen der Pfosten-Riegel-Systeme vergleichbar.

Tabelle 4-8: Ökologische Indikatoren von Pfosten-Riegel-Fassadensystemen mit Aluminium- und Stahlrahmen und Dreifachverglasung

Table 4-8: Ecological indicators of transom-mullion-facade systems with aluminum and steel frames and triple glazing

System	Phase	GWP [kg CO ₂ - Äqv./m ²]	PE _{ges} [MJ/m ²]	Quelle
Aluminiumrahmen mit Dreifachverglasung Masse = 36,7 kg/m ² Hin- und Rücktransport siehe ¹⁾ Recycling: Annahme von 5,1 kg Aluminium und 0,85 m ² Verglasung pro m ² Fassadenfläche	A1-A3	125	2020	[4-44]
	A4	1,62	23,4	
	C2	0,47	6,78	
	D	-55,0	-957	
Aluminiumrahmen mit Dreifachverglasung Masse = 41,5 kg/m ² Transport: 10 km mit LKW 12 t Recycling: 39,5 kg, Deponierung: 0,44 kg, thermische Verwertung: 1,51 kg	A1-A3	115	1817	[4-48]
	A4	3,15E-02	0,46	
	C4	3,96	2,92	
	D	-34,6	-638	
Stahlrahmen mit Dreifachverglasung Masse = 41,6 kg/m ² Hin- und Rücktransport siehe ¹⁾ Recycling: Annahme von 7,8 kg Stahl, 1,3 kg Edel- stahl, 1,2 kg Aluminium und 0,85 m ² Verglasung pro m ² Fassadenfläche	A1-A3	98,8	1407	[4-44]
	A4	1,83	26,6	
	C2	0,53	7,69	
	D	-28,5	-435	
Stahlrahmen mit Dreifachverglasung Masse = 46,7 kg/m ² Hin- und Rücktransport siehe ¹⁾ Nutzungsphase siehe ²⁾ Recycling: Stahl 100 %, Aluminium 98 %, Glas 95 % thermische Verwertung weiterer Reststoffe	A1-A3	116	2068	[4-47] ³⁾
	A4	3,39	52,2	
	B1	600	10904	
	B2	0,26	14,1	
	B3	46,9	817	
	C2,C3	1,80	35,4	
	D	-47,9	-806	

¹⁾ A4: 150 km mit LKW 40 t und 100 % Auslastung + 50 km mit LKW 7,5 t, 20 % Auslastung und leerer Rückfahrt

C2: 150 km mit LKW 40 t und 100 % Auslastung + 50 km mit LKW 7,5 t, 100 % Auslastung

²⁾ B1: Wärmedurchgangskoeffizient des Gesamtsystems: $U_{CW} = 1,2 \text{ W}/(\text{M}^2 \cdot \text{K})$

Gesamtenergie-Durchlassgrad: $g = 0,6 \%$; Lichttransmissionsgrad: $\tau_V = 0,7 \%$

B2: jährliche Funktionsprüfung, Sichtprüfung und Wartung (normale Beanspruchung)

B3: Einmaliger Austausch von Beschlägen, Dichtungen, Glas, Glasdichtungen

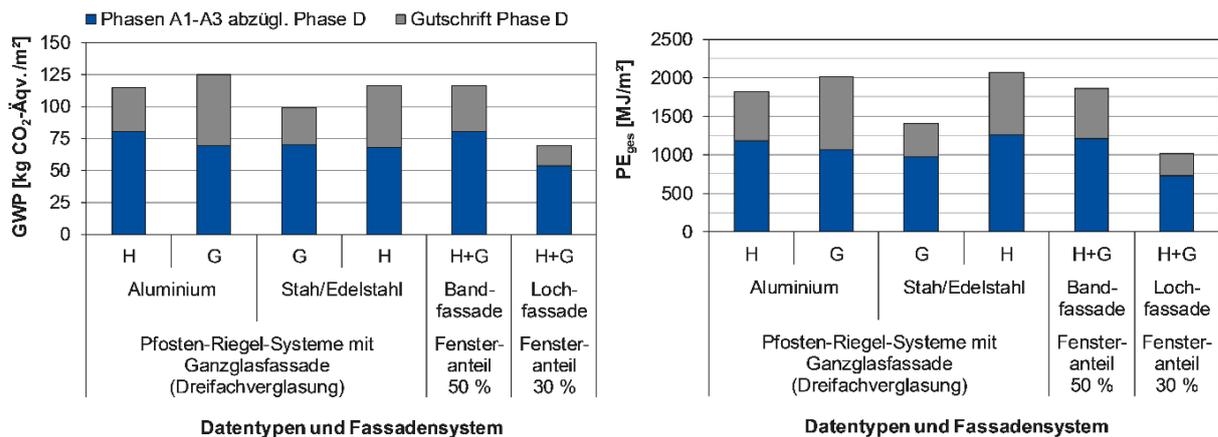
³⁾ Gültigkeit seit 01. Nov. 2017 abgelaufen. Bisher keine Revision.

Wie Tabelle 4-9 zeigt, ist dies vor allem auf die Verwendung von Fenstern mit Aluminiumverbundprofilen Außenverkleidungen mit Aluminiumelementen zurückzuführen. Die Lochfassade verursacht im Vergleich die geringsten ökologischen Belastungen. Dabei wirken sich vor allem der geringe Fensteranteil und der einfache Wandaufbau positiv auf das Ergebnis aus. Der massive Wandaufbau mit seinem hohen Konstruktionsgewicht führt jedoch zu zusätzlichen Aufwendungen beim Primärtragwerk. Die verhältnismäßig dünnen Deckenplatten können die Randlasten nicht ohne zusätzliche Maßnahmen aufnehmen. Es müssen Randträger angeordnet und ausreichend dimensioniert werden. Daraus resultieren ökologische Belastungen, die den Einsparungen bei dem Fassadensystem gegenüberzustellen sind.

Tabelle 4-9: Aufbau und ökologische Indikatoren der Loch- und Bandfassade

Table 4-9: Construction and ecological indicators of the perforated facade and facade with window bands

Fassadenbestandteile	Phase	GWP [kg CO ₂ - Äqv./m ²]	PE _{ges} [MJ/m ²]	Quelle
Lochfassade				
Außenputz (Kalk-Gips-Putz), Dicke = 10 mm	A1-A3	1,8	1235	[4-44]
EPS-Hartschaumdämmung, Dicke = 260 mm	A1-A3	13,7	387	
Ziegel-Mauerwerk, Dicke = 175 mm	A1-A3	13,9	139	
Innenputz, Dicke = 15 mm	A1-A3	5,74	13,2	
Fenster mit Aluminiumverbundprofil und Dreifachverglasung	A1-A3	148	1452	[4-50]
	D	-50,9	-942	
Gesamtsystem mit 30 % Fensteranteil und 70 % Wandanteil	A1-A3	68,9	1009	
	D	-15,3	-282	
Bandfassade				
Aluminiumelemente, vorgehängt, hinterlüftet	A1-A3	28,0	579	[4-51]
	D	-20,7	-383	
Wandabdichtung	A1-A3	3,37	121	[4-44]
Metallprofile, kaltgewalzt, verzinkt, Masse = 10,5 kg/m ²	A1-A3	22,7	270	
Mineralwolldämmung, Dicke = 260 mm	A1-A3	18,9	242	
Gipskartonplatte, Dicke = 12,5 mm	A1-A3	5,13	56,2	
Dampfbremse	A1-A3	0,865	15,6	
Gipskartonplatte, Dicke = 12,5 mm	A1-A3	5,13	56,2	
Fenster mit Aluminiumverbundprofil und Dreifachverglasung	A1-A3	148	1452	[4-50]
	D	-50,9	-942	
Gesamtsystem mit 50 % Fensteranteil und 50 % Wandanteil	A1-A3	116	1867	
	D	-35,8	-662	



H: herstellerspezifische Daten, siehe Tabelle 4-8

G: generische Daten, Modul D überschläglich berechnet mit End-of-Life-Prozessen für Aluminium, Edelstahl und Stahl sowie verbandsspezifischen Daten für Glas

H+G: individuelle Bilanzierung anhand des Fassadenaufbaus, siehe Tabelle 4-9

Abbildung 4-21: Globales Erwärmungspotential und Primärenergiebedarf von Fassadensystemen

Figure 4-21: Global warming potential and primary energy demand of facade systems

4.6.3 Lebensdauer von Fassadensystemen Lifespan of facade systems

Die in Tabelle 4-8 aufgeführten herstellerepezifischen EPD weisen für die Pfosten-Riegel-Systeme eine Referenznutzungsdauer von 50 Jahren aus. Für das System mit Stahlrahmen [4-47] werden neben der Herstellungs- und Rückbauphase auch die ökologischen Aufwendungen in der Nutzungsphase bilanziert. Dabei wird in Phase B3 von einem einmaligen Austausch der Beschläge, Dichtungen, Verglasung und Glasdichtungen innerhalb des Lebenszyklus ausgegangen (vgl. Tabelle 4-8). Der ökologische Einfluss beträgt gegenüber der Herstellungsphase (A1–A3) ca. 40 %. Ebenso wird der Wartungsaufwand in der Phase B2 berücksichtigt. Der Anteil an der Gesamtbilanz erweist sich jedoch als vernachlässigbar. Für generischen Datensätze der ÖKOBAUDAT ist die Lebensdauer anhand der BBSR-Tabellen [4-34] zu ermitteln. Diese enthalten Angaben für Fassadenelemente, jedoch nicht für vollständige Fassadensysteme. Die Lebensdauer tragender Fassadenelemente, Fensterrahmen und Beschläge beträgt nach den Angaben aus [4-34] mindestens 50 Jahre. Für die Verglasungen ist nach 30 Jahren ein Austausch zu berücksichtigen, für die Dichtungsprofile bereits nach 20 Jahren.

Die Nutzungsdauer von Fassadensystemen und Fenstern wird meist nicht durch ihre Qualität und Dauerhaftigkeit begrenzt. In den vergangenen Jahrzehnten erfolgte der Austausch häufiger aufgrund von gestiegenen bauphysikalischen, gestalterischen und funktionalen Anforderungen. Die mittlere Lebensdauer der Grundkonstruktion von Pfosten-Riegel-Fassaden beträgt nach BKI [4-35] 36 Jahre (siehe Kapitel 2, Abbildung 2-17). Diese Angabe wurde durch verschiedene Fassadenhersteller bestätigt. Ein alleiniger Austausch der Verglasung und die Weiternutzung der Grundkonstruktion, wie in [4-47] bilanziert, erfolgt bei Ganzglasfassaden nur selten. Inwiefern die heutigen Fas-

sadensysteme mit deutlich besseren bauphysikalischen Eigenschaften eine höhere Lebensdauer haben werden, kann im Rahmen des Forschungsvorhabens nicht beurteilt werden.

In den noch folgenden Untersuchungen am Beispiel der Referenzgebäude wurde die Lebensdauer der Fassade mit 36 Jahren angenommen. Für den Zeitraum darüber hinaus erfolgte, wie in Kapitel 2.5.4.3 beschrieben, eine lineare Erhöhung der ökologischen Indikatoren. Dabei wurde für jedes Lebensjahr 1/36-stel der Phasen A1–A3, C1–C4 und D berücksichtigt.

4.7 Gründung Foundation

4.7.1 Baugrund und Gründungsarten Subsoil and foundation types

Die Art der Gründung und deren Dimensionierung wird maßgebend von den Baugrundverhältnissen bestimmt. Aufgrund der Vielzahl von Einflüssen kann keine allgemeingültige Abhängigkeit zwischen der Tragstruktur eines Gebäudes und der Gebäudegründung hergestellt werden.

Im Forschungsprojekt erfolgte die Untersuchung des Einflusses der Gründung für zwei spezifische Baugrundsituationen. Durch die Berücksichtigung eines gut tragfähigen sowie eines gering tragfähigen Baugrundes werden vergleichsweise geringe und hohe Aufwendungen für die Gründung erfasst. Diese Vorgehensweise gibt Aufschluss darüber, in welcher Bandbreite der Einfluss der Gründung bei einem Geschossbau unterhalb der Hochhausgrenze liegen kann. In gewissem Maße kann auch eine Einschätzung für Baugrundverhältnisse erfolgen, die innerhalb dieser Bandbreite liegen.

Im Fall des gut tragfähigen Baugrundes erfolgt die Gründung des Gebäudes auf bindigem, gemischtkörnigem Boden mit fester Konsistenz. Durch den hohen Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ des Bodens (vgl. [4-65] Tab. A 6.6) kann eine Flachgründung durch Einzel- oder Streifenfundamente erfolgen. Die Bemessung erfolgt nach dem im Abschnitt 4.3.5 beschriebenen Verfahren. Als Betonfestigkeitsklasse wurde für die Fundamente und die Bodenplatte ein C30/37 gewählt.

Im Fall des gering tragfähigen Baugrundes wurde von einem mittelplastischen Ton mit steifer Konsistenz ausgegangen. Aufgrund der geringen Tragfähigkeit dieses Bodens wird bereits bei vergleichsweise kleinen Bauwerkslasten eine Tiefgründung erforderlich. Hierfür wurden Teilverdrängungsbohrpfähle mit einem Durchmesser von $D = 0,6$ m und Großbohrpfählen mit einem Durchmesser von $D = 1,2$ m berücksichtigt. Die Länge und Anzahl der erforderlichen Pfähle wurde in Abhängigkeit der einzuleitenden Lasten bestimmt. Die maximale Einzelpfahllänge wurde bei den Teilverdrängungsbohrpfählen auf 15 m und bei Großbohrpfählen auf 20 m begrenzt. Diese Längen entsprechen üblichen Ausführungen. Vereinzelt ist es möglich, auch größere Bohrtiefen zu erreichen.

Die Gründungskörper sind in Abbildung 4-22 dargestellt. Es wird ersichtlich, dass die Abmessungen der Pfahlkopfplatten bei steigender Pfahlanzahl deutlich zunehmen.

Nach Rütz *et. al* [4-14] kann die mittlere Scherfestigkeit des mittelplastischen Tonbodens mit $c_{u,k} = 85 \text{ kN/m}^2$ angenommen werden. Auf eine Erhöhung der Pfahlmantelreibung bei Teilverdrängungsbohrpfählen, wie sie nach Erfahrungswerten in sandigen Böden des norddeutschen Tieflands möglich ist, wurde im Rahmen der Forschungsprojektes verzichtet. In der Literatur liegen keine gesicherten Erfahrungswerte für tonige Böden vor. Bei Pfahlgruppen wurde ein Pfahlabstand von $3 \cdot D$ für Teilverdrängungsbohrpfähle und $2 \cdot D$ für Großbohrpfähle berücksichtigt.

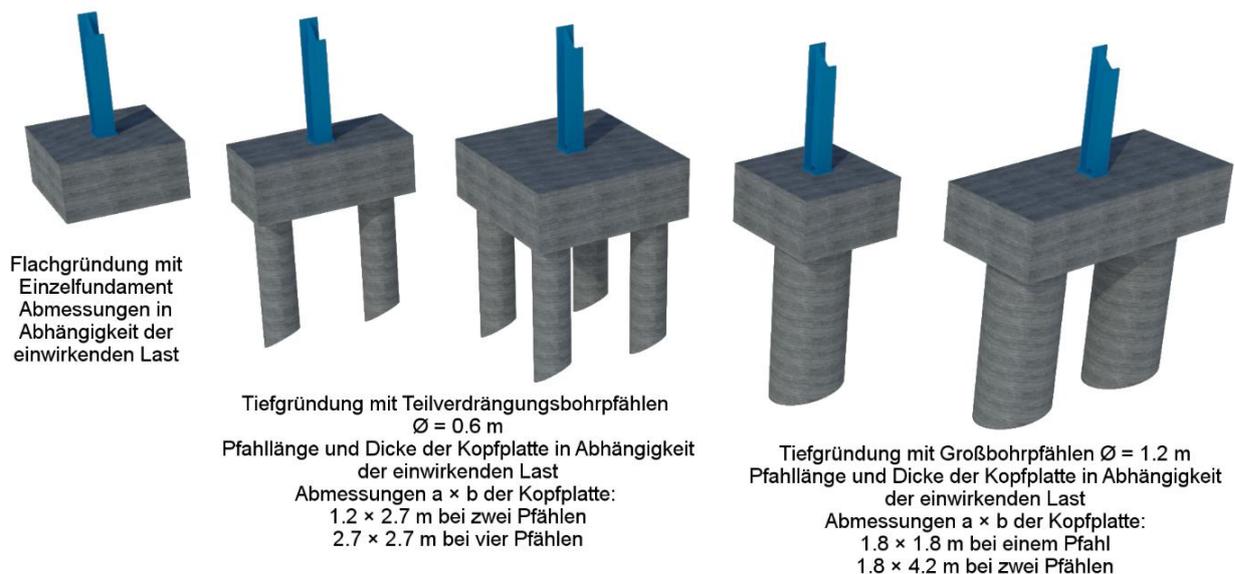


Abbildung 4-22: Isometrie der Gründungskörper

Figure 4-22: Isometry of the foundations

4.7.2 Einfluss der Gebäudelast auf die Aufwendungen für die Gründung Influence of building load on the expenditures of foundation

Die Dimensionen der Gründungskörper sind unter gegebenen Baugrundverhältnissen abhängig von der Höhe der abzutragenden Lasten. Abbildung 4-23 stellt die Abhängigkeit zwischen der charakteristischen Gründungslast und dem Volumen der Gründungskörper für die zuvor beschriebenen Gründungsarten und Baugrundverhältnisse dar. Erwartungsgemäß ist das Volumen bei einer Flachgründung deutlich geringer als bei einer Pfahlgründung. Dennoch zeigt sich bei allen Gründungsarten ein nahezu linearer, teilweise überproportionaler Anstieg des Gründungsvolumens mit der Gründungslast. Beispielweise führt eine Verdoppelung der Last von 2500 auf 5000 kN zu einer Steigerung des Gründungsvolumens um den Faktor 2,6 bei Flachgründungen bzw. 2,2 bei Großbohrpfählen.

Abbildung 4-24 zeigt den erforderlichen Primärenergiebedarf und die prozentualen Realisierungskosten der Gründungsarten in Abhängigkeit von der charakteristischen Gründungslast. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt dabei nur die materiellen Einflüsse für Beton C30/37 und Bewehrungsstahl (siehe Kapitel 2, Tabelle 2-7). Die ökologischen Einflüsse der Bauprozesse wurden nicht berücksichtigt. Der Anstieg des Primärenergiebedarfs steht daher in einem direkten Verhältnis zum Gründungsvolumen. Die Realisierungskosten wurden anhand der statistischen Kostenkennwerte des BKI [4-36] und den in Kapitel 2.6.2 erläuterten Abschlägen ermittelt (siehe Anhang A4). Bei

Flachgründungen und Großbohrpfählen verringern sich die relativen Kosten mit zunehmenden Gründungsvolumen. Bei Teilverdrängungsbohrpfählen ergibt sich hingegen ein leicht überproportionaler Anstieg der Kosten. Dies kann auf die steigende Pfahlanzahl und Vergrößerung der Pfahlkopfplatte zurückgeführt werden.

Die Untersuchungen zeigen, dass bereits eine geringe Reduzierung der Eigenlast des Tragwerkes zu einer Einsparung bei der Bauwerksgründung führt. Besonders bei geringer Baugrundtragfähigkeit besteht ein hohes Optimierungspotential durch den Einsatz leichter Stahlverbundkonstruktionen.

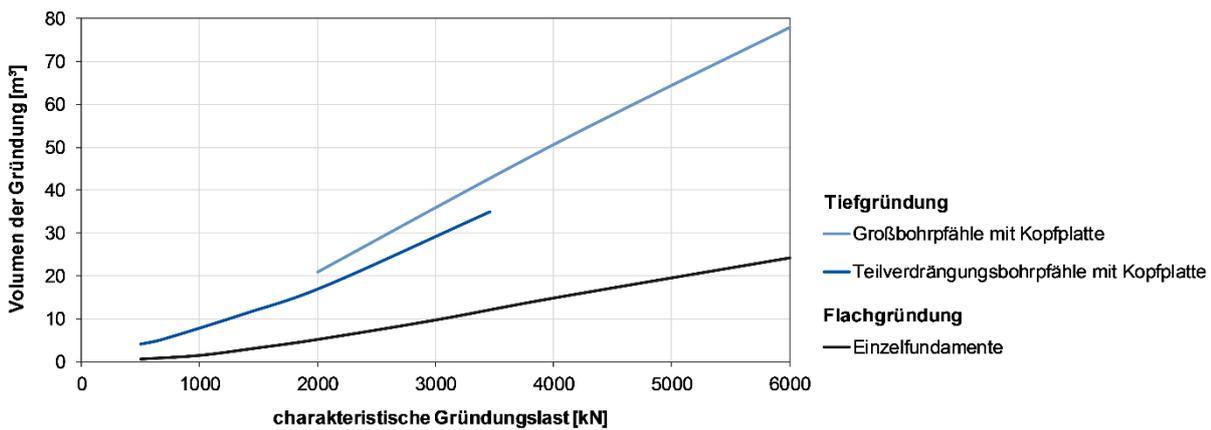


Abbildung 4-23: Abhängigkeit zwischen charakteristischer Gründungslast und Gründungsvolumen für Flach- und Pfahlgründungen

Figure 4-23: Dependency between characteristic foundation load and foundation volume for flat and pile foundations

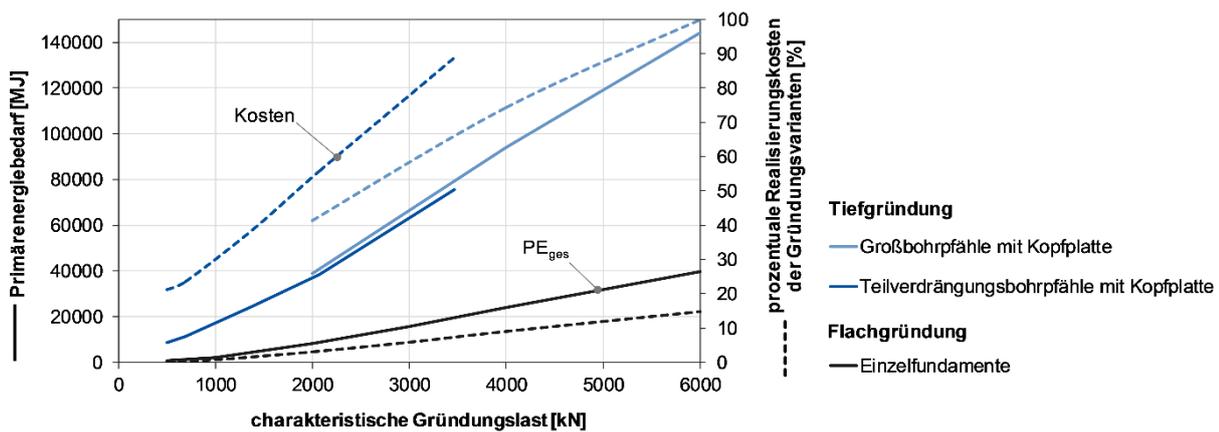


Abbildung 4-24: Abhängigkeit zwischen der charakteristischer Gründungslast, dem Primärenergiebedarf und den Realisierungskosten bei Flach- und Pfahlgründungen

Figure 4-24: Dependency between the characteristic foundation load, the primary energy demand and the realisation costs for flat and pile foundations

4.8 Referenzgebäude Reference buildings

4.8.1 Konstruktion Construction

Der Aufbau der Referenzgebäude ist ausführlich in Kapitel 3.8 erläutert. Es wird daher in diesem Abschnitt nur auf die konstruktiven Aspekte eingegangen, die für die nachfolgenden Untersuchungen von Bedeutung sind.

Die Referenzgebäude weisen eine identische Länge und Breite auf. Der Stützenabstand in Gebäudelängsrichtung beträgt konstant 5,4 m. Die äußeren Stützenreihen haben einen Achsabstand in Querrichtung von 13 m. Im Gebäude mit geringer Variabilität wurde zusätzlich eine mittlere Stützenreihe berücksichtigt. Die Achsabstände der Stützen in Gebäudequerrichtung betragen 5,5 m + 7,5 m. In allen oberirdischen Geschossen der Referenzgebäude wurden als Stützen Walzprofile der Reihen HEB und HEA ohne Kammerbeton berücksichtigt. Für die Gründung wurden vier Szenarien untersucht, die im Abschnitt 4.8.2 erläutert werden.

Abbildung 4-25 zeigt eine vereinfachte Darstellung der Querschnitte der Referenzgebäude mit Untergeschosse. Darin enthalten sind die lichten Geschosshöhen und Nutzlasten. Die Gebäudehöhe variiert in Abhängigkeit der eingesetzten Deckensysteme und Installationsräume. Der Einfluss der Deckensysteme auf weitere Gebäudeelemente wird mit einem Systemvergleich am Beispiel des hochvariablen Gebäudes in Abschnitt 4.8.3 erläutert. In Abschnitt 4.8.4 folgt die Untersuchung des Einflusses der Variabilität anhand der drei Referenzgebäude.

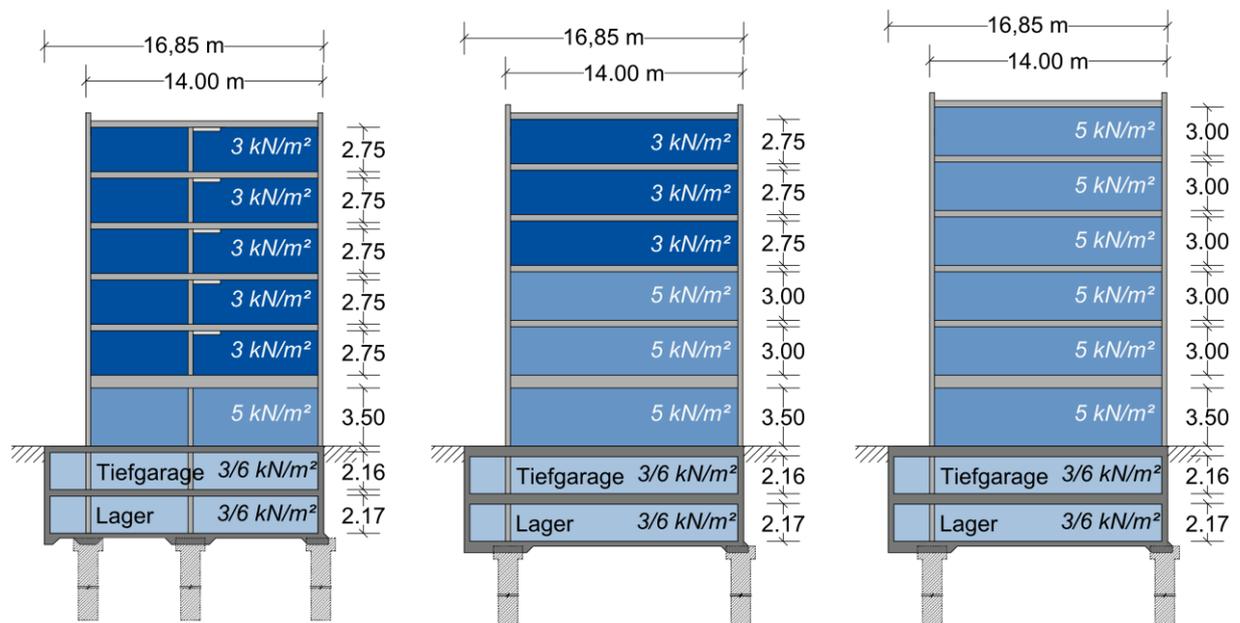


Abbildung 4-25: Vereinfachte Darstellung der Regelquerschnitte der Referenzgebäude mit Untergeschossen, v. l. n. r. geringe, mittlere und hohe Variabilität

Figure 4-25: Simplified cross section views of the reference buildings with basements, f. l. t. r. low, medium and high variability

Als Fassadensystem wurde in allen nachfolgenden Untersuchungen eine Pfosten-Riegel-Konstruktion aus Stahl mit vollflächiger Dreifachverglasung berücksichtigt. Die ökologische Bilanzierung erfolgte anhand generischer Daten der ÖKOBAUDAT mit einer durchschnittlichen Lebensdauer von 36 Jahren (vgl. Abschnitt 4.6). Die Realisierungskosten wurden mit 750 EUR/m² Fassadenfläche angenommen.

Die Lebensdauer der Gebäude wurde zunächst in Übereinstimmung zum BNB mit 50 Jahren angenommen.

4.8.2 Gründung und Untergeschosse Foundations and basements

Die Gründung der Referenzgebäude wurde für die in Abschnitt 4.7 beschriebenen Grenzfälle mit hoher und geringer Baugrundtragfähigkeit bestimmt. Weiterhin erfolgte für jedes Gebäude die Ermittlung des Gründungsaufwandes ohne und mit Berücksichtigung der Untergeschosse. Aus der Berücksichtigung der Gebäude ohne Untergeschosse kann der direkte Einfluss der Decken- und Stützenkonstruktion auf die Gebäudegründung abgeleitet werden. Neben dem Baustoffbedarf der Einzel- und Streifenfundamente bzw. der Pfahlgründungen wurde auch der Baustoffbedarf für die Bodenplatte in den Untersuchungen berücksichtigt. Für die Gründungen und die Bodenplatten wurden Beton mit der Festigkeitsklasse C30/37 angesetzt.

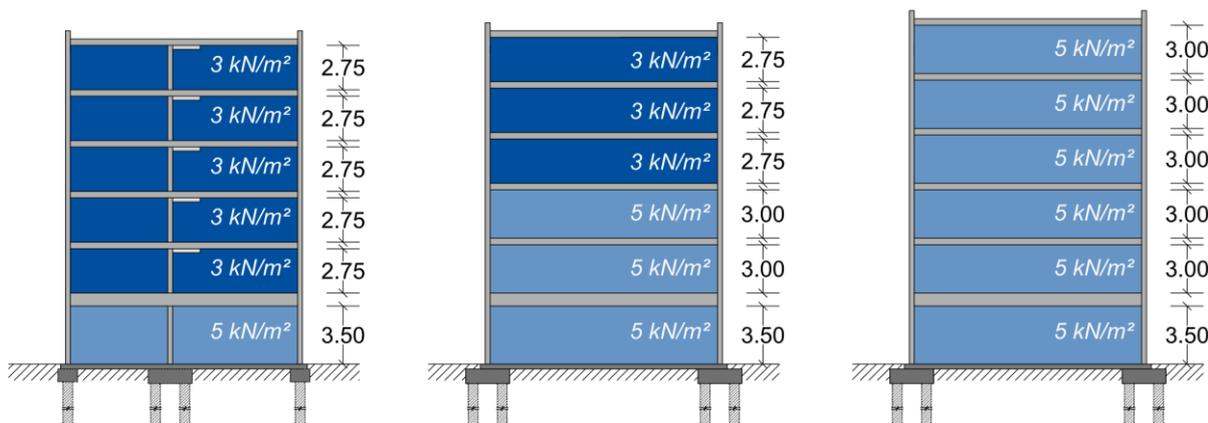


Abbildung 4-26: Vereinfachte Darstellung der Regelquerschnitte der Referenzgebäude ohne Untergeschosse, v. l. n. r. geringe, mittlere und hohe Variabilität

Figure 4-26: Simplified cross section views of the reference buildings without basements, f. l. t. r. low, medium and high variability

Bei den Gebäuden mit Untergeschossen wurden in den nachfolgenden Vergleichen zusätzlich zu den Gründungskörpern die Decken des 1. und 2. Untergeschosses sowie die Kellerwände und die Bodenplatte berücksichtigt. Abhängig vom Tragsystem der Decken in den Obergeschossen wurden bei den Untergeschossen verschiedene Deckentypen zugrunde gelegt.

Im Falle des geringvariablen Referenzgebäudes mit Innenstützen musste die innere Stützenreihe zur Vermeidung aufwendiger Abfangkonstruktionen durch die Untergeschosse bis zur Gründung geführt werden. In Gebäudequerrichtung wurden drei Deckenfelder mit Trägerspannweiten von ca. 5,0 + 7,5 + 3,2 m angeordnet. Es wurden Flachdeckenträger 1/2 HEB360 aus S355 mit Additivdecken berücksichtigt. Damit

wurde eine geringe Rohbauhöhe der Decken von nur 32,5 cm erzielt. Für die mit einer Nutzlast von 5,0 kN/m² belastete Decke des 1. Untergeschosses wurde die Betongüte C30/37 berücksichtigt. Maßgebend für die Betonfestigkeit war die Bemessung im Brandfall (siehe Abschnitt 4.4.3.1). Bei der mit einer Nutzlast von 6,0 kN/m² belastete Decke des 2. Untergeschosses wurde die Betongüte C35/45 angesetzt. Diese ergab sich aus der Forderung des EC2-1-1 [4-55] für direkt befahrene Parkdecks mit der Einstufung in die Expositionsklasse XD3. Für die Bodenplatte wurde ebenfalls die Betongüte C35/45 berücksichtigt.

Bei den Referenzgebäuden ohne innere Stützenreihe beträgt die Trägerspannweite in den Untergeschossen ca. 12,9 + 3,2 m. Es wurden Verbunddecken und Verbundträger im Abstand von 5,4 m vorgesehen. Für die Decke des ersten Untergeschosses ergaben sich Träger IPE500 aus S355. Es wurde eine Betongüte C30/37 angesetzt. Im zweiten Untergeschoss wurden aufgrund der höheren Nutzlast Träger IPE500 aus S460 und wegen der geforderten Expositionsklasse Beton der Güte C35/45 gewählt.

Die verschiedenen Deckensysteme führen zu geringen Unterschieden in der Höhe der Stützen und Kellerwände. Die Stützen in den Untergeschossen wurden für die vertikalen Lasten aus den Geschossen und für einen möglichen Fahrzeuganprall bemessen. Um kleine Querschnittsabmessungen zu erreichen und dennoch einfache Stahlbauanschlüsse zu ermöglichen, wurden kammerbetonierte Walzprofile der Reihen HEB und HEM vorgesehen. Die Kellerwände haben eine Wandstärke von 30 cm. An den Auflagerpunkten der Stahlstützen aus den Obergeschossen wurden die Kellerwände durch vorgesetzte Betonstützen mit Abmessungen von 20 x 40 cm verstärkt. Als Betonfestigkeitsklasse wurde C30/37 gewählt.

4.8.3 Ökologischer und monetärer Einfluss der Deckensysteme beim hochvariablen Referenzgebäude

Ecological and monetary influence of the floor systems on the reference building with high variability

4.8.3.1 Allgemeines General

Die Wahl des Deckensystems wirkt sich unmittelbar auf die Ökologie und Kosten des Rohbaus sowie weiterer Gebäudeelemente aus. Beeinflusst werden u. a. der Brandschutz, die Fassade und die sekundäre Tragstruktur bis hin zur Gebäudegründung. Nachfolgend werden die Auswirkungen verschiedener Deckensysteme am Beispiel des Referenzgebäudes mit hoher Variabilität behandelt. Abbildung 4-27 zeigt die berücksichtigten Systeme. Dargestellt sind:

- Verbunddecken (VD) mit Verbundträger (VT) in einem Abstand von 2,7 und 5,4 m,
- Verbunddecken (VD) und Verbundträger mit Kammerbeton (KT) in einem Abstand von 2,7 und 5,4 m,
- das TOPfloor Integral System mit einer Elementbreite von 2,7 m und
- Flachdeckenträger (IFB) als Einfeldträger mit CoSFB-Betondübeln und Additivdecken (AD).

Bei den Deckensystemen mit Verbundträgern, Kammerbeton und Flachdeckenträgern wird eine abgehängte Decke und ein Doppelboden vorgesehen. Beim Flachdeckensystem wird jedoch nur im Flurbereich ein Installationsraum von 20 cm berücksichtigt. In den übrigen Bereichen wird die Decke direkt an die Profilbleche montiert. Bei den Verbundträgern ergibt sich aufgrund der Trägerhöhen ein Installationsraum über die gesamte Gebäudebreite. Das TOPfloor Integral System verfügt aufgrund der verwendeten HEA700-Wabenträger über einen ausreichenden Installationsraum. Eine abgehängte Decke wird in diesem Fall nicht erforderlich.

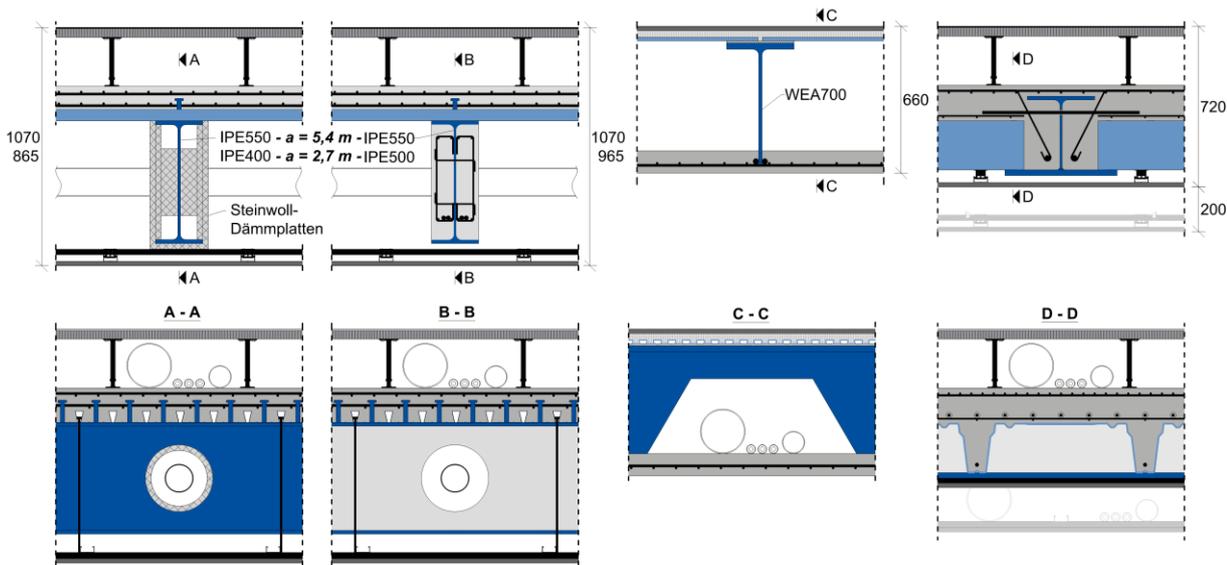


Abbildung 4-27: Deckensysteme für das hochvariable Referenzgebäude

Figure 4-27: Floor systems for the reference building with high variability

4.8.3.2 Decken, Stützen und Brandschutz Floors, columns and fire protection

Abbildung 4-28 zeigt im oberen Diagramm den Baustoffbedarf der Deckensysteme und Stützen bezogen auf einen m^2 BGF des Referenzgebäudes, der sich aus den in Abschnitt 4.4 erläuterten Vergleichen ergibt. Im mittleren Diagramm ist der Primärenergiebedarf der Decken, Stützen und des Brandschutzes dargestellt. Das untere Diagramm zeigt die prozentualen Realisierungskosten. Es ist zu erkennen, dass die Wahl des Deckensystems nur einen geringen Einfluss auf den ökologischen und monetären Anteil der Stützen hat. So beträgt der Primärenergiebedarf der Stützen zwischen 107 und $128 \text{ MJ/m}^2_{\text{BGF}}$, der Anteil der Realisierungskosten zwischen $8,8$ und $10,4 \%$.

Der ökologische und monetäre Anteil der Steinwolle-Brandschutzverkleidung von Trägern und Stützen ist in Abbildung 4-28 gesondert ausgewiesen. Beim Verbundträger-system mit dem Trägerabstand $2,7 \text{ m}$ ist der Einfluss am höchsten. Der Primärenergiebedarf beträgt $35,3 \text{ MJ/m}^2_{\text{BGF}}$, der Anteil an den Realisierungskosten liegt bei $10,9 \%$. Neben den vielen Deckenträgern sind auch die Randträger zu verkleiden. Beim Deckensystem mit Verbundträgern in einem Abstand von $5,4 \text{ m}$ hat der Brandschutz mit $22,2 \text{ MJ/m}^2_{\text{BGF}}$ und $6,7 \%$ der Realisierungskosten einen deutlich geringeren Anteil. Bei den kammerbetonierten Trägern und den Flachdeckenträgern ist keine Brandschutz-

verkleidung erforderlich. Stattdessen wurde eine ausreichende Tragfähigkeit im Brandfall durch die Anordnung von Zusatzbewehrung in den Trägerkammern erreicht. Die Aufwendungen wirken sich im Beton- und Betonstahlbedarf aus und beeinflussen den Primärenergiebedarf sowie die Realisierungskosten der Decken. Die Brandschutzverkleidung der Stützen hat mit durchschnittlich $8 \text{ MJ/m}^2_{\text{BGF}}$ und 2,3 % der Realisierungskosten einen nur geringen Einfluss auf diese Bilanzierungen.

Die Wabenträger des in Negativlage eingesetzten TOPfloor Integral Systems müssen nicht vor einer Brandeinwirkung geschützt werden (vgl. Abschnitt 4.5). Es wurde davon ausgegangen, dass die Brandlast im Doppelboden gering ist und daher keine Verkleidung der Träger erfolgen muss. Die Randträger des Systems sind jedoch nicht vor einer Brandeinwirkung von unten durch die Deckenplatte geschützt und müssen, ebenso wie die Stützen, verkleidet werden. Der Primärenergiebedarf beträgt $13,42 \text{ MJ/m}^2_{\text{BGF}}$, der Anteil der Realisierungskosten 4 %.

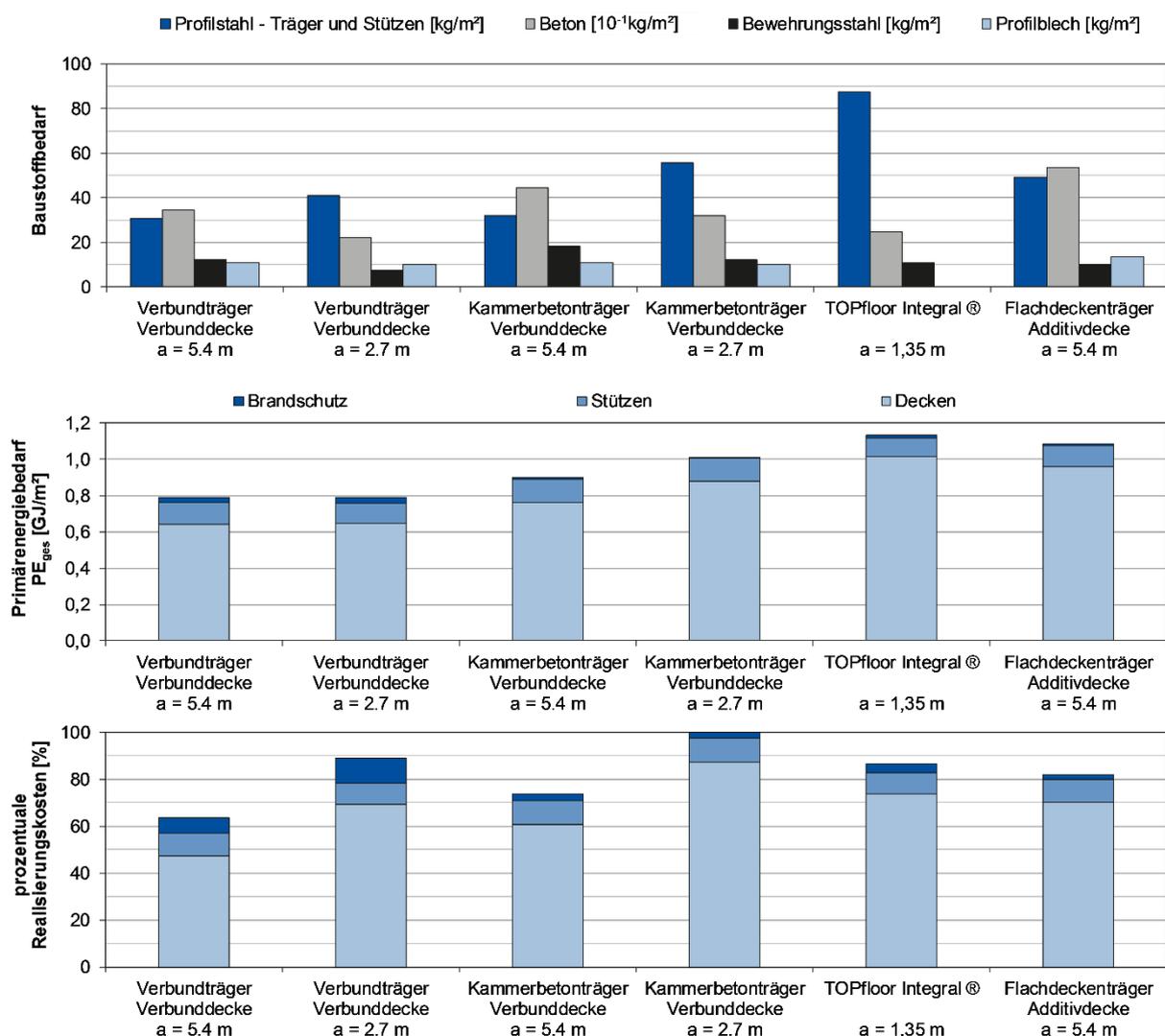


Abbildung 4-28: Baustoffbedarf der Decken und Stützen sowie Primärenergiebedarf und Realisierungskosten der Decken, Stützen und des Brandschutzes

Figure 4-28: Building material demand of floors and columns as well as the primary energy demand and realisation costs of floors, columns and fire protection

Der Gesamtvergleich der Decken, Stützen und des Brandschutzes zeigt eine maximale Differenz von 30 % für den Primärenergiebedarf. Die Realisierungskosten unterscheiden sich um bis zu 76 %. Als ökologisch und monetär effizientestes System erweist sich die Verbunddecke mit Verbundträgern im Abstand von 5,4 m. Mit kammerbetonierten Trägern weist das System einen um ca. 10 % erhöhten Primärenergiebedarf und Kosteneinfluss auf. Bei Anwendung eines engen Trägerrasters bleibt der Primärenergiebedarf nahezu unverändert (vgl. Abschnitt 4.4.2). Die Realisierungskosten liegen sowohl ohne als auch mit Kammerbeton um ca. 25 % höher als bei den Systemen mit weitem Trägerraster. Das TOPfloor Integral System sowie das Flachdeckensystem weisen im Vergleich den höchsten Primärenergiebedarf auf. Die Realisierungskosten liegen 23 bzw. 18 % über dem kosteneffizientesten System.

4.8.3.3 Fassade **Facade**

Die Aufwendungen für die Fassaden werden durch die Höhe eines Gebäudes beeinflusst. Unter der Voraussetzung gleichbleibender lichter Geschosshöhen hängt die Gebäudehöhe von der Rohbauhöhe der Decken sowie der Ausführung von Unterdecken, Doppel- und Hohlraumböden mit dem notwendigen Installationsraum ab.

Wie Abbildung 4-29 oben zeigt, wird die geringste Höhe des Referenzgebäudes mit 23,6 m durch den Einsatz des TOPfloor Integral® Systems erreicht. Die Fassadenfläche beträgt 4477 m². Das Flachdeckensystem führt zu einer geringfügig größeren Gebäudehöhe von 24,2 m. Die größte Gebäudehöhe mit 25,9 m wird durch den Einsatz der Unterzugsdecken mit Verbundträgern in einem Abstand von 5,4 m erreicht. Die resultierende Fassadenfläche beträgt 4924 m².

Abbildung 4-29 zeigt im mittleren Diagramm den Primärenergiebedarf der Gebäude einschließlich der Fassade. Das Pfosten-Riegel-System aus Stahl einschließlich der vollflächigen Dreifachverglasung hat einen Anteil von 42 bis 51 % am Primärenergiebedarf. Dabei werden 30 bis 37 % durch die Errichtung und 12 bis 14 % durch die Wartung und Erneuerung der Fassaden innerhalb des Lebenszyklus von 50 Jahren verursacht. Die zuvor hohe Differenz zwischen dem Verbunddeckensystem und dem TOPfloor Integral®- sowie dem Flachdeckensystem verringert sich durch die Einsparungen bei der Fassade.

Auf die prozentualen Realisierungskosten hat die Fassade einen noch höheren Einfluss (Abbildung 4-29 unten). Der Kostenanteil für die Ausführung der Fassade beträgt 55 bis 59 %. Der Anteil für die Wartung und Erneuerung 21 bis 23 %. Die zuvor hohen Kostendifferenzen der Deckensysteme wirken sich nur noch geringfügig aus. Vielmehr kann durch eine geringe Gebäudehöhe die Kostendifferenz beeinflusst werden. So weisen die Gebäude mit Verbunddeckensystemen für das weite und enge Trägerraster nahezu gleiche Realisierungskosten auf. Die geringsten Realisierungskosten von 91,8 % werden durch das TOPfloor Integral System erreicht. Dabei entspricht die prozentuale Differenz von 8,2 % nach der zugrundeliegenden Kalkulation einer Summe von ca. 550.000,- Euro. Dies zeigt, dass erhöhte Kosten und ökologische Aufwendungen flacher Deckenkonstruktionen zum Teil oder sogar vollständig durch die Einsparungen bei der Fassade ausgeglichen werden können.

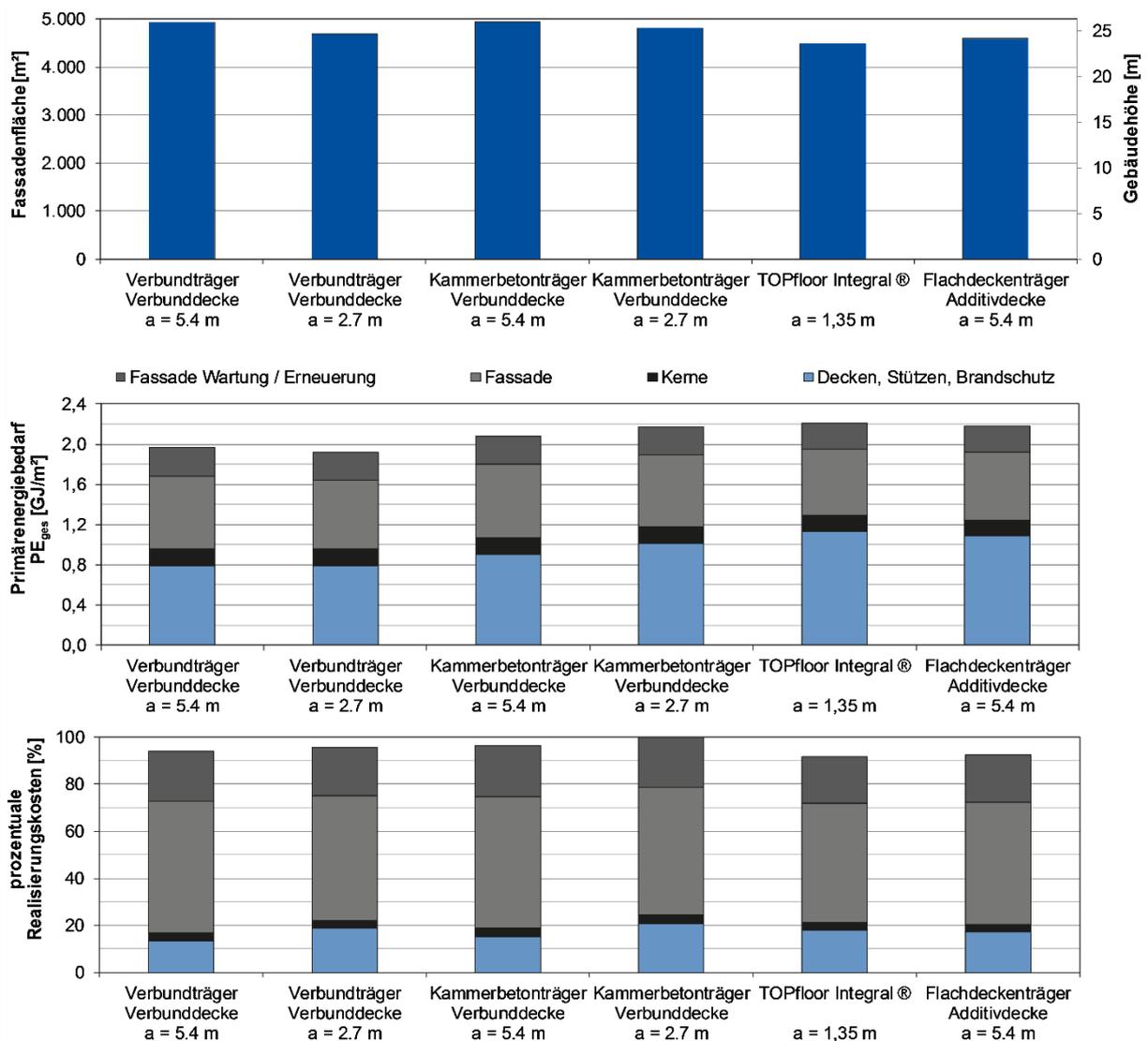


Abbildung 4-29: Fassadenfläche und Gebäudehöhe bei verschiedenen Deckenhöhen sowie Primärenergiebedarf und Realisierungskosten der Gebäude mit vollständig verglaster Pfosten-Riegel-Stahl-Fassade

Figure 4-29: Facade surface and building height due to the different floor heights as well as primary energy demand and realisation costs of the buildings with fully glazed mullion-transom steel facade

4.8.3.4 Gründung und Untergeschosse Foundation and basements

Die Eigenlast der Deckensysteme wird vor allem durch die erforderliche Betonmasse beeinflusst. Abbildung 4-30 zeigt die Summe der charakteristischen Nutzlasten sowie der Eigenlasten, einschließlich der Ausbaulasten aller oberirdischen Geschossdecken pro m² Grundfläche. Während die Nutzlast aufgrund des einheitlichen Variabilitätsgrades für alle Systeme identisch ist, weisen die Eigenlasten deutliche Unterschiede auf. Das Verhältnis der Eigenlast zur Nutzlast beträgt dabei zwischen 0,92 für das Verbundträgersystem mit a = 2,7 m und 1,64 für das Flachdeckensystem. Diese Lastunterschiede wirken sich unmittelbar auf die Dimensionen und den Baustoffverbrauch der Gründungkörper aus (vgl. Abschnitt 4.7).

Konstruktion multifunktionaler Gebäude Construction of multifunctional buildings

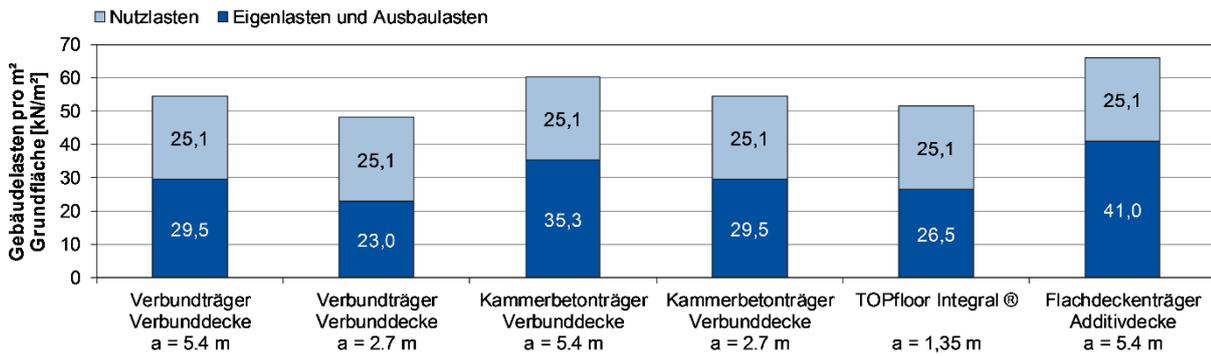


Abbildung 4-30: Summe der Nutzlasten, Eigenlasten und Ausbaulasten der Gebäude, die auf die Grundfläche wirken

Figure 4-30: Sum of imposed, dead and additional dead loads of the buildings, acting on the ground floor area

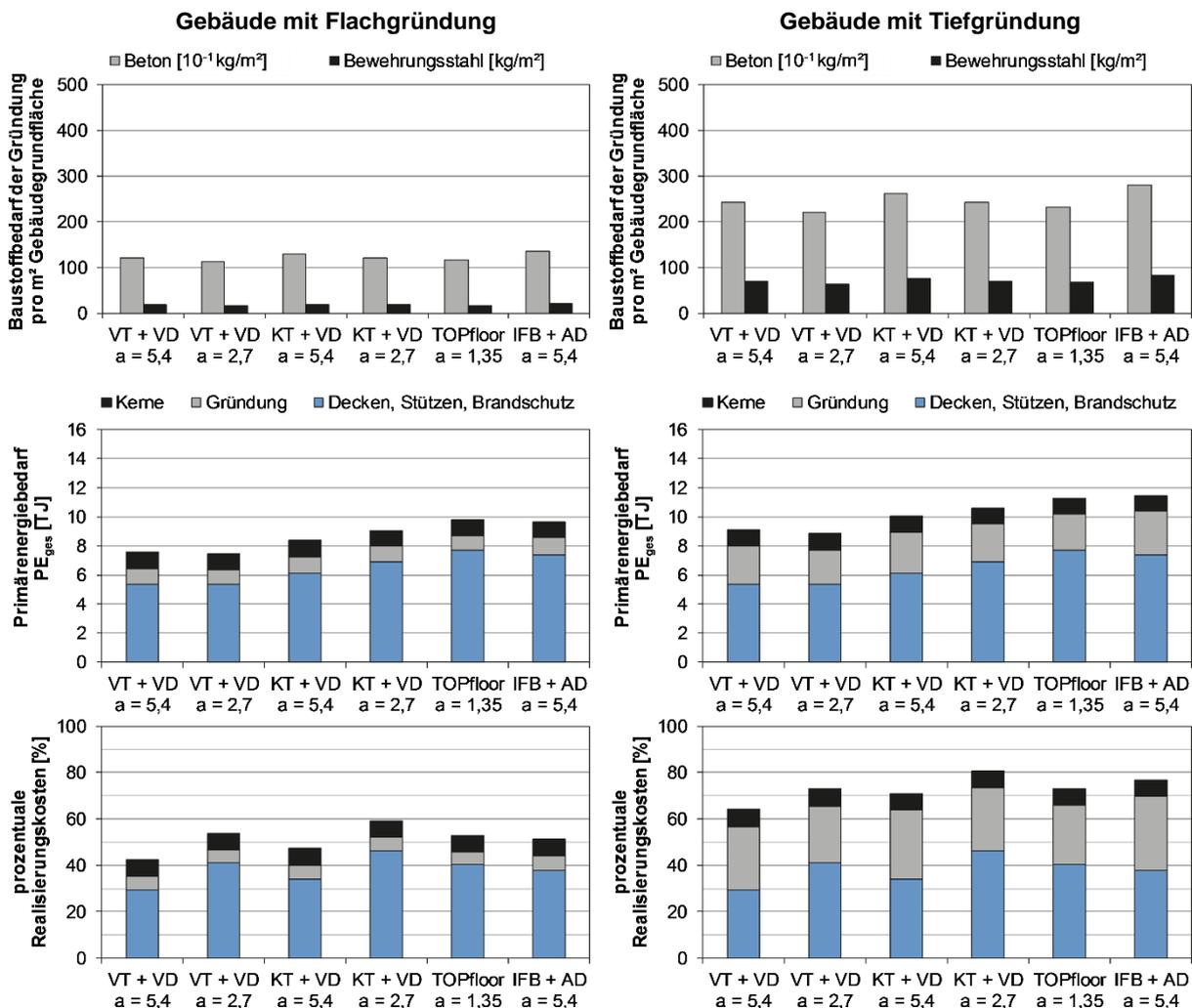


Abbildung 4-31: Baustoffbedarf der Gründungen bei hoch und gering tragfähigem Baugrund sowie Primärenergiebedarf und Realisierungskosten der Gebäude mit hoher Variabilität ohne Untergeschosse

Figure 4-31: Building material demand of the foundations for high and low load subsoil capacity as well as primary energy demand and realization costs of buildings with high variability without basements

Abbildung 4-31 oben zeigt den Baustoffbedarf der Gründungskörper bei hoch und gering tragfähigem Baugrund (vgl. Abschnitt 4.7) für das Referenzgebäude ohne Untergeschosse. Es ist eine deutliche Korrelation zwischen dem Baustoffbedarf und der Eigenlasten der Deckensysteme zu erkennen. Erwartungsgemäß zeigt sich bei Pfahlgründungen in gering tragfähigem Baugrund ein höherer Einfluss der Lastdifferenzen als bei Flachgründungen in hoch tragfähigem Baugrund. Der Vergleich des Primärenergiebedarfs zeigt, dass der Einfluss der Deckensysteme auf die Ökologie des Tragwerks dominiert (Abbildung 4-31, Mitte). Bei Flachgründungen liegt der Einfluss der Gründung zwischen 11 und 15 %. Die Gebäudekerne weisen in etwa den gleichen Einfluss auf. Bei Pfahlgründungen ist der Einfluss der Gründung mit 24 bis 30 % etwa doppelt so hoch. Die Realisierungskosten (Abbildung 4-31 unten) zeigen geringere Differenzen beim Vergleich der Deckensysteme, jedoch deutlich höhere Differenzen beim Vergleich der Flach- und Tiefgründungen. Der Kostenanteil der Gründungen an den Gesamtkosten

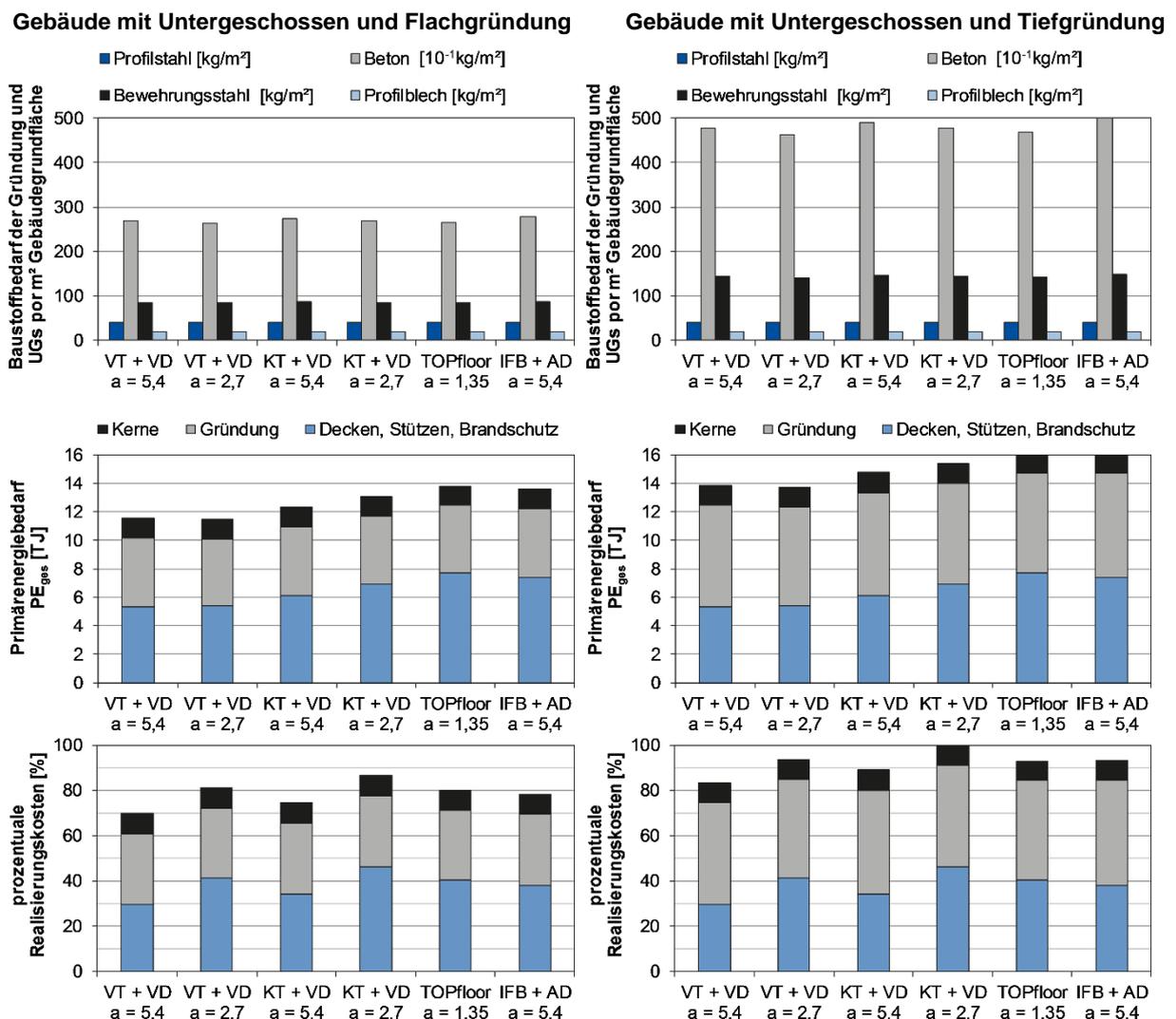


Abbildung 4-32: Baustoffbedarf der Gebäudegründungen und Untergeschosse mit Decken und Stützen in Verbundbauweise bei hoch und gering tragfähigem Baugrund sowie Primärenergiebedarf und Realisierungskosten der Gebäude mit hoher Variabilität

Figure 4-32: Building material demand of the foundations and basements with floors and columns in composite construction for high and low subsoil capacity as well as primary energy demand and realisation costs of the buildings with high variability

ten beträgt bei den Flachgründungen zwischen 10 und 13 %, bei den Tiefgründungen hingegen 33 bis 42 %.

In Abbildung 4-31 sind der Baustoff- und Primärenergiebedarf und die Realisierungskosten der Referenzgebäude mit 2 Untergeschossen dargestellt. Beim Baustoffbedarf der Untergeschosse mit Flachgründungen ist kein Einfluss der Gebäudelast mehr festzustellen. Die Aufwendungen für die Decken der Untergeschosse, die Bodenplatte und Außenwände dominieren (Abbildung 4-32, oben links). Der daraus resultierende Primärenergiebedarf ist mit 4780 MJ nahezu konstant, der Anteil der Realisierungskosten unterscheidet sich um nur 0,6 %. Bei den Untergeschossen und den Tiefgründungen sind geringe Unterschiede im Betonbedarf festzustellen (Abbildung 4-32, oben rechts). Der Primärenergiebedarf und die Kosten werden jedoch ebenfalls nicht wesentlich beeinflusst. Der ökologische und monetäre Einfluss der Untergeschosse mit Tiefgründung unterscheidet sich in den Systemvarianten um maximal 5 %.

Die Untersuchungen zeigen, dass leichte Deckensysteme vor allem bei Gebäuden ohne Untergeschosse zu Vorteilen bei der Gründung führen. Das Einsparpotential steigt mit sinkender Baugrundtragfähigkeit. Mit steigender Anzahl der Untergeschosse verringert sich der Einfluss der Decken auf die Gründungsdimensionen. Die monetären und ökologischen Aufwendungen werden zunehmend von den Geschossdecken der Untergeschosse, den Außenwänden und der Bodenplatte dominiert.

4.8.4 Vergleich der Referenzgebäude mit verschiedenen Variabilitätsgraden **Comparison of the reference buildings with different degrees of variability**

4.8.4.1 Allgemeines **General**

Die Variabilität eines Gebäudes wird neben der lichten Raumhöhe und dem Nutzlastniveau auch durch die Anpassungsfähigkeit der TGA beeinflusst (vgl. Kapitel 2.6.1.3). Diese ist u. a. abhängig vom gewählten Deckensystem. Für die Referenzgebäude sind daher anhand der vorliegenden Strukturen und Variabilitätsgrade geeignete Deckenkonstruktionen zu wählen.

Für das geringvariable Referenzgebäude, mit innerer Stützenreihe und geringen Trägerspannweiten sind Flachdeckensysteme besonders geeignet. Die Gebäudetechnik wird ausschließlich in der Mittelzone angeordnet, sodass die Konstruktionshöhe der Decken sehr gering ist. In den nachfolgenden Vergleichen sind deckenintegrierte Träger (IFB) mit Additivdecken (AD) oder Spannbetonhohldielen (SH) einbezogen worden (vgl. Abschnitt 4.4.3).

Für Referenzgebäude mit mittlerer und hoher Variabilität wurden aufgrund der großen Stützweiten Verbundträger (VT) mit Verbunddecken eingesetzt. Dabei wurde jeweils ein System mit einem Trägerabstand von 2,7 m und eines 5,4 m berücksichtigt (vgl. Abschnitt 4.4.2). Die Decken des Referenzgebäudes mit mittlerer Variabilität wurden mit einem einfachen Bodenaufbau geplant. Die Höhe der Unterzugträger variiert in Abhängigkeit des Nutzlastniveaus der Geschosse. Bei den Gebäuden mit hoher Variabilität wurde ein Doppelboden auf den Verbunddecken angeordnet, um den Installationsraum für die TGA zu erhöhen. Die Decken sind im Ausbauzustand damit höher als beim

Gebäude mit mittlerer Variabilität. Die Querschnitte aller für den Vergleich verwendeten Deckensysteme sind in Abbildung 4-33 dargestellt.

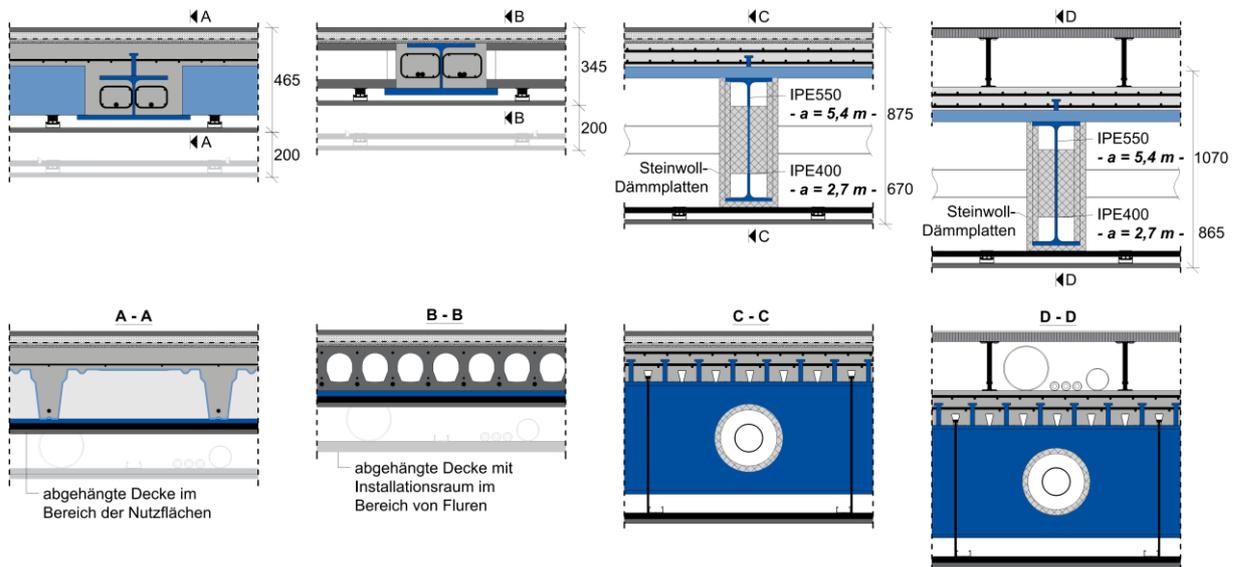


Abbildung 4-33: Deckensysteme der Referenzgebäude

Figure 4-33: Floor systems of the reference buildings

4.8.4.2 Decken, Stützen und Brandschutz Ceilings, columns and fire protection

Abbildung 4-34 zeigt den Vergleich des Baustoffbedarfs für die Decken und Stützen sowie den daraus resultierenden Primärenergiebedarf und die Realisierungskosten einschließlich der Anteile des Brandschutzes. Für die Stützen aller Systeme, die Verbundträger und die Untergurte der deckenintegrierten Träger wurde eine kastenförmige Verkleidung mit Steinwolle-Brandschutzplatten berücksichtigt.

Erwartungsgemäß weisen die Deckensysteme mit Verbundträgern im Abstand von 5,4 m den geringsten Stahlbedarf jedoch den höchsten Beton- und Betonstahlbedarf auf. Die Flachdecken führen zu einem erhöhten Primärenergiebedarf gegenüber den Verbunddecken (vgl. Abschnitt 4.4). Bei den Verbunddeckensystemen zeigt sich nur ein kleiner Einfluss des Trägerrasters und Variabilitätsgrades auf den Primärenergiebedarf (vgl. Abschnitt 4.4.2.2). Die Realisierungskosten unterscheiden sich hingegen deutlich. Die Verbunddeckensysteme mit einem Trägerabstand von 2,7 m weisen die höchsten Kosten auf. Dabei ist auch der Kostenanteil des Brandschutzes deutlich höher als bei den übrigen Deckensystemen. Der Primärenergiebedarf des Brandschutzes ist hingegen bei allen Systemen sehr gering.

Obwohl die Gebäude eine deutlich unterschiedliche Stützenanzahl aufweisen (vgl. Kapitel 3.8, Abbildung 3-40, Abbildung 3-45 und Abbildung 3-50), liegt der Anteil des Primärenergiebedarfs der Stützen bei allen Gebäuden nahezu konstant zwischen 91 und 112 MJ/m². Ebenso sind die Unterschiede in den Realisierungskosten mit 9,5 bis 10,6 % gering. Bei dem gering variablen Referenzgebäude sind aufgrund der geringen Nutzlasten der Decken und der Verteilung der Lasten auf drei Stützenreihen wesentlich kleinere Stützenquerschnitte erforderlich als bei den Referenzgebäuden mit mittlerer und hoher Variabilität.

Anhand des Vergleiches der Referenzgebäude mit mittlerer und hoher Variabilität wird deutlich, dass eine Erhöhung der Variabilität die Ökologie und Kosten der Decken, Stützen und des Brandschutzes nicht wesentlich beeinflusst. Vielmehr zeigt sich anhand des Vergleichs zum Gebäude mit geringer Variabilität, dass die Wahl der Tragstruktur und des Deckensystems für die Bilanz des Tragwerkes entscheidend ist.

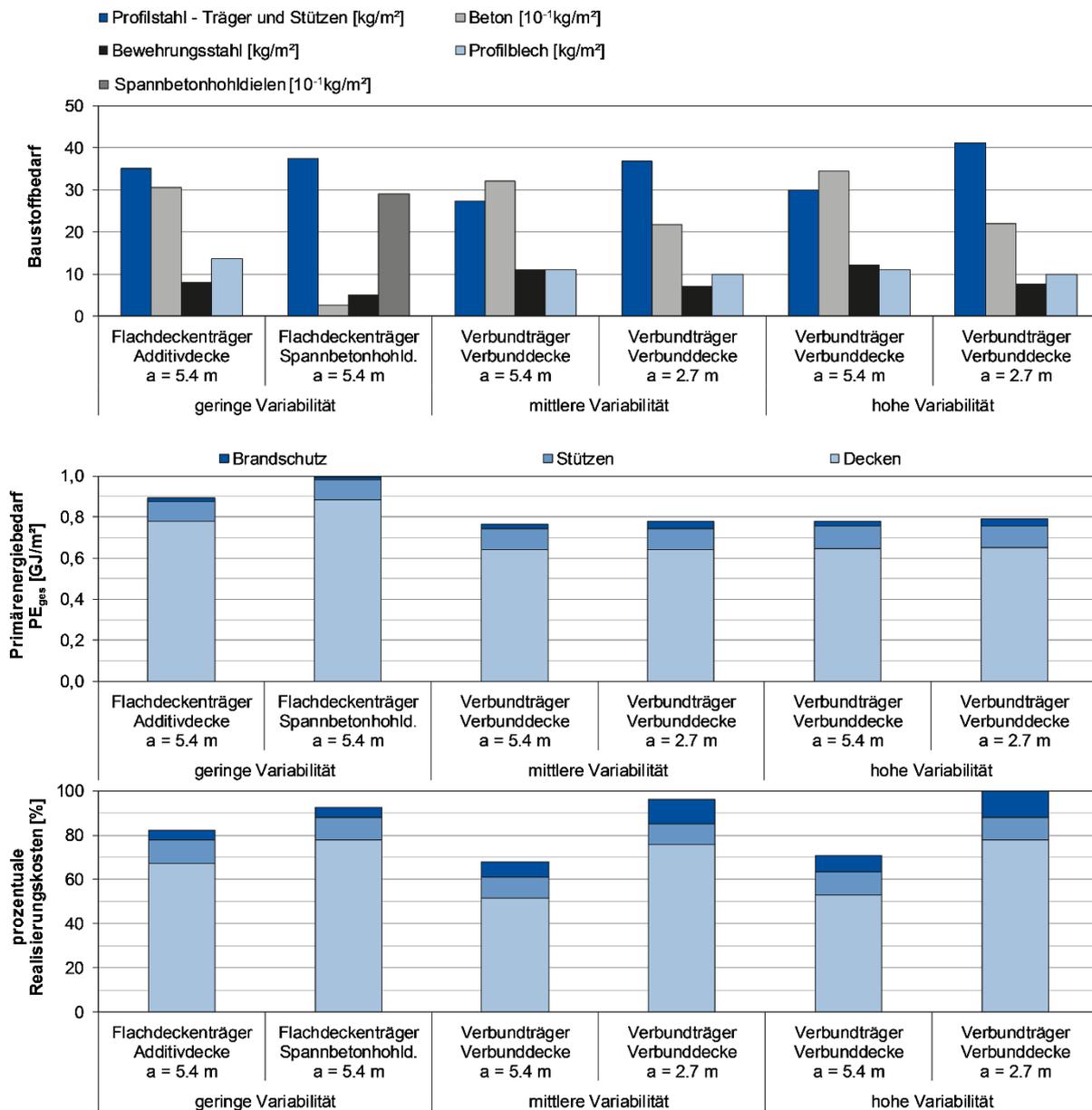


Abbildung 4-34: Baustoffbedarf der Decken und Stützen sowie Primärenergiebedarf und Realisierungskosten der Decken, Stützen und des Brandschutzes

Figure 4-34: Building material demand of floors and columns as well as the primary energy demand and realisation costs of ceilings, columns and fire protection

4.8.4.3 Fassade Facade

Die Höhen der Referenzgebäude werden sowohl von den verschiedenen lichten Geschosshöhen sowie von den Konstruktionshöhen der Decken und den zusätzlichen Installationsräumen beeinflusst. Die resultierenden Fassadenflächen zeigt Abbildung 4-35 oben. Die geringste Fassadenfläche hat das mit Flachdecken und Spannbetonhohldielen geplante gering variable Referenzgebäude. Die Gebäudehöhe beträgt ca. 20,5 m. Hierfür ergibt sich eine Fassadenfläche von ca. 3890 m². Die größte Gebäudehöhe mit 25,9 m weist das hochvariable Referenzgebäude mit Verbundträgern im Abstand von 5,4 m auf. Die Fassadenfläche beträgt ca. 4920 m². Da die BGF_a aller Referenzgebäude mit 6800 m² (ohne Untergeschosse) identisch ist, steigt mit zunehmender Gebäudehöhe das Flächenverhältnis der Fassade zur BGF_a. Die Gebäudehöhen, Fassadenflächen und Flächenfaktoren der untersuchten Systeme sind in Tabelle 4-10 zusammengefasst.

Tabelle 4-10: Gebäudehöhe, Fassadenfläche und Flächenfaktor der Fassade zur BGF_a mit 6800 m²

Table 4-10: Building height, facade area and area factor of the façade to GFA_a with 6800 m²

Variabilität	Deckensystem	Gebäudehöhe [m]	Fassadenfläche (FFI) [m ²]	Flächenverhältnis FFI/BGF _a
gering	IFB + AD; a = 5,4 m	21,3	4050	0,59
	IFB + SH; a = 5,4 m	20,5	3890	0,57
mittel	VT + VD; a = 5,4 m	24,0	4550	0,67
	VT + VD; a = 2,7 m	22,8	4320	0,64
hoch	VT + VD; a = 5,4 m	25,9	4820	0,72
	VT + VD; a = 2,7 m	24,7	4690	0,69

Die Abbildung 4-35 Mitte zeigt den Primärenergiebedarf der Referenzgebäude einschließlich der Fassade, jedoch ohne Gründung. Die hochvariablen Gebäude weisen den größten Primärenergiebedarf auf. Dabei ist ersichtlich, dass der Anteil der Fassade überwiegt. Er beträgt 51 % des Primärenergiebedarfs. Ebenso ist der Anteil der Gebäudekerne mit 8,5 % am höchsten. Dabei wirkt sich neben der Gebäudehöhe auch der 3. Kern aus (siehe Kapitel 3.8, Abbildung 3-50 ff.). Bei den Referenzgebäuden mit mittlerer Variabilität beträgt der Primärenergieanteil der Fassade ebenfalls 51,5 %. Die Kerne tragen nur 5 % bei. Für die Gebäude ergibt sich der geringste Primärenergiebedarf im Vergleich. Bei den geringvariablen Gebäuden dominiert hingegen der Anteil der Decken und Stützen. Der Anteil der Fassade liegt bei 46 % (AD) und 43 % (SH). Die Kerne tragen 4,5 % bei. Der durch die Flachdecken zunächst verursachte hohe Primärenergiebedarf kann durch die Einsparungen bei den Fassadenflächen deutlich reduziert werden.

Die Realisierungskosten der Pfosten-Riegel-Fassade mit vollflächiger Verglasung liegen um ein vielfaches höher als diejenigen der Decken, Stützen, Gebäudekerne und des Brandschutzes. Daher wirkt sich die Zunahme des Verhältnisses von Fassaden-

fläche zu BGF_a deutlich stärker als bei der ökologischen Bewertung aus. Den entsprechenden Vergleich zeigt Abbildung 4-35 unten. Die Referenzgebäude mit geringer Variabilität weisen ca. 15 % geringere Kosten auf als die teuerste Systemvariante im Vergleich. Letztere ist das hochvariable Referenzgebäude mit Verbundträgern im Abstand von 2,7 m. Die in Abbildung 4-34 unten ausgewiesene Kostendifferenz von 30 % zwischen den Systemen mit engem und weitem Trägerraster tritt hingegen nicht länger auf. Mit Berücksichtigung der Fassade beträgt die Differenz weniger als 2 %. Dies ist auf die größere Konstruktionshöhe der Decken mit weitem Trägerraster und die damit

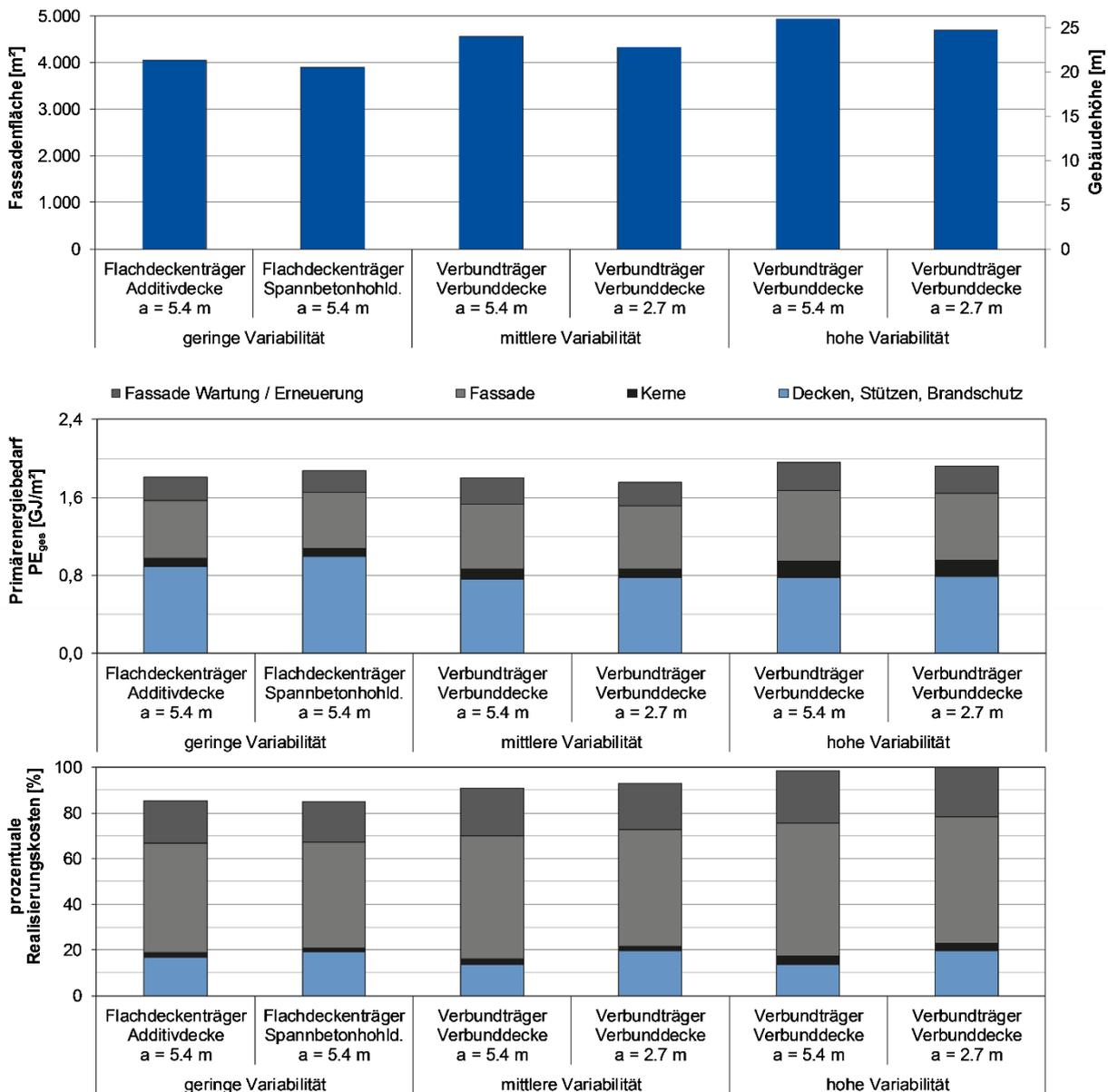


Abbildung 4-35: Fassadenfläche und Gebäudehöhe infolge der verschiedenen Deckenhöhen sowie Primärenergiebedarf und Realisierungskosten der Gebäude mit vollständig verglaster Pfosten-Riegel-Stahl-Fassade

Figure 4-35: Facade area and building height due to the different floor heights as well as primary energy demand and realisation costs of the buildings with fully glazed mullion-transom steel façade

verbundenen Zunahme der Fassadenfläche zurückzuführen. Der Unterschied zwischen den Referenzgebäuden mit mittlerer und hoher Variabilität liegt bei ca. 8 %. Dieser ist hauptsächlich auf die zusätzlichen Doppelböden zurückzuführen. Der Kostenanteil der Kerne liegt bei den Gebäuden mit geringer und mittlerer Variabilität bei ca. 2,1 %, bei hoher Variabilität bei 3,5 %. Die Kerne wurden dabei ab Geländeoberkante berücksichtigt.

4.8.4.4 Gründung und Untergeschosse Foundations and basements

Abbildung 4-36 zeigt die Summe der charakteristischen Nutzlasten sowie der Eigenlasten, einschließlich der Ausbaulasten aller oberirdischen Geschossdecken pro m² Grundfläche. Während die Summe der Nutzlasten mit zunehmender Variabilität steigt, werden die Eigenlasten vor allem durch die Betonmassen der Deckensysteme beeinflusst (vgl. Abbildung 4-34). Die geringste Gesamtmasse weist das Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität und engem Verbundträgerabstand, gefolgt von den gering variablen Referenzgebäuden mit Spannbetonhohldielen und Additivdecken auf. Während der Unterschied der Eigen- und Ausbaulasten bei den Flachdeckensystemen gering ist, ergeben sich bei den Unterzugdecken für die Trägerabstände 2,7 m und 5,4 m deutliche Differenzen. Der maximale Unterschied zwischen den Eigen- und Ausbaulasten beträgt 33%, bezogen auf den Höchstwert der dargestellten Systeme. Das Verhältnis von minimaler zu maximaler Gesamtlast beträgt 77,3 %. Das günstigste Verhältnis von Nutzlast zu Eigen- und Ausbaulast beträgt $25,1/23,0=1,09$, das ungünstigste mit 0,58 nur gut die Hälfte davon.

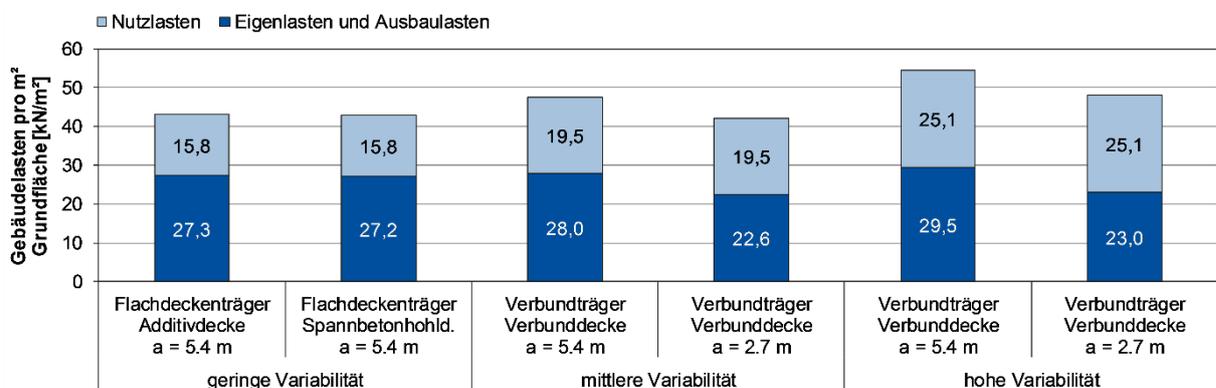


Abbildung 4-36: Summe der Nutzlasten, Eigenlasten und Ausbaulasten der Gebäude, die auf die Grundfläche wirken

Figure 4-36: Sum of imposed, dead and additional dead loads of the buildings, acting on the ground floor area

Abbildung 4-37 zeigt den Baustoffbedarf der Gründungskörper bei hoch und gering tragfähigem Baugrund (vgl. Abschnitt 4.7) für die Referenzgebäude ohne Untergeschosse sowie den daraus resultierenden Primärenergiebedarf und die Realisierungskosten des Tragwerkes. Abbildung 4-38 enthält eine äquivalente Darstellung für die Referenzgebäude mit Untergeschossen. Wie im zuvor geführten Vergleich der Systemvarianten des hochvariablen Gebäudes (Abschnitt 4.8.3.4) ist auch bei den Referenz-

gebäuden ohne Untergeschosse eine Korrelation zwischen der Gesamtlast der Obergeschosse und dem Baustoffbedarf der Gründungskörper festzustellen. Bei den Referenzgebäuden mit Untergeschossen wirkt sich die Konstruktion der Geschosdecken der Untergeschosse geringfügig auf den Baustoffbedarf aus. Die gering variablen Referenzgebäude weisen einen niedrigeren Beton- und Betonstahlbedarf, jedoch einen höheren Profilstahlbedarf gegenüber den Gebäuden mit mittlerer und hoher Variabilität auf.

Der Anteil der Gebäudegründung und der Untergeschosse am Primärenergiebedarf und den Realisierungskosten der Gebäude wird nur geringfügig von den Lasten des

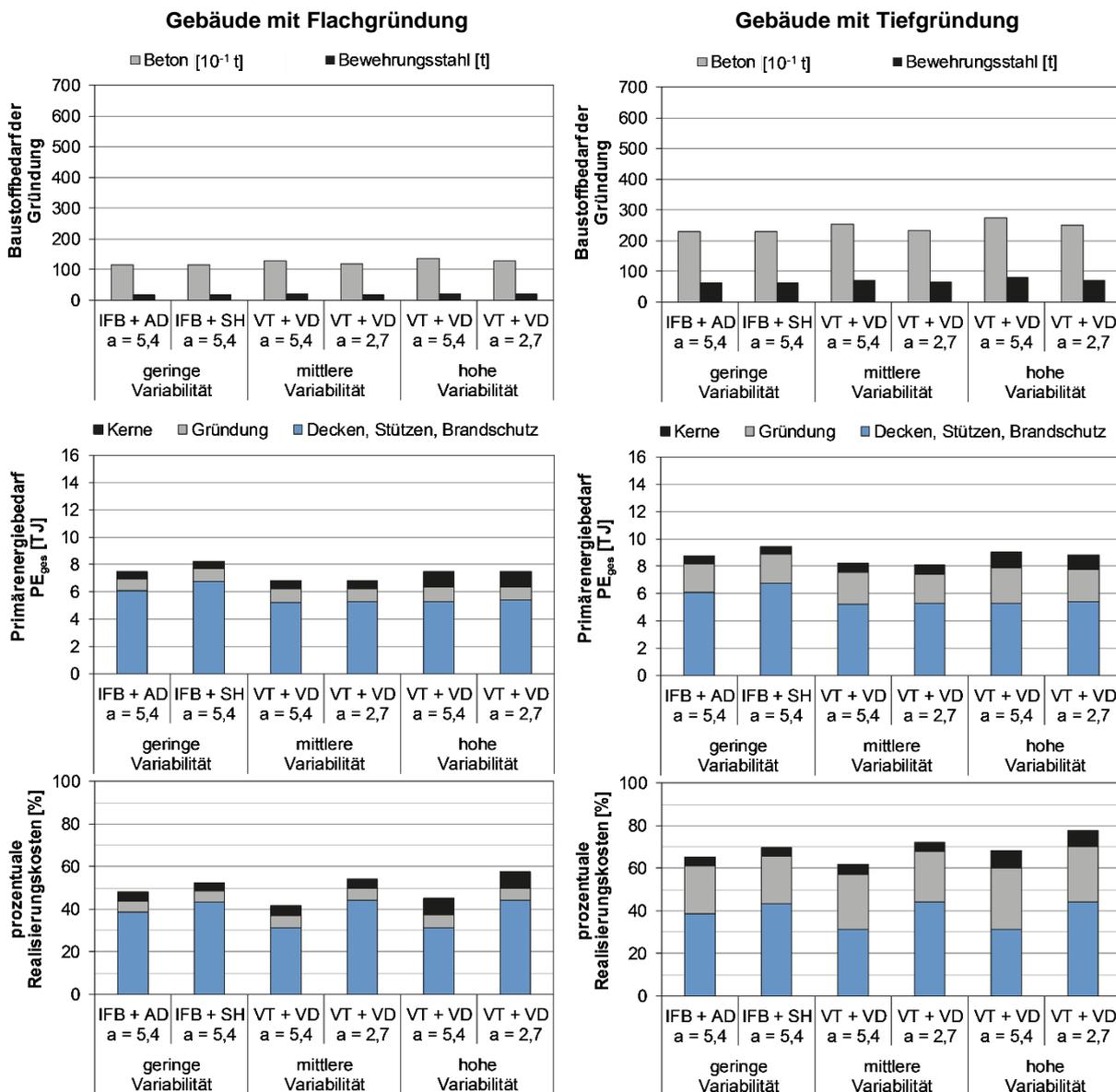


Abbildung 4-37: Baustoffbedarf der Gebäudegründungen bei hoch und gering tragfähigem Baugrund sowie Primärenergiebedarf und Realisierungskosten der Referenzgebäude

Figure 4-37: Building material demand of the foundations with high and low subsoil capacity as well as primary energy demand and realisation costs of the reference buildings

Tragwerkes beeinflusst. Die Gründungsart zeigt hingegen einen hohen Einfluss. Bei den Gebäuden ohne Untergeschossen ergibt sich durch die Tiefgründung ein durchschnittlicher Anstieg des Primärenergiebedarfs um 1340 GJ. Die Realisierungskosten erhöhen sich um 25 %. Bei den Gebäuden mit Untergeschossen beträgt der Anstieg des Primärenergiebedarfs sogar 2240 GJ. Die Realisierungskosten erhöhen sich hingegen nur um 13 %. Durch diese Untersuchungen wird offenbart, dass die Untergeschosse zu einem deutlichen Anstieg der ökologischen und monetären Aufwendungen eines Gebäudes beitragen. So steigen die Realisierungskosten um 20 bis 30 % der Primärenergiebedarf um ca. 50 %.

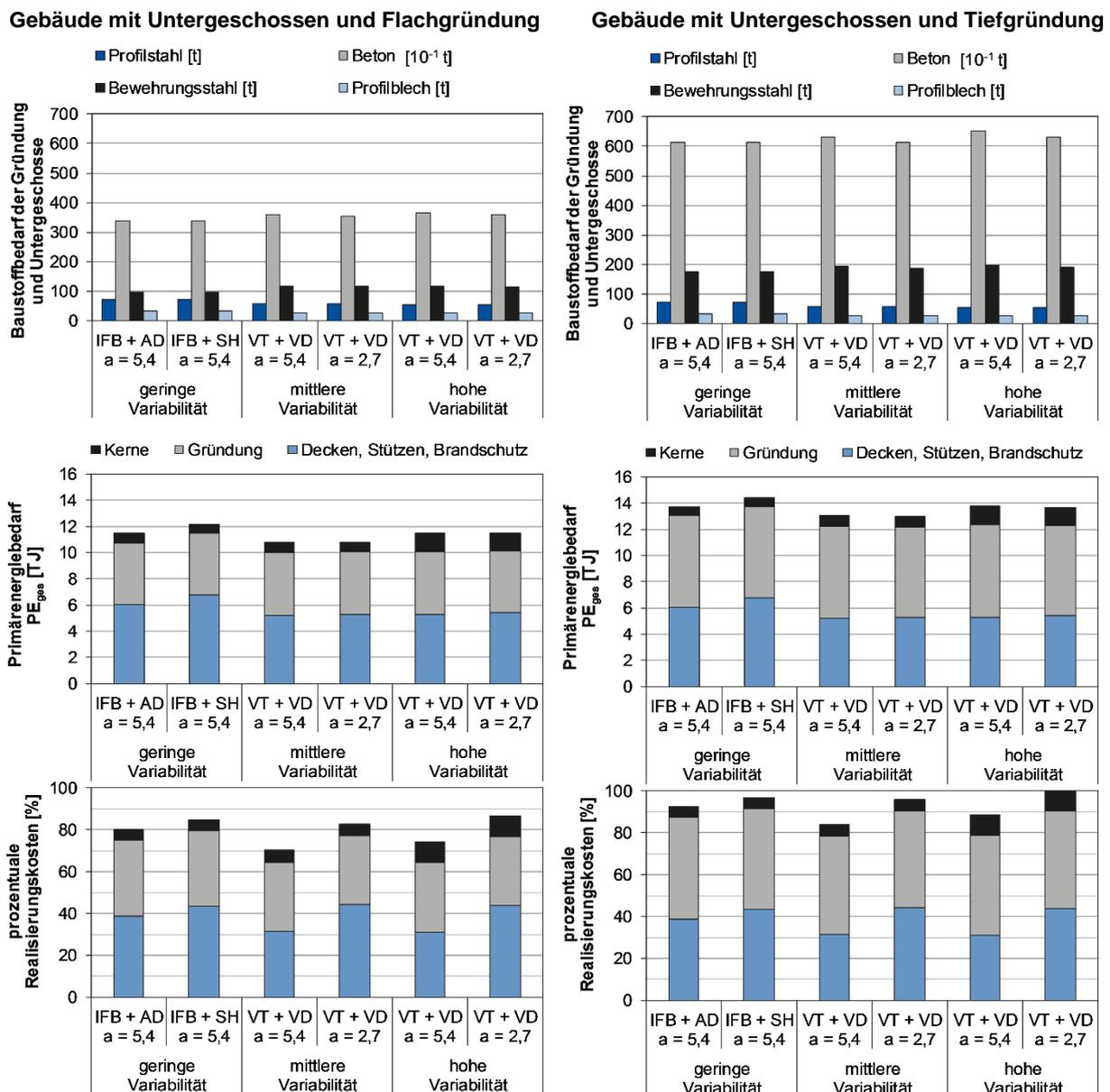


Abbildung 4-38: Baustoffbedarf der Gebäudegründungen bei zwei Untergeschossen mit Decken und Stützen in Verbundbauweise bei hoch und gering tragfähigem Baugrund sowie Primärenergiebedarf und die Realisierungskosten der Referenzgebäude

Figure 4-38: Building material demand of the foundations and basements with floors and columns in composite construction for high and low subsoil capacity as well as primary energy demand and realization costs of the reference buildings

4.8.4.5 Lebensdauer der Gebäude **Lifespan of buildings**

Die intensive und zugleich dauerhafte Nutzung von Gebäuden steht in enger Beziehung zur Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit. Wie in Kapitel 2.5.4.2 erläutert, erfolgt die Bilanzierung nach BNB und DGNB für einen Zeitraum von 50 Jahren. Die Lebensdauer der Tragkonstruktionen von Geschossbauten liegt weit über diesem Wert. Die wirtschaftliche Lebensdauer von Vermietungsobjekten hängt von der Umnutzungs- und Vermarktungsfähigkeit ab. Durch die Möglichkeit zur Anpassung an sich ändernde Nutzungsanforderungen kann der Zeitraum verlängert werden. Die Beziehung zwischen dem Grad der Variabilität und der wirtschaftlichen Lebensdauer kann nicht in konkreten Zahlen quantifiziert werden, da letztere von vielen, z. T. sehr komplexen Einflüssen, wie den lokalen und regionalen Standortbedingungen, der Konjunktur und Immobiliennachfrage, abhängt. Daher wurden die im Folgenden beschriebenen Untersuchungen zum Einfluss der Lebensdauer als hypothetische Fallstudie durchgeführt.

Die Abbildung 4-39 bis Abbildung 4-41 zeigen jeweils den Primärenergiebedarf (oben), den ökologischen Erfüllungsgrad (Mitte) sowie die prozentualen Realisierungskosten der Referenzgebäude mit Untergeschossen und Flachgründung bezogen auf ein Lebenszyklusjahr. In den jeweils linken Diagrammen sind die Tragwerke der Gebäude ohne den Einfluss der Fassade, in den jeweils rechten mit Einfluss der Fassade dargestellt. Der ökologische Erfüllungsgrad wurde nach dem in Kapitel 2.5.2 erläuterten Verfahren bestimmt. Die geringsten ökologischen Auswirkungen innerhalb eines Vergleiches führen dabei zu einem Erfüllungsgrad von 100 %.

In Abbildung 4-39 wird bei allen Referenzgebäuden von einer Lebensdauer von 50 Jahren ausgegangen. Für das Tragwerk ohne Fassade (Abbildung 4-39, links) wird der höchste ökologische Erfüllungsgrad von 99 und 100 % mit den Referenzgebäuden mittlerer Variabilität erzielt. Dabei führt das Tragwerk mit weitem Verbundträgerabstand zu den vergleichsweise geringsten Realisierungskosten. Die gering- und hochvariablen Gebäude weisen einen um 5 bis 8 % geringeren ökologischen Erfüllungsgrad auf. Unter Berücksichtigung der Fassade (Abbildung 4-39, rechts) steigt der ökologische Erfüllungsgrad der gering variablen Referenzgebäude auf 99 und 100 %. Zudem führen sie mit ca. 88 % zu den geringsten Realisierungskosten im Vergleich. Die hochvariablen Gebäude weisen den geringsten ökologischen Erfüllungsgrad auf. Ebenso führen sie, unabhängig vom Trägerraster der Decken, zu den höchsten Realisierungskosten im Vergleich. Der ökologische Erfüllungsgrad bei der mittleren Variabilität liegt weiterhin bei 99 und 100 %. Die Realisierungskosten betragen im Mittel 92 %.

Der Abbildung 4-40 wurde zugrunde gelegt, dass infolge einer höheren Variabilität auch die Lebensdauer der Gebäude steigt. Bei geringer Variabilität wurden weiterhin 50 Jahre angesetzt. Bei mittlerer Variabilität wurde die Lebensdauer hingegen mit 60 Jahren, bei hoher Variabilität mit 70 Jahren angesetzt. Der Vergleich der ökologischen Erfüllungsgrade zeigt, dass bereits diese Erhöhungen der Lebensdauer deutliche Veränderungen hervorruft. Obwohl der ökologische Einfluss der Fassadenwartung und Erneuerung mit zunehmender Lebensdauer steigt (Abbildung 4-40, oben rechts), erreichen die hochvariablen Referenzgebäude den besten Erfüllungsgrad. Die geringsten Realisierungskosten des Tragwerkes einschließlich der Fassade weisen die Gebäude

mit geringer und mittlerer Variabilität auf. Der Unterschied zur hohen Variabilität beträgt jedoch weniger als 4 % (Abbildung 4-40, unten rechts).

In Abbildung 4-41 wurde die Lebensdauer der Referenzgebäude mit mittlerer und hoher Variabilität zu 75 und 100 Jahre angenommen. Es ist zu erkennen, dass der Einfluss des Tragwerkes mit zunehmender Lebensdauer an Bedeutung verliert. Ohne die Fassaden erreichen die hoch variablen im Vergleich zu den gering variablen Gebäuden einen um über 50 % höheren ökologischen Erfüllungsgrad. Die bezogenen Realisierungskosten fallen ebenfalls ca. 50 % geringer aus. Unter Berücksichtigung der Fas-

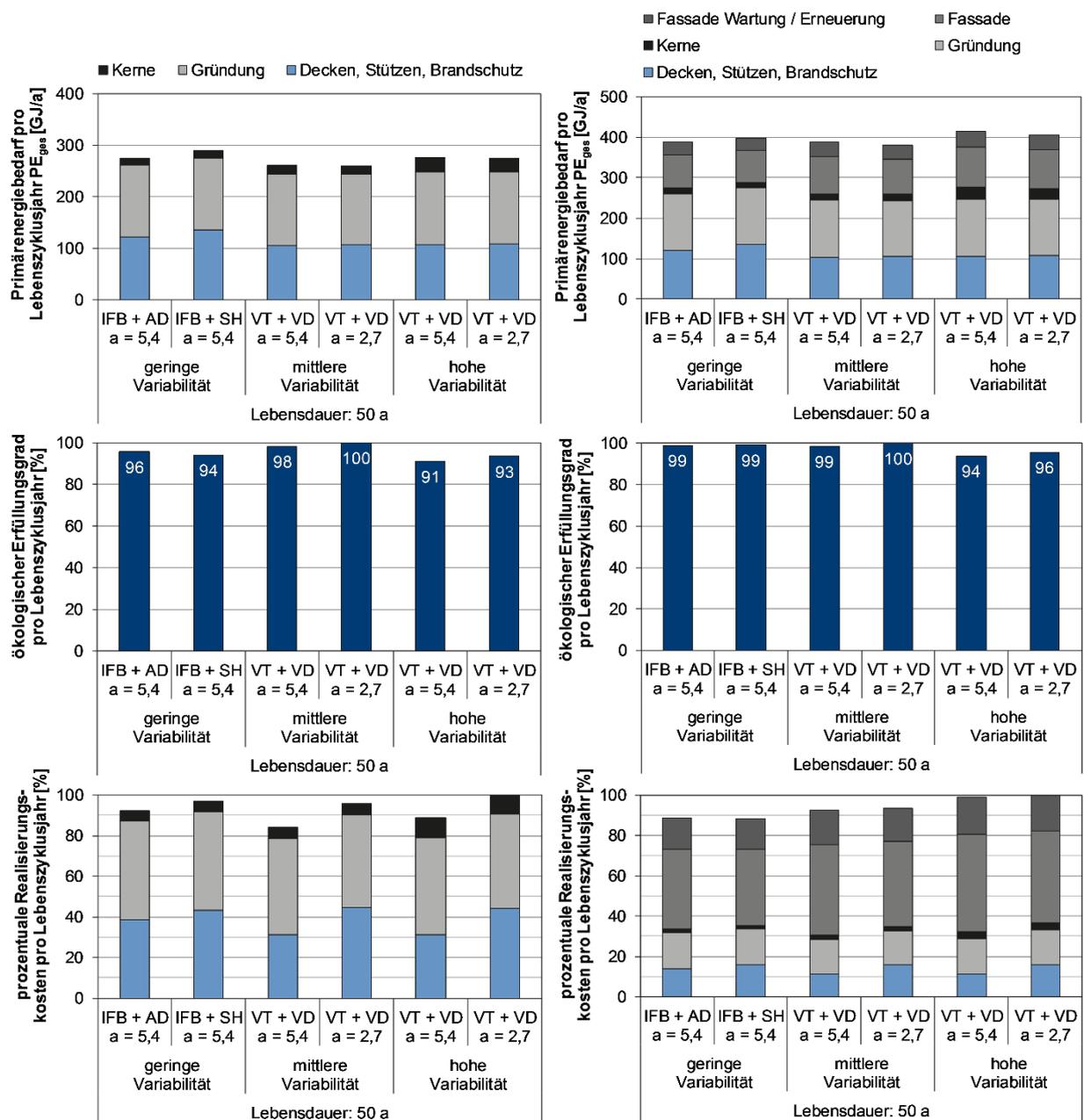


Abbildung 4-39: Primärenergiebedarf, ökologischer Erfüllungsgrad und Realisierungskosten pro Lebenszyklusjahr der Referenzgebäude bei einer einheitlichen Lebensdauer von 50 Jahren.

Figure 4-39: Primary energy demand, ecological degree of fulfillment and realization costs per life-cycle year of the reference buildings with a uniform lifespan of 50 years.

sade werden die Differenzen geringer, da der Einfluss der Fassadeninstandhaltung und -erneuerung steigt. Vor allem bei den Realisierungskosten wird dieser Anteil mit zunehmender Lebensdauer dominierend.

Aus dem Vergleich der Szenarien für die möglichen Lebensdauern ist zu erkennen, dass die mittel variablen Referenzgebäude sowohl ökologisch als auch monetär gute Ergebnisse erzielen. Unabhängig von ihrer Lebensdauer beträgt der ökologische Erfüllungsgrad des Tragwerkes einschließlich der Fassade 94 bis 100 %. Die Realisierungs-

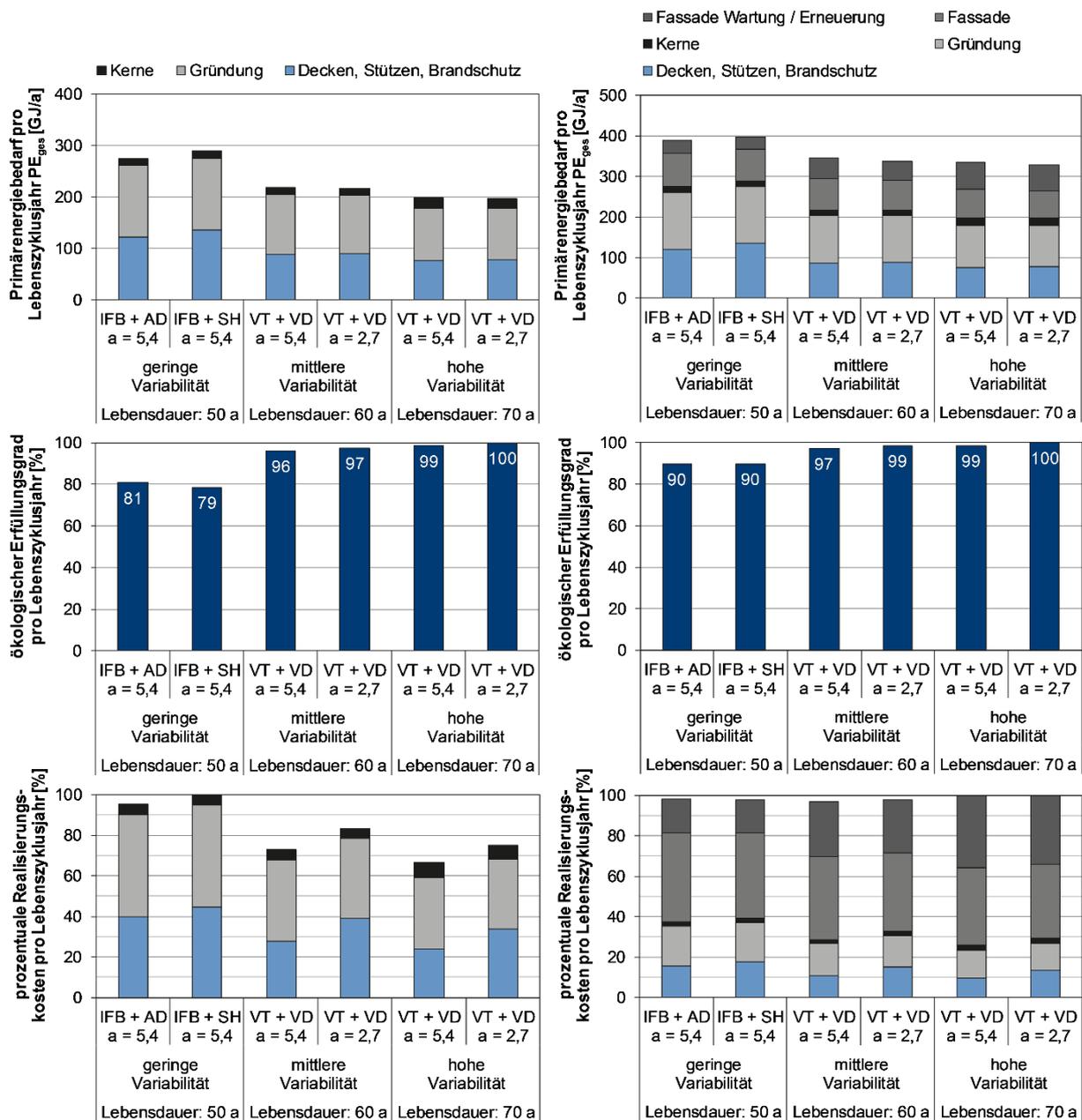


Abbildung 4-40: Primärenergie, ökologischer Erfüllungsgrad und Realisierungskosten pro Lebenszyklusjahr der Referenzgebäude bei Lebensdauern von 50, 60 und 70 Jahren.

Figure 4-40: Primary energy demand, ecological degree of fulfillment and realisation costs per life-cycle year of the reference buildings with lifespans of 50, 60 and 70 years.

kosten weichen bei einer Lebensdauer von 50 Jahren nur 3,5 % von Variante mit den niedrigsten Kosten ab (Abbildung 4-39, unten rechts). Für eine Lebensdauer von 60 und 75 Jahren werden sogar die geringsten Kosten im Vergleich erzielt. Dieses Ergebnis zeigt, dass eine Erhöhung der Variabilität bei Tragwerken und Fassadenkonstruktionen selbst bei geringerer Lebensdauer eines Gebäudes nicht mit höheren Kosten verbunden sein muss. Wird eine Verlängerung der Lebensdauer durch die erhöhte Variabilität erreicht, so ergeben sich sowohl ökologische als auch monetäre Vorteile.

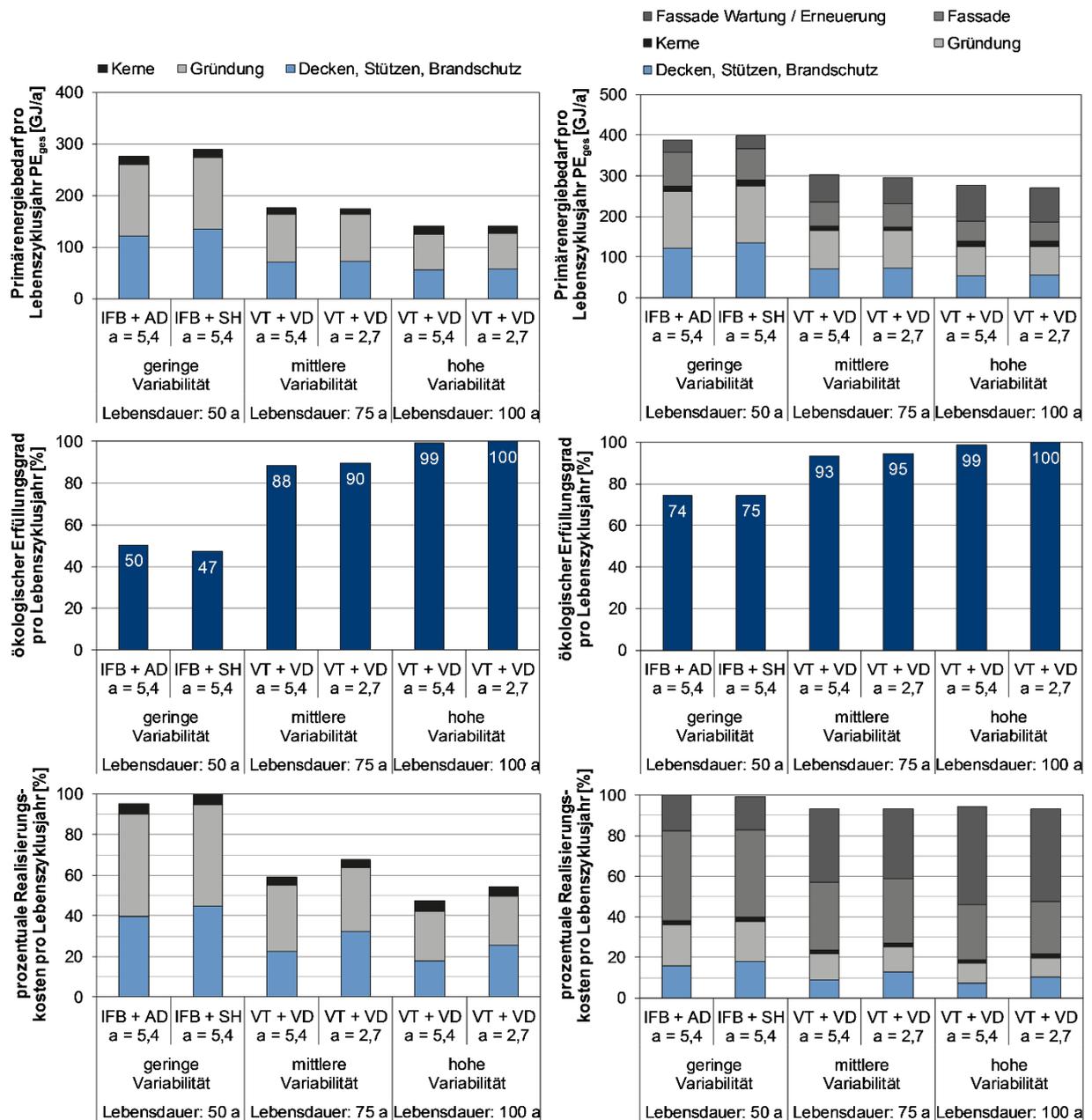


Abbildung 4-41: Primärenergie, ökologischer Erfüllungsgrad und Realisierungskosten pro Lebenszyklusjahr der Referenzgebäude bei Lebensdauern von 50, 75 und 100 Jahren.

Figure 4-41: Primary energy demand, ecological degree of fulfillment and realisation costs per life-cycle year of the reference buildings with lifespans of 50, 75 and 100 years.

4.9 Konstruktive Planungsempfehlungen Constructive planning recommendations

Aus den vorangegangenen Parameterstudien und Erläuterungen wurde u. a. die Vielschichtigkeit bei der Wahl und konstruktiven Gestaltung der Deckensysteme deutlich. Grundlegende Entwurfsentscheidungen sind

- die Ausbildung von Deckensystemen mit und ohne Innenstützung,
- die Auswahl von Flach- oder Unterzugsdecken oder herstellerspezifischer Deckensysteme,
- die Anordnung von Installationsräumen für die technische Gebäudeausstattung
- und die Annahme von Verkehrs- und Ausbaulasten für die spätere Nutzung.

Deckensysteme ohne Innenstützung führen zu anpassungsfähigeren Grundrissen und erlauben eine große Nutzungsvielfalt. Wirtschaftlich können diese Systeme als Unterzugsdecken mit Verbundträgern und -decken ausgeführt werden. Mit der Wahl eines Trägerabstandes bis ca. 3 m können die Bauhöhe der Decken und die Betonmassen reduziert werden. Im Vergleich zu Unterzugsdecken, deren Trägerabstand dem Stützenabstand entspricht, ergeben sich vergleichbare Ökobilanzwerte, jedoch höhere Kosten (20 bis 25%). Demgegenüber stehen Einsparungen bei den Stützen, Gründungskörpern und der Fassade. Der Bereich der Deckenträger kann als Installationsraum genutzt werden, ohne dass eine Einschränkung auf die Mittelzone erforderlich ist. Soll im Falle der geschossweisen Nachnutzung die Installation in der jeweiligen Nutzungsebene erfolgen, kann der Installationsraum und damit die Anpassungsfähigkeit durch Doppel- oder Hohlräumeböden erhöht werden. Alternativ dazu kann auf herstellerspezifische Multifunktionsdecken, wie das Topfloor-Integral® in Negativlage oder die Ceiltec® Deckenplatten, zurückgegriffen werden.

Flachdecken werden wegen der begrenzten Spannweiten überwiegend als Systeme mit Innenstützung eingesetzt. Eine Ausnahme hiervon bilden die Systeme mit Verbunddeckenträgern, hohen Profilblechen und Stahlbetonergänzung. Die Kostenunterschiede der hier untersuchten Systeme liegen in der Größenordnung von 20 %. Die Ökobilanzwerte weichen allerdings deutlicher voneinander ab. Die günstigsten Werte ergeben sich für Flachdecken mit Zweifeldverbundträgern und einer Stahlbetondeckenplatte. Im direkten Vergleich zu den Unterzugsdecken führen Flachdecken im Allgemeinen zu höheren Kosten und weisen ungünstigere Ökobilanzwerte auf. Vorteile durch die niedrige Konstruktionshöhe ergeben sich erst dann, wenn die Einsparungen nicht wieder durch die Schaffung von Installationsräumen für die TGA kompensiert werden. Dies ist z. B. der Fall, wenn deren Trassierung auf die Mittelzone der Geschosse konzentriert wird.

Ein wesentliches Kriterium für die Umnutzungsfähigkeit von Geschossen ist die zulässige Nutzlast der Decken. Sind für die Geschosse eines Gebäudes lediglich eine Wohn-, Hotel- oder einfache Büronutzung im Lebenszyklus zu erwarten, ist eine Nutzlast von 3 kN/m² ausreichend. Für andere Nutzungsarten, wie Gastronomie, Einzelhandel, Konferenzräume und Arztpraxen, sind Nutzlasten von 5 kN/m² und ggf. mehr (Archive, Bibliotheken, Lager) zu berücksichtigen.

Eine Erhöhung der Nutzlast von 3,0 auf 5,0 kN/m² hat bei den meisten der untersuchten Deckensysteme einen untergeordneten Einfluss auf die Kosten, die Ökobilanz und die Bauhöhe. Eine Ausnahme bilden die Flachdecken mit Spannbetonhohldielen, da die deckenintegrierten Träger ohne Verbund mit dem Beton die Lasten abtragen und sich sowohl der Baustahlbedarf als auch die Querschnitte der Spannbetonhohldielen mit der Nutzlast erhöhen. Eine weitere Ausnahme ist das Topfloor-Integral®-System in Negativlage, bei dem eine geringe Konstruktionshöhe vorliegt und die Wabenträgergurte in der Druckzone liegen.

Aus der Nutzungsart ergeben sich auch Implikationen für die Verformungen und Schwingungen von Deckentragwerken. So wirkt sich der quasi-ständige Lastanteil der Nutzlast auf die Langzeitverformungen aus. Die Durchbiegung und der Durchhang sind insbesondere im Zusammenhang mit dem Ausbau zu beachten, um Beschädigungen von Trennwänden und Fassadenelementen zu vermeiden. Besonders Verbunddeckensysteme weisen eine geringe Eigenlast im Verhältnis zur Nutzlast auf. Während für Wohn-, Hotel-, und Büronutzungen nur geringe Anforderungen an das Schwingungsverhalten bestehen, sind in Bildungs- und Gesundheitseinrichtungen höhere Anforderungen zu berücksichtigen. Zur Verringerung der Schwingungsanfälligkeit von Decken kann ihre Masse durch eine zusätzliche Beton- oder Estrichschicht erhöht werden. Gegebenenfalls kann die dämpfende Wirkung des Ausbaus zu einer Verbesserung führen.

Der konstruktive Brandschutz ist vor allem bei Unterzugsdeckensystemen bedeutend. Bei multifunktionalen Gebäuden sind im Allgemeinen Brandwiderstandsdauern von 90 min erforderlich. Hierfür erweisen sich Spritzputzbeschichtungen sowie Bekleidungen mit Gips-Feuerschutzplatten und spezielle Brandschutzplatten als ökologisch und wirtschaftlich zweckmäßig.

Die Eigen- und Nutzlasten der Geschossdecken wirken sich auf die lastabtragenden Stützen und die Gebäudegründung aus. Der Baustoffbedarf und die Kosten der Stützen sind gegenüber denjenigen der Decken gering. Bei den Gebäudegründungen hängen die Auswirkungen der Lasten von den Baugrundverhältnissen ab. Liegt eine hohe Baugrundtragfähigkeit vor, die eine Flachgründung ermöglicht, wird der ökologische und monetäre Aufwand für die Gründung nur unwesentlich von der Eigen- und Nutzlast der Geschossdecken beeinflusst. Wird jedoch aufgrund schlechter Baugrundverhältnisse eine Pfahlgründung erforderlich, steigen hingegen der Baustoffbedarf und die Kosten mit zunehmender Eigen- und Nutzlast der Decken spürbar an. Bei der Planung sollte daher auf die Wahl eines Systems mit geringer Eigenlast geachtet werden. Die Nutzlasten der einzelnen Geschossdecken sollten im Hinblick auf die zukünftige Nutzung mit Augenmaß festgelegt werden.

Bei Gebäuden in Skelettbauweise haben die Fassaden keine lastabtragende Funktion und können als An- bzw. Ausbauelemente unabhängig von der Tragkonstruktion verändert werden. Neben klassischen Loch- und Bandfassaden aus leichtem Mauerwerk werden zunehmend Elementfassaden mit Pfosten-Riegel-Systemen aus Aluminium, Stahl oder Holz eingesetzt. Im Vergleich führt die klassische Lochfassade mit Mauerwerk gegenüber den Elementfassaden zu geringeren monetären und ökologischen Aufwendungen. Der Vorteil der Elementfassaden liegt in der hohen Anpassungsfähigkeit sowie dem geringen Konstruktionsgewicht. In der Bilanzierung von Gebäuden zeigt

die Elementfassade einen hohen ökologischen Einfluss, der in etwa dem Anteil der Decken und Stützen des Gebäudes entspricht. Die Realisierungskosten der Fassade dominieren und überschreiten deutlich den Anteil der Rohbaukonstruktionen einschließlich der Untergeschosse. Mit zunehmender Lebensdauer der Gebäude steigt dieser Anteil aufgrund der Instandhaltung und Erneuerung der Fassaden weiter an.

Die Erhöhung der wirtschaftlichen Nutzungsdauer durch die Schaffung anpassungsfähiger Gebäude ist eine gute Investition in die Zukunft, die sich bereits bei einer Verlängerung um wenige Jahre durch eine verbesserte Ökobilanz und Wirtschaftlichkeit der Rohbaukonstruktionen auszahlt. Die Aufwendungen für die Ausführung, Wartung und Instandhaltung der Fassaden sowie der hiervon beeinflusste Energiebedarf für die Klimatisierung und Belichtung der Gebäude haben einen dominierenden Einfluss auf die Ökologie und Ökonomie der Gebäude.

5 Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung Basic information of the economic evaluation

Kurzfassung

Insgesamt baut dieses Kapitel auf den vorgestellten Forschungserkenntnissen aus Kapitel 3 und 4 auf und beschäftigt sich mit den Grundlagen und Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung. Die Ergebnisse dieses Kapitels bilden die Grundlage für die Wirtschaftlichkeitsbewertung in Kapitel 6.

Abstract

Overall, this chapter based on the presented research findings from chapter 3 and 4 and deals with the basic principles and frame conditions of the economic feasibility study. The research results in this chapter built the basis for the economic evaluation in chapter 6.

5.1 Einführung Introduction

In diesem Kapitel werden die Grundlagen und Ausgangsdaten für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit in Kapitel 6 ausgearbeitet. Dazu wurde in einem ersten Schritt eine Marktanalyse durchgeführt. Diese dient zur Überprüfung und Einschätzung der im Forschungsvorhaben relevanten Marktsegmente und gibt Ansatzpunkte für die Prognose der zukünftigen Marktentwicklung. Dies ist insbesondere für die Lebenszyklusbetrachtung und die damit verbundenen Annahmen verschiedener Eingangsparameter (z. B. Preissteigerung der Verbraucherpreise und Baupreise) von Bedeutung. Weiterhin wurde eine Standortanalyse durchgeführt. Für die in Kapitel 3 entworfenen und vorgestellten Referenzgebäude wird aufgrund der allgemeinen Übertragbarkeit der Forschungsergebnisse keine konkrete Standortfestlegung vorgenommen. Daher wird auf eine detaillierte Makro- und Mikrostandortanalyse verzichtet und die Standorte in sinnvoller Weise gebündelt bzw. anhand wichtiger Eigenschaften aggregiert. In einem weiteren Schritt werden das Lebenszyklusmodell und die verschiedenen Lebenszyklusphasen festgelegt. Zudem werden mögliche Untersuchungsszenarien ausgewählt. Diese dienen zur monetären Bewertung der Variabilität der Referenzgebäude über den Lebenszyklus. Im nächsten Schritt werden die Einflussfaktoren auf die Variabilität von Gebäuden anhand von Kosten und Erlösen analysiert. Für die Kosten wird ein modifiziertes Berechnungsmodell entwickelt. Damit ist es möglich, die baukonstruktiven Unterschiede aufgrund der verschiedenen Variabilitätsgrade adäquat im Modell abzubilden. Neben den Kosten sind ebenfalls die Erlöse und die zugrunde gelegte Mietfläche von Bedeutung. Diese werden auf Basis der jeweiligen Nutzungsart bestimmt. Zusätzlich werden die monetär bewertbaren Risiken in die Untersuchungen eingebunden. Auf dieser Grundlage können stochastische Szenarioanalysen durchgeführt und Aussagen zur Schwankungsbreite der prognostizierten Kosten, Erlöse und festgelegten Zielgrößen getroffen werden.

5.2 Marktanalyse Market analysis

5.2.1 Überblick Overview

Die Marktanalyse dient dazu, die Angebots- und Nachfragesituationen auf den relevanten Teilmärkten genauer zu untersuchen und wesentliche Eingangsparameter für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Kapitel 6 zu recherchieren. In den folgenden Abschnitten werden die methodischen Grundlagen zur Durchführung einer Marktanalyse erläutert sowie ausgewählte Daten zur gesamtwirtschaftlichen und nutzungsspezifischen Entwicklung von Büroimmobilien und möglichen Folgenutzungen (z. B. Wohn-, Hotel- und Gewerbeimmobilien) dargestellt. Zudem wird eine Standortklassifikation zur Differenzierung wichtiger marktwirtschaftlicher Daten vorgestellt.

5.2.2 Methodische Grundlagen und Vorgehensweise Basic methods and approach

Im Rahmen der Marktanalyse ist zunächst zu entscheiden, ob für den jeweiligen Untersuchungszweck Daten neu erhoben oder vorhandene Daten im Hinblick auf die aktuelle Fragestellung ausgewertet werden. Dies wird im wissenschaftlichen Kontext entweder als *Primär-* oder *Sekundärforschung* bezeichnet.¹

Die *Primärforschung* oder Primärerhebung umfasst die Erhebung von neuen Daten für ein ausgewähltes Forschungsproblem. Im wissenschaftlichen Sprachgebrauch wird oftmals vom sogenannten "Field Research" gesprochen. Es können Befragungen, Beobachtungen oder Experimente durchgeführt werden. Diese Erhebungsart findet allerdings nur dann Anwendung, wenn die vorliegenden Sekundärdaten für das Untersuchungsfeld nicht ausreichend sind. Somit baut die Primärerhebung auf die Sekundärerhebung auf.²

Die *Sekundärforschung* oder Sekundärerhebung umfasst bereits vorhandenes Datenmaterial. Dieses wird für den gegebenen Untersuchungszweck neu aufbereitet und ausgewertet. Da diese Untersuchungsmethodik am Schreibtisch des Forschenden durchgeführt wird, wird vom "Desk Research" gesprochen. Es kann entweder auf unternehmensinterne oder -externe Informationen zurückgegriffen werden. Interne Informationen werden direkt aus dem Unternehmen gewonnen. Externe Informationen werden beispielsweise durch Auswertung von Fachliteratur, amtlichen Statistiken oder Veröffentlichungen aus durchgeführten Forschungsvorhaben generiert.³ In der Praxis werden die genannten Methoden in der Regel kombiniert angewendet, da sekundäre Quellen oftmals die Basis für die primäre Datenerhebung bilden. Somit ist vor jeder Primärerhebung eine Erhebung von Sekundärdaten durchzuführen.⁴

¹ Vgl. Koch/Gebhardt/Riedmüller (2016), S. 41.

² Vgl. Kuß/Wildner/Kreis (2014), S. 36.

³ Vgl. Kuß/Wildner/Kreis (2014), S. 36.

⁴ Vgl. Koch/Gebhardt/Riedmüller (2016), S. 41.

Im vorliegenden Forschungsvorhaben wurde eine Sekundärerhebung durchgeführt. Aufgrund der umfangreich verfügbaren Daten war es nicht notwendig, eine Primärerhebung durchzuführen. Zusätzlich wurden die recherchierten Daten mit den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses diskutiert und abgestimmt.

5.2.3 Standortklassifikation Classification of locations

Zur Bewertung wirtschaftlicher Eingangsparameter (z. B. Grundstückskosten, Baukosten, Mieterlöse) ist eine regionale Standortabgrenzung vorzunehmen. Dazu können verschiedene Klassifikationssysteme verwendet werden. Eine am Markt häufig vorzufindende Möglichkeit bietet das Analyseunternehmen BulwienGesa. Dieses Gliederungssystem unterteilt insgesamt 127 Städte nach ausgewählten funktionalen Kriterien. Eine weitere Möglichkeit bietet das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR). Bei diesem System werden 97 Raumordnungsregionen nach funktional-räumlicher Einteilung gegliedert.⁵

Aufgrund der häufigen Verwendung des Gliederungssystems nach BulwienGesa werden die recherchierten Daten im Forschungsvorhaben nach diesem System kategorisiert. Insgesamt werden die Städte in die Kategorien A, B, C und D unterteilt (siehe Abbildung 5-1).

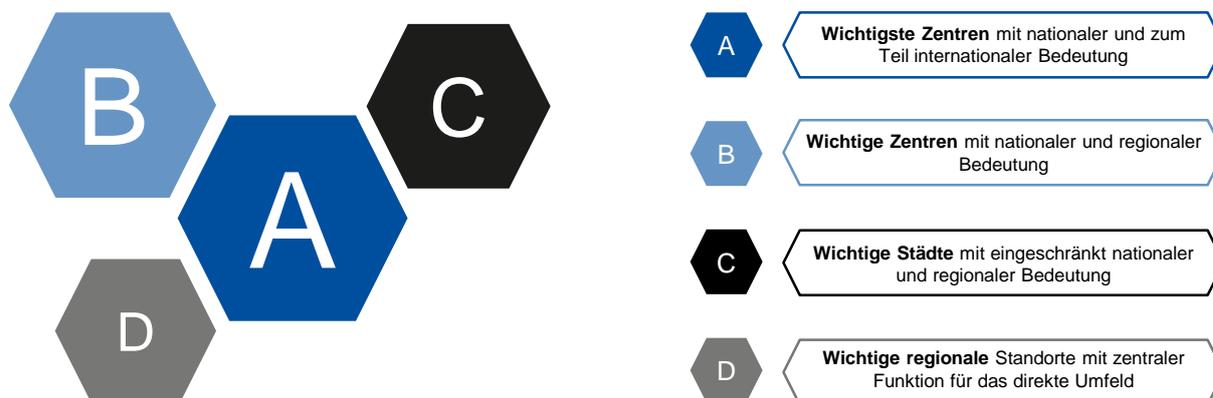


Abbildung 5-1: Standortklassifikation nach BulwienGesa⁶

Figure 5-1: Classification of locations of BulwienGesa⁶

Die A-Städte (7 Städte) gehören zu den wichtigsten deutschen Zentren. Diese Städte haben in allen Segmenten große, funktionsfähige Märkte, der Büroflächenbestand (BGF) liegt über 7 Mio. m², die Flächenumsätze betragen im langjährigen Mittel über 150.000 m² und die Spitzenmieten liegen im langjährigen Mittel bei mindestens 16 €/m². Die B-Städte (14 Städte) bilden wichtige deutsche Zentren mit Büroflächenbeständen zwischen 2 und 5 Mio. m², Flächenumsätzen in der Regel über 35.000 m² und Spitzenmieten im langfristigen Mittel über 12 €/m². C-Städte (22 Städte) und D-

⁵ Vgl. Kurzrock (2016), S. 75.

⁶ Daten entnommen aus Feld et al. (2017), S. 193.

Städte (84 Städte) sind deutlich kleinere Städte, die besonders für das regionale Umfeld von Bedeutung sind.⁷ Die Zuordnung der Städte zu den genannten Kategorien kann Abbildung 5-2 entnommen werden.



Abbildung 5-2: Zuordnung der Städte zur A-, B-, C- und D-Kategorie⁸

Figure 5-2: Assignment of cities to A-, B-, C- and D-category⁸

5.2.4 Ausgewählte gesamtwirtschaftliche Daten Selected macroeconomic data

Die Nachfrage nach Büroflächen wird primär durch die Anzahl der Bürobeschäftigten und die benötigten Büroarbeitsplätze bestimmt. Die Entwicklung der Nachfrage hängt maßgeblich von der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung ab. In Abbildung 5-3 ist die gesamtwirtschaftliche Entwicklung anhand des Bruttoinlandproduktes (BIP) und der Erwerbstätigkeit dargestellt. Es ist zu erkennen, dass das Wachstum der Wirtschaft eine notwendige Bedingung für die Erhöhung der Erwerbstätigen darstellt. Allerdings ist festzustellen, dass das Wirtschaftswachstum länger als ein Jahr in einem Bereich von 2,00 % oder höher liegen muss, damit eine nennenswerte Erhöhung der Erwerbstätigen eintritt.

Weitere wichtige Indikatoren zur Beurteilung der wirtschaftlichen Entwicklung stellen der Verbraucherpreisindex (VPI) und der Baupreisindex (BPI) dar. Diese Preisindizes werden im vorliegenden Forschungsvorhaben unter anderem zur Prognose zukünftiger Entwicklungen von Realisierungs- und Nutzungskosten benötigt. In Abbildung 5-4 ist der VPI sowie der BPI für Büro- und Wohngebäude dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Entwicklung der Verbraucherpreise abweichend von der Entwicklung der Baupreise sein kann. Betrachtet man den dargestellten Zeitraum von 1992 bis 2016 ergibt sich im Durchschnitt ein jährlicher Anstieg der Preise des VPI von 1,73 %, des BPI Büro von 1,86 % und des BPI Wohnen von 1,72 %. Diese Steigerungsraten sind über den

⁷ Vgl. Schulten et al. (2017), S. 193.

⁸ Vgl. Feld et al. (2017), S. 194.

langen Betrachtungszeitraum annähernd gleich. Führt man diese Analyse allerdings für einen kurzfristigeren Zeitraum von 10 Jahren durch, beträgt die jährliche Steigerungsrate des VPI nur 1,37 %, des BPI Büro 2,50 % und des BPI Wohnen 2,36 %.

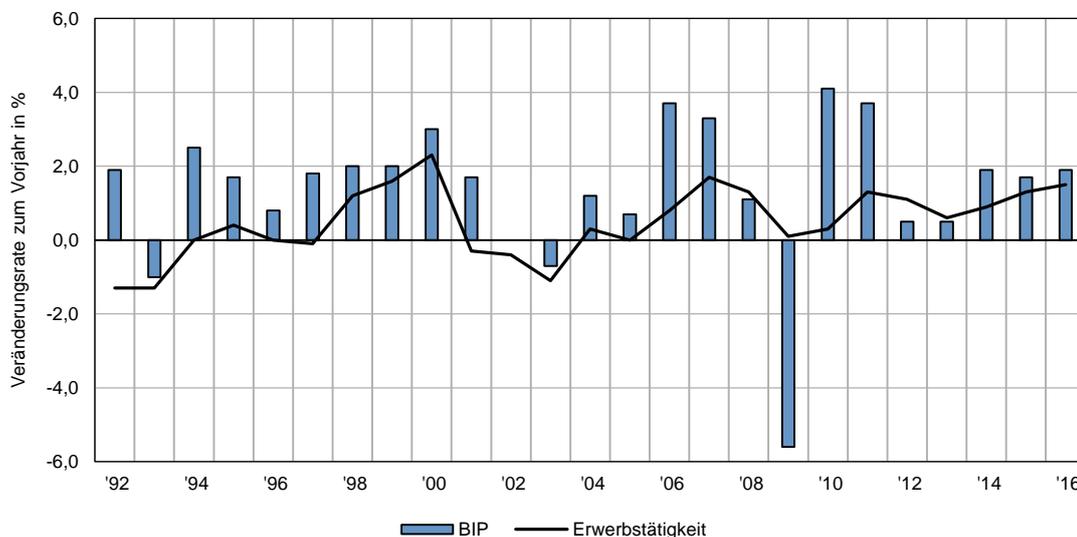


Abbildung 5-3: Entwicklung des BIP und der Erwerbstätigkeit in Deutschland⁹

Figure 5-3: Development of the gross domestic product⁹

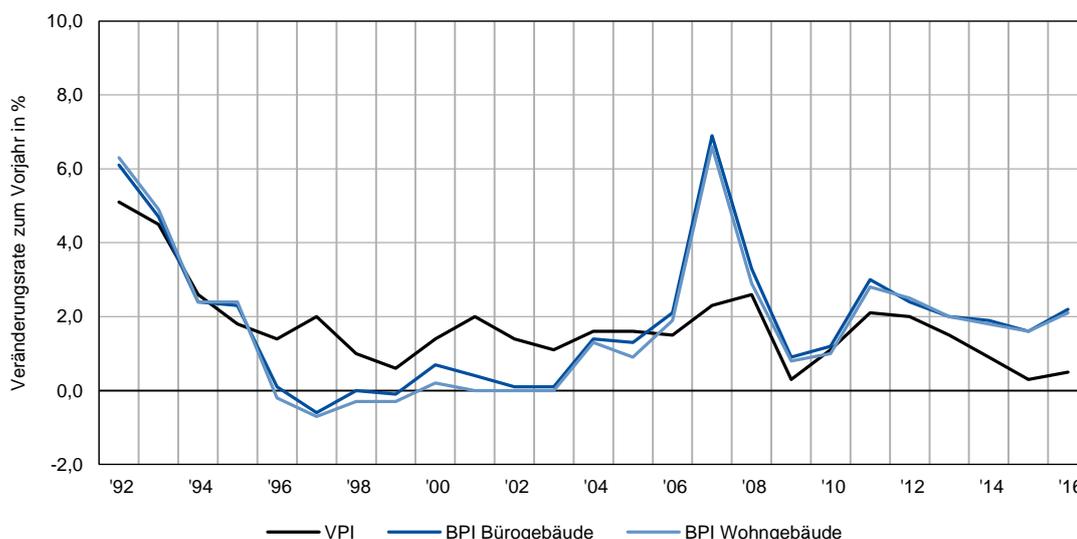


Abbildung 5-4: Entwicklung des VPI und BPI in Deutschland¹⁰

Figure 5-4: Development of the consumer price index and the building cost index in germany¹⁰

⁹ Daten entnommen aus Statistisches Bundesamt (2017), zuletzt geprüft am 04.05.2018 und Statistisches Bundesamt (2018b), zuletzt geprüft am 04.05.2018.

¹⁰ Daten entnommen aus Statistisches Bundesamt (2018a), zuletzt geprüft am 04.05.2018 und Statistisches Bundesamt (2018a), zuletzt geprüft am 04.05.2018.

Die Preisentwicklung am Immobilienmarkt ist ebenfalls ein wichtiges Kriterium für den langfristigen Erfolg einer Immobilieninvestition. Als Indikator und Beurteilungsmaßstab kann der Immobilienindex herangezogen werden. Im vorliegenden Forschungsvorhaben dient der Immobilienindex zur Prognose der erzielbaren Mieterlöse. In Deutschland existieren eine Vielzahl an Anbietern von Immobilienindizes (z. B. Verband deutscher Pfandbriefbanken, Institut der deutschen Wirtschaft, Jones Lang LaSalle, BulwienGesa etc.). Dies ist insbesondere dadurch zu begründen, dass sich die Beschaffung der Basisdaten schwierig darstellt. Grundsätzlich ist bei der Ermittlung von Immobilienindizes zwischen dem transaktionsbasierten und dem bewertungsbasierten Verfahren zu unterscheiden. Bei dem transaktionsbasierten Verfahren dienen die tatsächlichen Kaufpreise der einzelnen Transaktionen als Berechnungsgrundlage. Da die Kaufpreise in Deutschland nicht öffentlich bekannt gegeben werden, werden transaktionsbasierte Immobilienindizes nur von Akteuren der Immobilienwirtschaft (z. B. Makler, Verbände etc.) herausgegeben. Das bewertungsbasierte Verfahren stützt sich auf Basisdaten von Wertgutachten. Maßgebende Faktoren sind dabei Mietpreisänderungen. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist die aufwändige Immobilienbewertung.¹¹

In Abbildung 5-5 ist der BulwienGesa-Immobilienindex dargestellt. Die Darstellung unterteilt in den Immobilienindex Wohnen¹², Gewerbe¹³ und Gesamt¹⁴. Die Ermittlung dieses Index erfolgt transaktionsbasiert. Im Vergleich zum VPI (siehe dazu Abbildung 5-4) ist festzustellen, dass sich der Immobilienmarkt bis zum Jahr 2000 eher unterdurchschnittlich entwickelt hat. Erst seit der Jahrtausendwende liegen die Miet- und Preissteigerungen über dem VPI. Im Zeitraum von 1992 bis 2016 ergibt sich ein jährlicher Anstieg der Immobilienpreise im Bereich Gewerbe von 0,3 % und im Bereich Wohnen von 1,99 %. Bei Betrachtung der letzten 10 Jahre (2006 bis 2016) ergibt sich eine Steigerungsrate für den Bereich Gewerbe von 1,9 % und für den Bereich Wohnen von 3,39 %.

¹¹ Weiterführende Informationen beispielsweise in Gohs (2014), S. 11 ff.

¹² Der Immobilienindex Wohnen beinhaltet folgende Einzelsegmente: Eigentumswohnung neu, Wohnungsmiete Neubau, Wohnungsmiete Wiedervermietung, Reihenhaus und Grundstück Einfamilienhaus.

¹³ Der Immobilienindex Gewerbe beinhaltet folgende Einzelsegmente: Einzelhandelsmiete 1a-Lage, Einzelhandelsmiete Nebenlage, Büromiete City, Gewerbegrundstück.

¹⁴ Der Immobilienindex Gesamt setzt sich aus dem Immobilienindex Wohnen und Gewerbe zusammen.

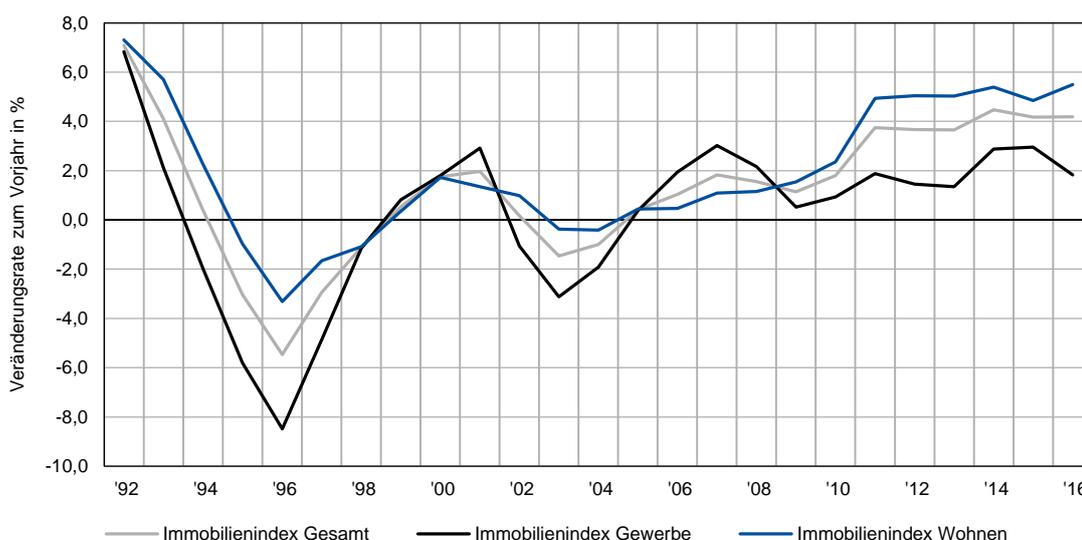


Abbildung 5-5: Entwicklung des Immobilienindex für Wohnen und Gewerbe¹⁵

Figure 5-5: Development of the property index for residential and commercial buildings¹⁵

5.2.5 Nutzungsspezifische marktwirtschaftliche Daten Selected data of the real estate industry

5.2.5.1 Büroimmobilien Office properties

Bürogebäude prägen das Bild unserer Städte und spielen nach den Wohngebäuden die zweitwichtigste Rolle im deutschen Immobilienmarkt.¹⁶ Wie schon in Abschnitt 5.2.4 beschrieben, hängt die Nachfrage von Büroflächen primär von der Anzahl der Bürobeschäftigten und der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung ab. In Abbildung 5-6 ist die Entwicklung der Leerstandsrate von Büroflächen in Deutschland für die Stadtklassifikation nach BulwienGesa (vgl. Abschnitt 5.2.3) dargestellt. Insbesondere die Entwicklung in den deutschen A-Städten bildet die weltweiten Krisen deutlich ab (Kollaps der Dotcom-Blase im Jahr 2000 und Weltwirtschafts-/Finanzkrise im Jahr 2008). Seit 2010 konnte der Leerstand kontinuierlich abgebaut werden und verringerte sich in den A-Städten von 14,7 Mio. m² auf ca. 10 Mio. m².¹⁷ Die Leerstandsentwicklung der B-, C- und D- Städte erfolgte im Vergleich zu den A-Städten gedämpft, konnte jedoch ebenfalls kontinuierlich abgebaut werden. Dies hängt neben der guten konjunkturellen Entwicklung auch mit dem Abbau von Überkapazitäten bei gleichzeitig geringer Neubautätigkeit zusammen.¹⁸ Der tatsächliche Flächenleerstand liegt jedoch um einiges höher, da Makler und Marktforschungsunternehmen nur Leerstände dokumentieren, die in ei-

¹⁵ Daten entnommen aus Institut der deutschen Wirtschaft Köln e. V. (2017), zuletzt geprüft am 04.05.2018.

¹⁶ Vgl. Rottke/Thomas (2017), S. 150.

¹⁷ Vgl. Feld et al. (2017), S. 116 ff.

¹⁸ Vgl. Dorffmeister/Steininger (2018), S. 67 f.

nem Zeitraum von 3 Monaten wieder am Markt angeboten werden können. Somit erfolgt nur eine Berücksichtigung marktfähiger Objekte. Struktureller Leerstand wird nicht erfasst und bleibt somit unberücksichtigt.¹⁹

Inwieweit auch zukünftig Flächen für Bürotätigkeiten nachgefragt werden, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Dynamische Marktentwicklungen und tendenziell gesättigte Märkte führen jedoch schon heute dazu, dass Gebäude nachgefragt werden, die in immer kürzeren Zyklen unterschiedlichen Nutzeranforderungen entsprechen.²⁰ Geht man von den Berechnungen des Statistischen Bundesamts aus, so wird aus langfristiger Sicht die Zahl der Erwerbstätigen bis 2060 von 49,8 Mio. auf 38,71 Mio. sinken. Dies bedeutet gleichzeitig, dass auch die Zahl der Bürobeschäftigten und somit die Nachfrage nach entsprechenden Flächen bis 2060 sinkt.²¹

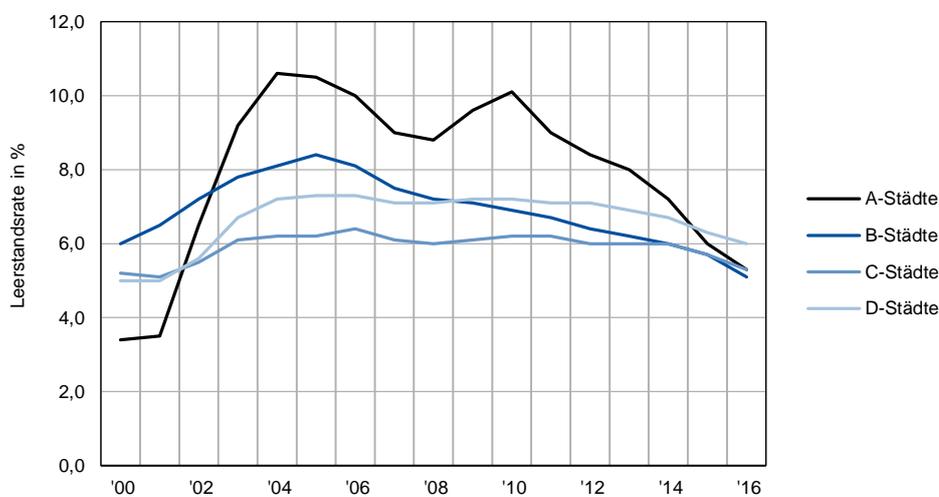


Abbildung 5-6: Leerstandsrate von Büroflächen nach A-, B-, C- und D-Stadtkategorie²²

Figure 5-6: Vacancy rates of office space of A-, B-, C- and D-categorised Cities²²

5.2.5.2 Einzelhandelsimmobilien Retail properties

Einzelhandelsimmobilien sind Gebäude, die Verkaufsflächen für den Endverbraucher beherbergen.²³ Die Teilmärkte werden regelmäßig nach der Größe (z. B. kleinteilige Handelsflächen wie klassische Läden oder großteilige Handelsflächen wie Einkaufszentren) und dem Standort unterschieden.²⁴ Die Struktur und Entwicklung von Einzelhandelsstandorten wird durch das Kaufverhalten und die Nachfrage der Konsumenten bestimmt. Voraussetzung bilden die Vorgaben der Politik und Verwaltung in Form von

¹⁹ Vgl. Vornholz (2014), S. 223.

²⁰ Vgl. Brauer (2013), S. 45 f.

²¹ Weiterführende Informationen zum Beispiel in Just (2013).

²² Daten entnommen aus Feld et al. (2017), S. 117 und Dorffmeister/Steininger (2018), S. 68.

²³ Vgl. Arens (2016), S. 94.

²⁴ Vgl. Rottke/Thomas (2017), S. 154.

stadtplanerischen und generellen gesetzlichen Rahmenbedingungen. Diese Einflussgrößen bilden für Unternehmen die Voraussetzung, eine standortspezifische Betriebsform und eine geeignete Wettbewerbsstrategie zu entwickeln.²⁵

Im vorliegenden Forschungsvorhaben sind Einzelhandels- und Gewerbeflächen von Bedeutung. Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbeurteilung in Kapitel 6 wird davon ausgegangen, dass die Flächen des Erdgeschosses der zu untersuchenden Referenzgebäude für Einzelhandel und Gewerbe genutzt werden.

5.2.5.3 Wohnimmobilien Residential properties

Wohnimmobilien werden für Wohnzwecke genutzt und unterscheiden sich aufgrund verschiedener Eigenschaften voneinander (z. B. Größe, Haushaltsanzahl, Ausstattung etc.).²⁶ Durch die Heterogenität der Wohnimmobilien und die regionalen Besonderheiten des Wohnimmobilienmarktes existieren in Deutschland viele Teilmärkte. Die Entwicklung stellt sich dabei oftmals gegenläufig dar. Dies ist mit der Wanderungsbewegung infolge differenzierter wirtschaftlicher Entwicklungen der Regionen zu begründen.²⁷ In Abbildung 5-7 sind die Leerstandsdaten der Wohnflächen in Deutschland und den 7 A-Städten dargestellt. Es ist zu erkennen, dass das Leerstandsniveau 2016 in den A-Städten unter die Marke von 2,0 % gesunken ist. Die gesamtdeutsche Leerstandsrate lag 2016 bei ca. 3,0 %.

Im Forschungsvorhaben wird die Wohnnutzung im Rahmen der Folgenutzung berücksichtigt. Es wird untersucht, inwieweit die Umnutzung eines Bürogebäudes in ein Wohngebäude aus funktionalen, konstruktiven und wirtschaftlichen Gesichtspunkten realisierbar ist.

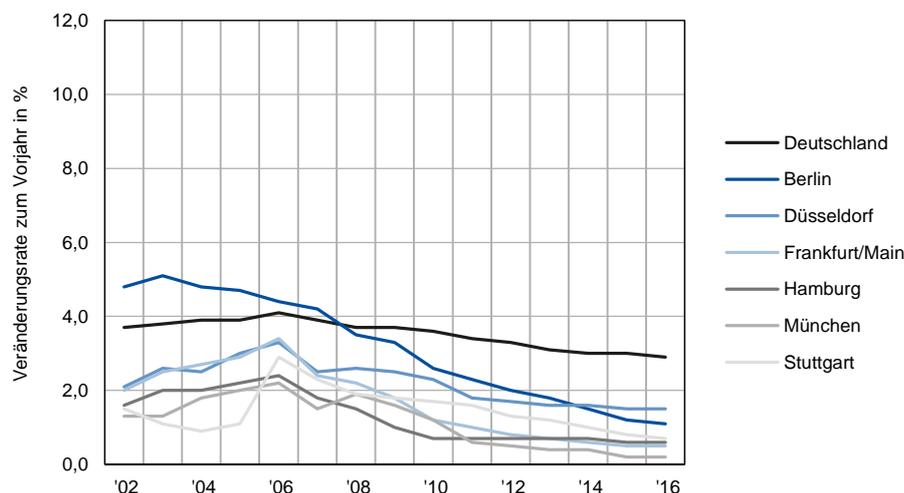


Abbildung 5-7: Leerstandsdaten von Wohnflächen in den A-Städten²⁸

Figure 5-7: Vacancy rates of residential space in A-Cities²⁸

²⁵ Vgl. Vornholz (2014), S. 231 f.

²⁶ Vgl. Arens (2016), S. 86.

²⁷ Vgl. Brauer (2013), S. 54.

²⁸ Daten entnommen aus Statista (2018), zuletzt geprüft am 30.05.2018.

5.2.5.4 Hotelimmobilien Hotel properties

Zu dieser Immobilienkategorie gehören Gebäude, die der Beherbergung dienen. In der Regel findet der Begriff „Hotel“ erst dann Anwendung, wenn mindestens 20 Zimmer und komplette Sanitäreinrichtungen vorhanden sind.²⁹ Insgesamt können Hotelimmobilien nach verschiedenen Kriterien eingeteilt werden. Zu nennen sind beispielsweise Betriebsart, Standorttyp, Ausstattung, Leistung oder Umsatzgröße.

In Abbildung 5-8 sind die Anteile der Hotelklassifizierungen durch den deutschen Hotel- und Gaststättenverband (DEHOGA) dargestellt. Insgesamt wird zwischen fünf verschiedenen Sternekategorien unterschieden. Der Anteil der 3-Sterne und 4-Sterne Hotels nimmt mit insgesamt 92 % den größten Anteil ein.

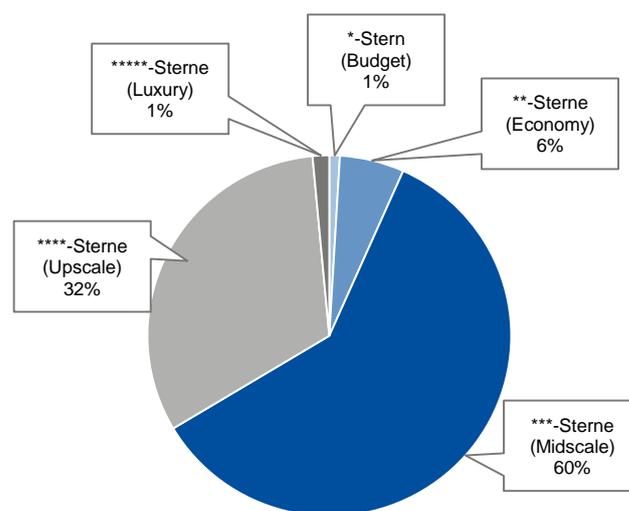


Abbildung 5-8: Anteile der DEHOGA-klassifizierten Hotels in Deutschland³⁰

Figure 5-8: Percentages of DEHOGA-classified hotels in Germany³⁰

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wird die Hotelimmobilie ebenfalls im Rahmen einer möglichen Folgenutzung Berücksichtigt. Für den Investor kann es auf Grundlage spezifischer Randbedingungen relevant sein, über eine Umnutzung in ein Hotel nachzudenken.

5.2.6 Konsequenz Consequence

Im Ergebnis der Markanalyse kann festgestellt werden, dass heutzutage nicht mehr prinzipiell von einer dauerhaften Wertstabilität und Wertsteigerung von Immobilien ausgegangen werden kann. Wie die Darstellungen der Marktentwicklungen in Abschnitt 5.2.5 zeigen, müssen Immobilien in immer kürzeren Abständen wechselnden Anforderungen verschiedener Nutzergruppen entsprechen. Eine zukünftige Herausforderung besteht somit darin, kurzfristig wechselnde Nutzeranforderungen mithilfe von

²⁹ Vgl. Rottke/Thomas (2017), S. 165.

³⁰ Daten entnommen aus Hotelstars (2018), zuletzt geprüft am 30.05.2018.

variablen Gebäudestrukturen zu realisieren und den ökonomischen Mehrwert aufzuzeigen. Die Variabilität und Multifunktionalität von Büro- und Geschäftsgebäuden, insbesondere in innerstädtischen Lagen, wird zunehmend an Bedeutung gewinnen.

5.3 Lebenszyklusmodell **Life-cycle-model**

5.3.1 Überblick **Overview**

In diesem Kapitel werden die Grundlagen für das Berechnungsmodell über den Lebenszyklus dargestellt. Dabei werden die normativen Grundlagen, die Methoden der Investitionsrechnung, die verschiedenen Lebenszyklusphasen sowie der Betrachtungszeitraum beschrieben und für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Kapitel 6 festgelegt.

5.3.2 Allgemeine Anforderungen **General requirements**

5.3.2.1 Normative Grundlagen **Normative principles**

Der Lebenszyklus von Immobilien ist im Vergleich zu anderen Wirtschaftsgütern relativ lang. Sowohl aus betriebswirtschaftlicher als auch aus volkswirtschaftlicher Sicht besteht daher die Notwendigkeit, Gebäude nicht nur anhand der Realisierungskosten zu beurteilen, sondern über den gesamten Lebenszyklus zu betrachten.³¹

Die internationale Norm ISO 15686-5:2008-6 unterscheidet im Rahmen der ökonomischen Bewertung zwischen den Lebenszykluskosten im *engeren Sinn* (Life Cycle Costing) und im *erweiterten Sinn* (Whole Life Cycle Costing).³² Die Lebenszykluskosten im *engeren Sinn* umfassen nur die Kosten in Form von Auszahlungen. Dies betrifft beispielsweise Kosten für die Herstellung, Nutzung, Bewirtschaftung, Instandhaltung oder den Rückbau von Gebäuden. Allerdings sind regelmäßig auch die erzielbaren Erlöse für die Vorteilhaftigkeit einer Investition ausschlaggebend. Dazu ist es notwendig, die Lebenszykluskosten im *erweiterten Sinn* anzuwenden. Diese beziehen neben den Kosten auch die Erlöse in Form von Einzahlungen in die Betrachtung ein. Dazu gehören beispielsweise die Erlöse aus Vermietung oder Verkauf. Weiterhin werden auch externe Kosten und durch das Gebäude verursachte Kosten in die Berechnungen integriert. Die internationale Norm ISO 15686-5:2008-6 enthält neben den Begriffsbestimmungen jedoch nur wenige konkrete Vorgaben zur Berechnung der notwendigen Eingangsparameter. Die möglichen Investitionsrechenverfahren werden im nächsten Abschnitt genauer vorgestellt.

³¹ Vgl. Girmscheid/Lunze (2008), S. 87.

³² Vgl. ISO 15686-5:2008-06, S. 6 ff.

5.3.2.2 *Investitionsrechenverfahren* *Investment calculation methods*

Die Ansätze der allgemeinen Investitionstheorie können generell nach *klassischen* und *modernen Methoden* differenziert werden. Diese unterscheiden sich in Rechenmethodik, Aufwand und Aussagefähigkeit. In Tabelle 5-1 sind die verschiedenen Verfahren dargestellt.

Tabelle 5-1: Verfahren der Investitionsrechnung³³

Table 5-1: Methods of capital budgeting³³

Klassische Verfahren		Moderne Verfahren
Statische Methoden	Dynamische Methoden	VOFI-Kennzahlen
Kostenvergleichsrechnung	Kapitalwertmethode	Vermögensendwert
Gewinnvergleichsrechnung	Annuitätenmethode	Entnahme
Rentabilitätsrechnung	Interne Zinsfußmethode	Rentabilität
Amortisationsrechnung	Payoff-Methode	Amortisationsdauer

Die *klassischen Verfahren* basieren auf einer formelorientierten Berechnung und unterteilen sich in statische und dynamische Verfahren. Die statischen Verfahren basieren auf einer einperiodischen Betrachtungsweise und vernachlässigen die zeitliche Abfolge von Zahlungen.³⁴ Die dynamischen Verfahren basieren hingegen auf der mehrperiodischen Betrachtungsweise. Die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallenden Zahlungen werden mithilfe der Ab- oder Aufzinsung auf einen gemeinsamen Vergleichszeitpunkt normiert.³⁵ Zur Beurteilung von Immobilieninvestitionen eignen sich die klassischen Verfahren nur bedingt, da die getroffenen Annahmen zum Teil intransparent und unrealistisch sind.³⁶

Die *modernen Verfahren* basieren auf den sogenannten Vollständigen Finanzplänen (VoFi) und unterscheiden sich im Vergleich zu den klassischen Verfahren insofern, dass alle mit der Investition verbundenen Zahlungsflüsse direkt und verursachungsgerecht abgebildet werden können.³⁷ Dadurch ist es möglich, verschiedene Bedingungen bezüglich der Finanzmittelaufnahme und -anlage transparent darzustellen.

³³ Vgl. Schulte et al. (2016), S. 593.

³⁴ Vgl. Kruschwitz (2014), S. 29.

³⁵ Vgl. Kruschwitz (2014), S. 33.

³⁶ Vgl. Schulte et al. (2016), S. 604 und Dietrich (2005), S. 189.

³⁷ Vgl. Schulte et al. (2016), S. 604.

5.3.2.3 Lebenszyklusphasen **Life-cycle-phases**

Grundsätzlich kann der Lebenszyklus von Gebäuden in drei übergeordnete Phasen eingeteilt werden:³⁸

- Entstehung,
- Nutzung und
- Verwertung.

Die Phase der Entstehung umfasst die Konzeption, Planung und Realisierung eines Bauprojektes. Die Nutzungsphase umfasst die Nutzung, Instandhaltung, Instandsetzung und Modernisierung. Die Verwertungsphase umfasst den Rückbau und den Abriss eines Gebäudes.

Im Vergleich zur Einteilung in drei Lebenszyklusphasen unterteilt die GEFMA 100-1:2004-07 in insgesamt neun verschiedene Phasen:³⁹

- Konzeption,
- Planung,
- Errichtung,
- Vermarktung,
- Beschaffung,
- Betrieb- und Nutzung,
- Umbau- und Sanierung,
- Leerstand sowie
- Verwertung.

Welche Gliederungsebene gewählt wird, hängt von der Zielstellung des betreffenden Anwendungsfeldes ab.

5.3.2.4 Betrachtungszeitraum **Period**

Zum Vergleich verschiedener Projektalternativen ist es erforderlich, einen einheitlichen Betrachtungszeitraum festzulegen. Dieser ist nach Möglichkeit so zu wählen, dass ein großer Anteil der Nutzungsdauer erfasst wird. Allerdings ist die Prognose zukünftiger Zahlungsströme mit zahlreichen Unsicherheiten verbunden. Daher ist ein Betrachtungszeitraum zu wählen, der sowohl die wichtigen Lebenszyklusphasen beinhaltet, als auch hinsichtlich der Prognoseunsicherheit überschaubar bleibt.

Schulte et al. empfehlen einen Betrachtungszeitraum von bis zu 20 Jahren, da die Prognose der Wertentwicklung von Immobilien mit besonderen Unsicherheiten verbunden ist.⁴⁰

³⁸ Vgl. Glatte (2014), S. 21 f.

³⁹ Vgl. GEFMA 100-1:2004-07, S. 6.

⁴⁰ Vgl. Schulte et al. 2016b, S. 589.

Die GEFMA 220-1:2010-09 definiert als Systemgrenze einen Zeitraum von 25 bis 30 Jahren. Es wird davon ausgegangen, dass sich insbesondere die technischen Möglichkeiten und Anforderungen der zukünftigen Nutzer limitierend auf die Ausdehnung des Betrachtungszeitraumes auswirken.⁴¹

Die Deutschen Gesellschaft für nachhaltiges Bauen e. V. (DGNB) gibt als Referenzwert für die Lebenszyklusbetrachtung einen Zeitrahmen von 50 Jahren vor.⁴²

Die ISO 15686-5:2008-06 gibt keinen spezifischen Betrachtungszeitraum vor. Allerdings wird der maximale Zeithorizont auf 100 Jahre begrenzt.⁴³

5.3.3 Projektbezogene Festlegungen **Project-related specifications**

Zur transparenten Abbildung aller Zahlungsströme wird im Forschungsvorhaben das Investitionsrechenverfahren mit VoFi's angewendet. Dadurch ist es möglich, die Variabilität und Multifunktionalität ausgewählter Referenzgebäude zu bewerten und die getroffenen Annahmen übersichtlich darzustellen. Als Bewertungskennzahl der Investitionsalternativen ist die Eigenkapitalrentabilität von Bedeutung, da mithilfe dieser Kennzahl eine individuelle Beurteilung der Vorteilhaftigkeit eines Investitionsvorhabens vorgenommen werden kann. Die detaillierte Vorstellung des Berechnungsmodells erfolgt in Abschnitt 6.3.

Die Phasen des Lebenszykluskostenmodells wurden auf Basis der Zielstellung des Forschungsvorhabens so gewählt, dass nach der Realisierungs- und Erstnutzungsphase die Umbau- und Folgenutzungsphase anschließt. Durch die differenzierte Kosten- und Erlösermittlung jedes Referenzgebäudes in jeder einzelnen Lebenszyklusphase kann somit eine Aussage über die Variabilität und Multifunktionalität getroffen werden.

Dem Berechnungsmodell wird ein Zeithorizont von 27 Jahren zugrunde gelegt. Dies hängt maßgeblich damit zusammen, dass Betrachtungszeiträume über 30 Jahren⁴⁴ mit nicht mehr kalkulierbaren und abschätzbaren Unsicherheiten verbunden sind. Zudem wurde eine Marktumfrage der Europäischen Kommission zur Flexibilität und Variabilität von Büroflächen durchgeführt. Laut den Ergebnissen dieser Studie wird im europäischen Durchschnitt alle 11,3 Jahre das Büroraumkonzept oder die Nutzung geändert. Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde in Absprache mit dem projektbegleitenden Ausschuss ein Erst- und Folgenutzungszeitraum von 12 Jahren festgelegt. Die Dauer der einzelnen Lebenszyklusphasen wurde folgendermaßen vorgenommen:

- Jahr 1 bis 2: 2 Jahre für Planung, Realisierung und Inbetriebnahme

⁴¹ Vgl. GEFMA 220-1:2010-09, S. 5.

⁴² Vgl. Lemaitre (2012), S. 192.

⁴³ Vgl. ISO 15686-5:2008-06, S. 18.

⁴⁴ Die deutlich längere Lebensdauer von Gebäuden (50 bis 100 Jahre) wird im Lebenszykluskostenmodell dadurch berücksichtigt, dass für die Referenzgebäude ein monetärer Restwert angenommen wird.

- Jahr 3 bis 14: 12 Jahre für die Nutzung im Rahmen der vorgesehenen Erstnutzung
- Jahr 15: 1 Jahr für Umbau in die Folgenutzungsart
- Jahr 16 bis 27: 12 Jahre für die Nutzung im Rahmen der vorgesehenen Folgenutzung

In Abbildung 5-9 ist die Abfolge der genannten Lebenszyklusphasen grafisch dargestellt.

Die jeweiligen Nutzungsarten in der Erst- und Folgenutzungsphase werden auf Basis von Szenarien festgelegt. Diese werden im folgenden Abschnitt detailliert beschrieben und dargestellt.



Abbildung 5-9: Lebenszyklusmodell

Figure 5-9: Life Cycle Model

5.4 Szenarioanalyse Scenario analysis

5.4.1 Überblick Overview

Zukünftige Marktentwicklungen und mögliche Umnutzungsvarianten ursprünglich geplanter Gebäude können mithilfe eines Wirtschaftlichkeitsmodells nicht direkt abgebildet werden. Daher ist es notwendig, Methoden zur Prognose zukünftiger Entwicklungen anzuwenden. Die Szenariotechnik bietet die Möglichkeit, zukünftige Entwicklungen von relevanten Schlüsselfaktoren mithilfe definierter Zukunftsbilder darzustellen und zu bewerten.⁴⁵ Im Folgenden werden die Grundlagen der Szenarioanalyse beschrieben und die Festlegungen im Rahmen des Forschungsvorhabens vorgestellt.

5.4.2 Allgemeine Anforderungen General requirements

Ein Szenario bezeichnet die Zusammenfassung aller relevanten Informationen hinsichtlich einer zukünftigen Entwicklung. Dazu werden sogenannte Annahmebündel entworfen. Diese bilden die Grundlage, um die Auswirkungen auf ein festgelegtes Untersuchungsfeld zu bewerten.⁴⁶

In der Literatur findet man zur Charakterisierung von Szenarien häufig die Trichterdarstellung. Die seitlichen Begrenzungen des Trichters bilden die Extremszenarien ab (Best Case, Worst Case). Zwischen den Extremszenarien öffnet sich ein Korridor, der eine beliebige Anzahl unterschiedlicher Szenarien beinhalten kann.⁴⁷ Die individuelle Konstruktion der Szenarien hängt vom jeweiligen Forschungsinteresse ab. So können

⁴⁵ Vgl. Kosow et al. (2008), S. 9 f.

⁴⁶ Vgl. Schäfers/Wurstbauer (2016), S. 1052.

⁴⁷ Vgl. Rose (2017), S. 114 f..

aus dem Spektrum der Szenarien gezielt Wahrscheinlichkeits-, Extrem- oder Wunschscenarien ausgewählt werden.⁴⁸

Szenarien können zur Erreichung verschiedener Ziele eingesetzt werden und erfüllen unterschiedliche Funktionen. Dazu gehören:

- Wissensfunktion,
- Kommunikationsfunktion,
- Zielbildungsfunktion und
- Entscheidungsfindungsfunktion.⁴⁹

Im vorliegenden Forschungsvorhaben steht die Funktion der Entscheidungsfindung im Fokus. Daher wird auf eine weiterführende Erläuterung der anderen genannten Begriffe verzichtet. Die Funktion der Entscheidungsfindung hat zum Ziel, Handlungsoptionen auf Basis der entwickelten Szenarien zu formulieren. Meist werden bei dieser Vorgehensweise alternative Szenarien verglichen, um die Auswirkungen unterschiedlicher Entwicklungen bewerten zu können.⁵⁰

Insgesamt läuft der Szenarioprozess in mehreren Phasen ab. Im Folgenden ist die Einteilung in insgesamt fünf Phasen dargestellt:

- Phase 1: Szenariofeldbestimmung,
- Phase 2: Schlüsselfaktoridentifikation,
- Phase 3: Schlüsselfaktoranalyse,
- Phase 4: Szenariengenerierung und
- Phase 5: Szenariotransfer.⁵¹

Die genannten Phasen bilden die Basis, um das Untersuchungsfeld Szenarien genau zu definieren und die Wirkung auf das Untersuchungsfeld zu generieren.

5.4.3 Projektbezogene Festlegungen **Project-related specifications**

Im Rahmen des Forschungsvorhabens soll untersucht werden, inwieweit sich eine Investition in die Variabilität und Multifunktionalität von Büro- und Geschäftsgebäuden über den Lebenszyklus aus monetären Gesichtspunkten für den Investor lohnt. Dazu ist es notwendig, Szenarien zu entwickeln, die verschiedene Variabilitäts- und Multifunktionalitätsgrade sowie mögliche Folgenutzungsarten abbilden.

In enger Abstimmung mit den einzelnen Forschungsstellen und dem projektbegleitenden Ausschuss wurden drei verschiedene Referenzgebäude mit verschiedenen Variabilitätsgraden (gering, mittel, hoch) entwickelt (Kapitel 3.8). Diese werden nach einer Erstnutzungsphase in die Nutzungsarten „Wohnen“, „Hotel“ und „gemischte Nutzung“⁵²

⁴⁸ Vgl. Kosow et al. (2008), S. 13 f.

⁴⁹ Vgl. Kosow et al. (2008), S. 16 ff.

⁵⁰ Vgl. Kosow et al. (2008), S. 16.

⁵¹ Vgl. Kosow et al. (2008), S. 19 ff.

⁵² Bei der „gemischten Nutzung“ werden etagenweise mehrere Nutzungsarten kombiniert. Im vorliegenden Forschungsvorhaben wurde für diese Umbauvariante die Umnutzung des dritten bis fünften

transformiert. Daraus ergeben sich insgesamt 9 Szenarien. Allerdings wird die Umnutzung des Referenzgebäudes mit geringer Variabilität in die „gemischte Nutzung“ ausgeschlossen, da die notwendigen konstruktiven Voraussetzungen (z. B. Deckenaufbau, TGA-verlegung etc.) nicht erfüllt sind und ein Umbau somit nicht mit moderaten Eingriffen realisiert werden kann. In Abbildung 5-10 sind die Szenarien über den festgelegten Betrachtungszeitraum abgebildet. Die gestrichelte Darstellung des Verbindungspfeils stellt das Szenario dar, welches in der Betrachtung ausgeschlossen wird.

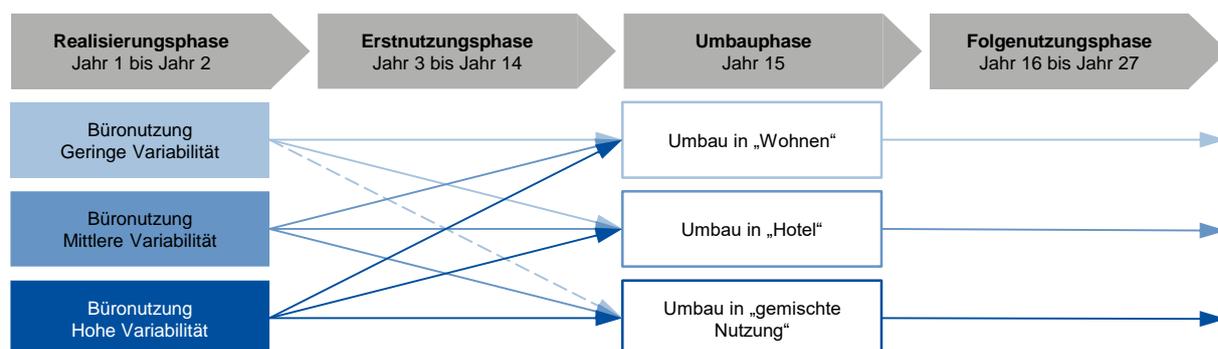


Abbildung 5-10: Szenarien für die wirtschaftliche Bewertung der Variabilität und Multifunktionalität von Büro- und Geschäftsgebäuden

Figure 5-10: Scenarios for the economic evaluation of the variability and multifunctionality of office and commercial buildings

5.5 Berücksichtigung von Risiken Consideration of risks

5.5.1 Überblick Overview

Investitionsentscheidungen werden auf Basis von Wirtschaftlichkeitsberechnungen getroffen. Diese Berechnungen sind zukunftsorientiert und berücksichtigen damit zwangsläufig eine Vielzahl von Annahmen zu allen Eingangsparametern und zur Entwicklung der Standort- und Marktsituation. Damit sind nicht nur die grundlegende Entscheidung der Nutzungsart, sondern alle gewählten Ansätze im Berechnungsmodell mit Unsicherheit behaftet. Zum einen sind alle Kosten- und Erlösansätze, die mit Hilfe von Vergleichswerten ermittelt werden, risikobehaftet und zum anderen steigt die Prognoseunsicherheit für Kosten, Erlöse und Auslastung mit zunehmendem Betrachtungszeitraum.⁵³ Investitionsentscheidungen müssen dennoch vor der Errichtung und der eigentlichen Nutzung getroffen werden und sind damit faktisch nicht mehr revidierbar.⁵⁴

Obergeschosses in „Wohnen“ festgelegt. Das erste und zweite Obergeschoss stehen weiterhin für die Nutzungsart „Büro“ und das Erdgeschoss für die Nutzungsart „Einzelhandel/Gewerbe“ zur Verfügung.

⁵³ Vgl. Schmuck (2016), S. 97.

⁵⁴ Vgl. Gürtler (2007), S. 40.

Unsichere Situationen sind dadurch gekennzeichnet, dass die Konsequenzen möglicher Handlungsalternativen nicht genau bestimmbar sind.⁵⁵ Götze und Kruschwitz unterscheiden hierzu verschiedene Arten von Unsicherheiten. Es existieren *Ungewissheitssituationen* bei der die Eintrittswahrscheinlichkeit der Eingangsparameter im Vorfeld der Investitionsentscheidung nicht angegeben werden kann oder *Risikosituationen* bei denen die Eintrittswahrscheinlichkeiten verschiedener Zukunftslagen bekannt sind.⁵⁶

5.5.2 Unsicherheit bei Investitionsentscheidungen Uncertainty for investment decisions

Um Unsicherheiten bei Investitionsentscheidungen analysieren zu können, sind komplexe Zusammenhänge in einem Investitionsmodell vereinfacht darzustellen (vgl. Abschnitt 5.3 und 5.4). Diese Modelle werden nach Anzahl der Eingangswerte und dem zeitlichen Einfluss unterschieden. In Abbildung 5-11 sind diese verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten dargestellt.

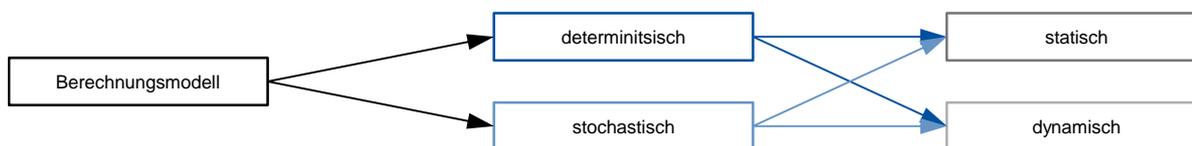


Abbildung 5-11: Modellbildung⁵⁷

Figure 5-11: Modelling⁵⁷

In einer deterministischen Betrachtung wird jeder Eingangsgröße nur ein Wert zugeordnet. In diesen Untersuchungen gelten die Eingangsgrößen und Modellbeziehungen als sicher, wodurch auch sichere Zielgrößen zu erwarten sind. In stochastischen Modellen können jeder Eingangsgröße mehrere Werte zugeordnet werden. Die Wahl der Eingangsgrößenwerte ist zufällig und führt bei jeder Berechnung zu einem anderen Ergebnis. Deshalb werden stochastische Eingangsgrößen durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen beschrieben, mit denen das Eintreten von bestimmten Werten quantifiziert wird.⁵⁸

Die Unterscheidung nach den Merkmalen statisch und dynamisch berücksichtigt den Zeiteinfluss der Eingangsgrößen im Modell. Während sich bei statischen Modellen die Eingangsgrößen nur auf einen Zeitpunkt oder ein Zeitintervall beziehen, berücksichtigen dynamische Modelle auch die zeitliche Veränderung der Eingangsgrößen zum Zeitpunkt ihres Eintretens.⁵⁹

Das im Abschnitt 5.3 dargestellte Lebenszyklusmodell ist ein dynamisches Investitionsrechenmodell bei dem der zeitliche Anfall von Ein- und Auszahlungen im Laufe der Nutzungsdauer berücksichtigt wird. Für die Vielzahl an unsicheren Eingangsgrößen

⁵⁵ Vgl. Schmuck (2016), S. 97.

⁵⁶ Vgl. Götze (2014), S. 367 und Kruschwitz (2014), S. 288.

⁵⁷ Vgl. Hildenbrand (1988), S. 88.

⁵⁸ Vgl. Stiefl (2018), S. 84.

⁵⁹ Vgl. Gürtler (2007), S. 62.

führt lediglich der stochastische Ansatz zu einem belastbaren Ergebnis. Dies gelingt, indem identifizierte Risiken in ihrer Ausprägung analysiert und mit Wahrscheinlichkeitsverteilungen quantifiziert werden.⁶⁰

Zur Untersuchung von Unsicherheiten bei Investitionsentscheidungen können verschiedenen Verfahren angewendet werden. Dazu zählen das Korrekturverfahren, die Sensitivitätsanalyse und die Risikoanalyse mittels Simulation.

Beim *Korrekturverfahren* werden alle Eingangsfaktoren der Investitionsrechnung mit Risikozuschlägen oder -abschlägen versehen. Diese subjektiven Beaufschlagungen bilden häufig nur die schlechteste Zukunftslage ab, während positive Erwartungen unberücksichtigt bleiben.⁶¹ Das Verfahren ist einfach durchführbar, es gelingt damit aber nicht, identifizierte Unsicherheiten transparent abzubilden. Somit ist dieses Verfahren für eine differenzierte Risikobeurteilung nur bedingt geeignet.

Die *Sensitivitätsanalyse* ist ein Verfahren, bei dem die Empfindlichkeit ausgewählter Zielgrößen der Investitionsrechnung auf Veränderungen einer oder mehrerer Eingangsgrößen untersucht wird. Sie zeigt auf, ob einzelne Eingangsgrößen für die Investitionsentscheidung von Bedeutung sind. Allerdings ist die Sensitivitätsanalyse nicht dazu geeignet, Entscheidungsprobleme zu lösen oder Lösungswege zur Bewältigung von Unsicherheiten aufzuzeigen.⁶²

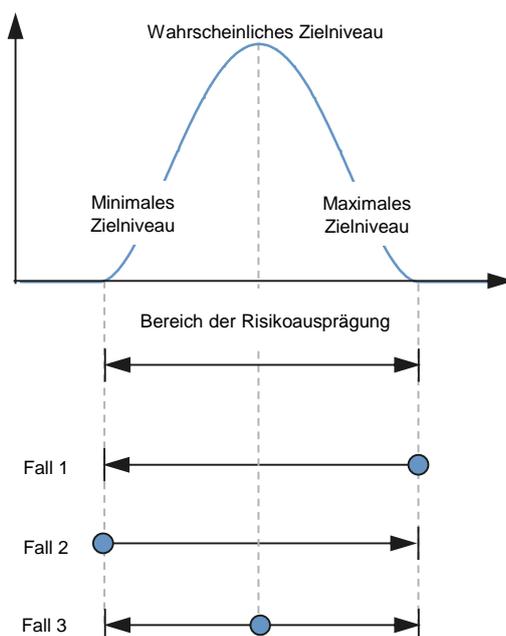


Abbildung 5-12: Zielniveau von Risiken⁶³

Figure 5-12: Target level of risks⁶³

⁶⁰ Vgl. Betge (2000), S. 65 ff.

⁶¹ Vgl. Kruschwitz (2014), S. 310 ff.

⁶² Vgl. Götze (2014), S. 312 ff.

⁶³ In Anlehnung an Schach/Weller/Krause (2016), S. 40; Busch/Girmscheid (2003), S. 13.

Die *Risikoanalyse mittels Simulation* erlaubt es, Risiken nicht nur in ihrer Tragweite sondern auch in ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit zu berücksichtigen. Nach Busch⁶⁴ ist die Tragweite die Größe des Umfangs der Risikoausprägung (z. B. minimal 10 € bis maximal 50 €). In Abbildung 5-12 ist der Zusammenhang zwischen dem Umfang der Risikoausprägung und der Eintrittswahrscheinlichkeit schematisch dargestellt.

Es ist darauf zu achten, die Verteilungsfunktionen so zu wählen, dass die Eintrittswahrscheinlichkeiten der jeweiligen Eingangsgrößen gut abgebildet werden. Die Wahl einer geeigneten Verteilungsfunktion basiert auf Erfahrungen, statistischen Auswertungen oder Experteneinschätzungen.

Auf Grund der durch Verteilungsfunktionen definierten Ausprägung von Risiken, ist das Ergebnis einer stochastischen Simulation stets zu interpretieren. Es dient der Entscheidungsfindung durch die Projektverantwortlichen.

5.5.3 Allgemeine Anforderungen an die Risikoanalyse **General requirements for the risk analysis**

5.5.3.1 Verteilungsfunktionen für unsichere Eingangsgrößen **Distribution functions for uncertain input variables**

Bei stochastischen Experimenten kann eine Vielzahl von Verteilungen verwendet werden. Diese werden in diskrete und stetige Verteilungsfunktionen unterschieden. Während diskrete Verteilungen eine endliche Größe an Zufallsvariablen mit zugehöriger Eintrittswahrscheinlichkeit aufweisen, können die Zufallsvariablen bei stetigen Verteilungen jeden Zwischenwert in einem definierten Intervall $[a, b]$ annehmen.⁶⁵ Damit lassen sich Dichtefunktionen bestimmen, die die Wahrscheinlichkeit angeben, mit der eine stetige Zufallsvariable x einen Wert zwischen festgelegten Intervallgrenzen annimmt ($a \leq x \leq b$).⁶⁶

Stetige Verteilungsfunktionen können mit endlichem, einseitig unendlichem oder beidseitig unendlichem Intervall beschrieben werden.⁶⁷ Für Investitionsrechnungen sind vornehmlich die endlichen Verteilungsfunktionen von Bedeutung, bei denen die Grenzwerte für einen bestimmten Wertebereich festgelegt werden können.⁶⁸ Als wichtigste sind zu nennen:⁶⁹

- die *Rechteckverteilung* (auch als Gleichverteilung bezeichnet),
- die *Dreiecksverteilung* (auch als Simpson-Verteilung bezeichnet) und
- die *Pertverteilung*, als eine Sonderform der Beta-Verteilung.

Die genannten Wahrscheinlichkeitsverteilungen sind in Abbildung 5-13 nochmals schematisch dargestellt.

⁶⁴ Vgl. Busch/Girmscheid (2003), S. 12.

⁶⁵ Vgl. Dürr/Mayer (2017), S. 60.

⁶⁶ Vgl. Stiefl (2018), S. 114.

⁶⁷ Vgl. Beichelt (1995), S. 379.

⁶⁸ Vgl. Nemuth (2006), S. 155.

⁶⁹ Vgl. Girmscheid/Motzko (2013), Götze (2014), Gürtler (2007) und Stiefl (2018).

Die *Dreiecksverteilung* wird gewählt, wenn für die risikobehaftete Variable ein unterer Wert (Minimalwert), ein oberer Wert (Maximalwert) und ein dazwischenliegender wahrscheinlicher Wert (häufigster Wert) festgelegt werden können. Die Wahrscheinlichkeit ergibt sich aus den bestimmten drei Werten implizit.⁷⁰ Die Dichteverteilung ist in Abhängigkeit vom wahrscheinlichsten Wert linksschief (rechtssteil), symmetrisch oder rechtsschief (linkssteil).⁷¹

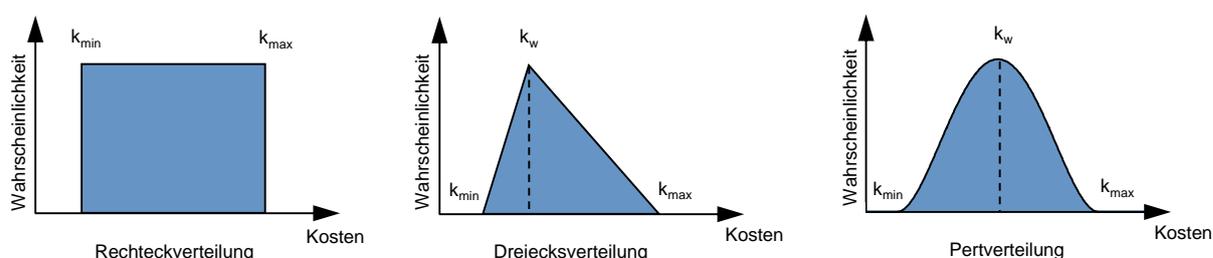


Abbildung 5-13: Wahrscheinlichkeitsverteilungen

Figure 5-13: Probability distributions

Die *Rechteckverteilung* wird verwendet, wenn keine Informationen über die Eintrittswahrscheinlichkeit zwischen den Grenzwerten (Minimal- und Maximalwert) vorliegt. Daher sind für diese Verteilung nur die Parameter für den Minimal- und Maximalwert erforderlich.

Bei der *Pertverteilung*, ist ebenso wie bei der Dreiecksverteilung die Abschätzung des Minimalwertes, wahrscheinlichsten Wertes und Maximalwertes notwendig. Die Besonderheit der Pertverteilung ist, dass Werte in der Nähe des wahrscheinlichsten Wertes eine höhere Eintrittswahrscheinlichkeit aufweisen, als es bei der Dreiecksverteilung der Fall ist. Damit gehen die Bereiche um die Grenzwerte (Minimal- und Maximalwerte) vergleichsweise geringer in die Berechnung ein.⁷² Ebenso wie die Dreiecksverteilung können Pertverteilungen linksschief, symmetrisch oder rechtsschief sein.

Die projektbezogenen Festlegungen zur Wahl der Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Eingangsgrößen werden in Abschnitt 5.5.4 beschrieben.

5.5.3.2 *Simulationmethode* *Simulation method*

Das Ziel der Untersuchung ist es, durch Simulationsexperimente mit Zufallszahlen eine stabile Wahrscheinlichkeitsverteilung für die zu untersuchende Zielgröße zu ermitteln.⁷³ Simulationsexperimente mit der Generierung künstlicher Stichproben werden

⁷⁰ Vgl. Gleißner (2011), S. 121.

⁷¹ Vgl. Fahrmeir et al. (2011), S. 287 ff.

⁷² Vgl. Gleißner (2011), S. 124.

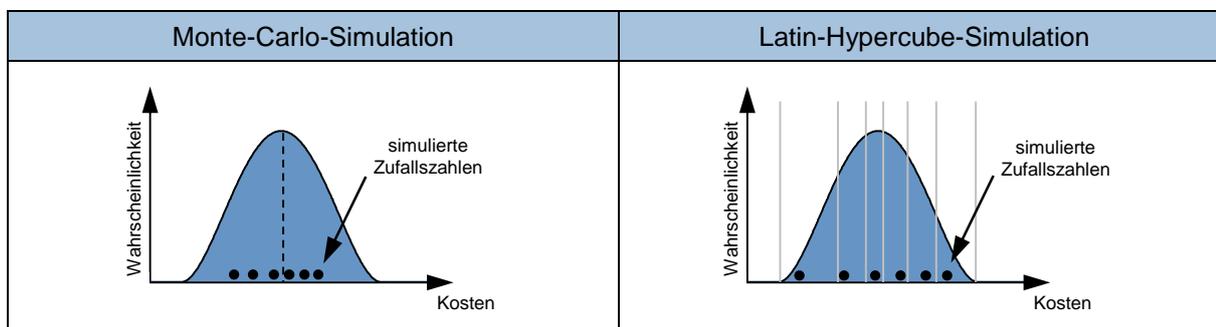
⁷³ Vgl. Hildenbrand (1988), S. 12. Neben Simulationsexperimenten sind auch analytische Methoden anwendbar. Dabei wird die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Zielgröße analytisch aus den einzelnen Verteilungen der Eingangsgrößen bestimmt. Dabei sind für jede Kombination der Eingangsgrößen Zielwerte, Eintrittswahrscheinlichkeiten und Ergebnisverteilungen zu ermitteln. Auf Grund der hohen Komplexität wird diese Methode praktisch nicht angewendet. Vgl. Götze (2014), S. 401 f.

auch als Monte-Carlo-Simulation bezeichnet. Dabei wird aus einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeitsverteilung durch die Erzeugung einer Zufallszahl ein Stichprobenwert ausgewählt.⁷⁴ Im Ergebnis wird ein erster Wert für die Zielgröße berechnet. Nach einer definierten Anzahl von Rechenläufen ergibt sich aus den Einzelwerten schließlich eine Verteilung für die Zielgröße. Dabei ist darauf zu achten, dass die Anzahl der Simulationsläufe so groß ist, dass die Gesamtheit der Stichprobenwerte als repräsentativ für die Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Eingangsgrößen angenommen werden können.⁷⁵ Die Gesamtverteilung der Zielgröße ist im Rahmen aller Projektkriterien zu interpretieren und kann als Entscheidungskriterium für die Investition dienen.

Für das Ziehen der Zufallszahlen können verschiedene Simulationsverfahren angewendet werden. Die Stichprobenauswahl mit der *Monte-Carlo-Simulation* ist rein zufällig. Bereiche innerhalb der Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Eingangsgrößen können häufiger oder weniger gezogen werden.⁷⁶ Dabei kann eine Ballung von Zufallszahlen in einem Teilbereich entstehen (siehe Tabelle 5-2, links). Ein anderes Verfahren ist die *Latin-Hypercube-Simulation*. In diesem Verfahren werden die Wahrscheinlichkeitsverteilungen in Abschnitte unterteilt, aus all denen anschließend die Zufallszahlen generiert werden (siehe Tabelle 5-2, rechts).⁷⁷ Um die Wahrscheinlichkeitsverteilungen mit den beiden Verfahren ähnlich genau abzubilden, ist bei der Monte-Carlo-Simulation eine wesentlich größere Anzahl an Simulationsläufen erforderlich.⁷⁸

Tabelle 5-2: Monte-Carlo- und Latin-Hypercube-Simulation⁷⁹

Table 5-2: Monte-Carlo- and Latin-Hypercube-Simulation⁷⁹



Mit Hilfe von Simulationsprogrammen wie beispielsweise @RISK, Crystal Ball oder Insight.xla, die als Add-On Lösung auf Microsoft Excel aufbauen, können sowohl Monte-Carlo- als auch Latin-Hypercube-Simulationen durchgeführt werden. Dabei werden die

⁷⁴ Vgl. Perridon/Steiner/Rathgeber (2017), S. 136. Die Monte-Carlo-Simulation wird wegen der Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung auch als stochastische Simulation bezeichnet. Rubinstein/Kroese (2017), S. 11.

⁷⁵ Vgl. Götze (2014), S. 402.

⁷⁶ Vgl. Busch (2005), S. 66.

⁷⁷ Vgl. Fang/Li/Sudjianto (2006), S. 47 ff.

⁷⁸ Vgl. Busch (2005), S. 66 ff.

⁷⁹ In Anlehnung an Kautt/Wieland (2001), S. 80 ff.

Zielgrößen durch die Erstellung einer Verteilungsfunktion über die Summe der Zielwerte berechnet.⁸⁰

5.5.3.3 Analyse und Interpretation der Zielgrößenverteilung Analysis and interpretation of the target distribution

Grundlage für die Auswertung der Simulationsexperimente ist die Wahrscheinlichkeitsverteilung der untersuchten Zielgröße. Die Zielgrößenverteilung lässt sich grafisch als Dichte- oder Verteilungsfunktion darstellen (siehe Abbildung 5-14), anhand derer verschiedene Aussagen abgeleitet werden können.⁸¹

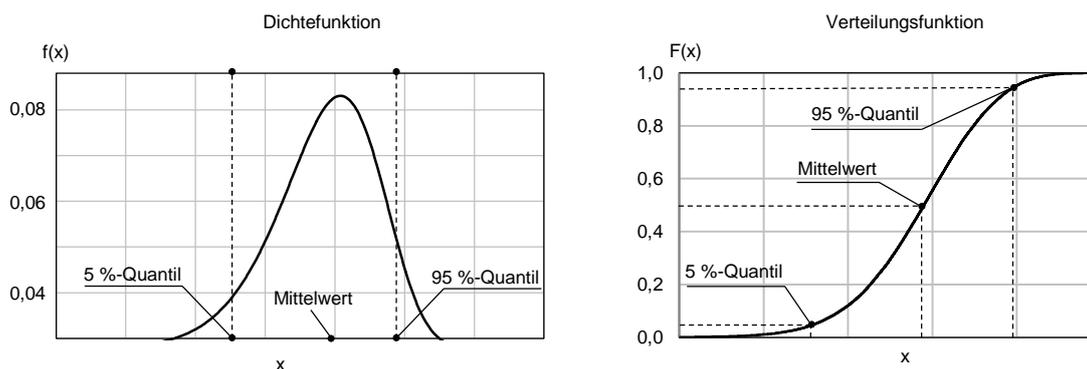


Abbildung 5-14: Beispiel für Dichte- und Verteilungsfunktion⁸²

Figure 5-14: Example of density and distribution function⁸²

Aus der Dichtefunktion lässt sich die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einzelner Ereignisse (x) ableiten. Darüber hinaus sind Bereiche ablesbar, in denen die wesentlichen Ereignisse auftreten (z. B. 90 % der Ereignisse). Mit der kumulierten Erfassung von Wahrscheinlichkeiten in der Verteilungsfunktion, lassen sich zudem Schwellenwerte bestimmen, bei denen die Wahrscheinlichkeit von Ereignisgrößen über- oder unterschritten wird.⁸³ Aus der Darstellung einer Verteilungsfunktion ist damit für jedes Ereignis ablesbar, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein bestimmter Wert erreicht werden kann.⁸⁴

Wahrscheinlichkeitsverteilungen lassen sich durch verschiedene quantitative Größen beschreiben, wie z. B. Lage, Streuung, Wölbung oder Schiefe. Aus der Lage und Form der Verteilung können Rückschlüsse auf Höhe und Streuung der Zielgröße gezogen werden. Je flacher beispielsweise der Kurvenverlauf in einer Verteilungsfunktion ist, desto größer ist die Streuung der Zielgröße.⁸⁵ Aus der Zielgrößenverteilung lassen sich weiterhin signifikante Kennzahlen ableiten. Die Wichtigsten sind Erwartungswert, Median, Modalwert und Quantile.

⁸⁰ Vgl. Gürtler (2007), S. 69.

⁸¹ Vgl. Girmscheid/Motzko (2013), S. 360.

⁸² Vgl. Schmuck (2016), S. 102.

⁸³ Vgl. Hölscher/Kalhöfer (2015), S. 49 f.

⁸⁴ Vgl. Götze (2014), S. 404.

⁸⁵ Vgl. Blohm/Lüder/Schaefer (2012), S. 250.

Der *Erwartungswert* beschreibt den Mittelwert einer Verteilung. Er stellt sich bei einer großen Anzahl an Wiederholungen ein und charakterisiert eine Verteilung mit einem einzigen Zahlenwert.⁸⁶

Der *Median* entspricht dem 50 %-Quantil der Zielgrößenverteilung. Er wird auch als Zentralwert bezeichnet, da nach Definition 50 % aller Werte einer Verteilung kleiner und 50 % der Werte größer sind als dieser.⁸⁷ Beim Median wird kein Durchschnitt gebildet, so dass Extremwerte keinen Einfluss auf dessen Berechnung haben.⁸⁸

Der *Modalwert* (auch als Modus bezeichnet) ist der am häufigsten auftretende Wert einer stetigen Verteilung. Dieser Lageparameter beschreibt den Wert, bei dem eine Dichtfunktion das Maximum annimmt. Dieser ist aber nicht immer eindeutig, da eine Verteilung auch mehrere Modalwerte besitzen kann. Er ist deshalb für statistische Auswertungen nur selten von Bedeutung.⁸⁹

Die Lageparameter der *Quantile* sind notwendig, um bestimmte Intervalle von Verteilungen zu ermitteln. Mit Quantilen wird ein bestimmter prozentualer Anteil einer Verteilung vom restlichen Teil abgegrenzt. Zu Lokalisierung und Abgrenzung von Extremwerten sowie zum Ausschluss der Minimal- und Maximalwerte wird sehr häufig das 5 %-Quantil und das 95 %-Quantil verwendet (siehe Abbildung 5-14).⁹⁰ Beim 5 %-Quantil liegen 5 % der Werte unterhalb und 95 % oberhalb der zugehörigen Häufigkeit. Beim 95 %-Quantil liegen 95 % der Werte unterhalb und 5 % der Werte oberhalb der zugehörigen Häufigkeit.

5.5.4 Projektbezogene Festlegungen **Project-related specifications**

5.5.4.1 Allgemeine Festlegungen **General specifications**

Bei Investitionsentscheidungen ist eine Vielzahl von Risiken zu berücksichtigen, die in der Planungs-, Realisierungs-, Nutzungs- oder Umnutzungsphase eines Investitionsobjektes auftreten können.

In vorliegenden Forschungsprojekt werden Investitionsentscheidungen an die Auswertungen in einem Lebenszykluskostenmodell gekoppelt. Mit Hilfe von vollständigen Finanzplänen (VoFi's) können monetäre und teilweise nichtmonetäre Risiken abgebildet und bewertet werden. Zu den monetären Risiken zählen Kosten und Erlöse. Nichtmonetäre Risiken sind beispielsweise der Vermietungsgrad oder Standort- und Markteinflüsse. Um die Fragestellung zu klären, welche Risiken mit welcher Ausprägung im Forschungsprojekt zu berücksichtigen sind, ist zunächst eine systematische Erfassung aller wesentlichen Risiken zu gewährleisten. Dazu bietet es sich an, Risiken in Risiko-

⁸⁶ Vgl. Dürr/Mayer (2017), S. 66 ff.

⁸⁷ Vgl. Beichelt (1995), S. 113.

⁸⁸ Vgl. Cottin/Döhler (2013), S. 105.

⁸⁹ Vgl. Stiefl (2018), S. 26.

⁹⁰ Vgl. Zwerenz (2015), S. 98 ff.

arten einzuteilen. In der baubetrieblichen Literatur finden sich keine einheitlichen Bezeichnungen für die Risikoarten. Entsprechend der Problemstellung, bzw. durch das Festlegen auf wirtschaftsbranchentypische Schwerpunkte, wurden unterschiedliche Risikogruppen definiert. In Tabelle 5-3 sind verschiedene Risikoarten zusammengefasst.

Tabelle 5-3: Risikoarten und die Berücksichtigung im Investitionsmodell⁹¹

Table 5-3: Risk types and consideration in the investment model⁹¹

Risikoarten	Berücksichtigung im Investitionsmodell des Forschungsprojektes
Rechtliche Risiken	Beachtung aller rechtlichen Vorschriften in gesamten Untersuchungszeitraum (generelles Risiko)
Terminliche Risiken	Risiken von zeitlichen Verzögerungen in der Realisierungs- und Umbauphase bleiben unberücksichtigt
Finanzielle Risiken	<i>deterministisch</i> durch Expertenentscheidungen für die zusätzlichen Eingangsgrößen (Abschreibungen, Darlehen, Preissteigerungen, Steuern, Zinsen) und <i>stochastisch</i> durch Abbildung mit Wahrscheinlichkeitsverteilungen bei vorliegenden Bewertungsintervallen für Kosten und Erlöse
Technische Risiken	Risiken technischer Veränderungen im Untersuchungszeitraum bleiben unberücksichtigt
Managementrisiken	Risiken des Managements bleiben im Untersuchungszeitraum unberücksichtigt, fließen aber indirekt über Szenarioanalysen und unterschiedliche Vermietungsgrade in die Untersuchung ein
Risiken des Umfeldes	Einflüsse von „außen“, wie z. B. die Infrastruktur, Wandlungen des Marktes oder Einwirkungen werden nicht explizit untersucht, werden aber bei der Festlegung der zusätzlichen Eingangsgrößen indirekt berücksichtigt

Risiken innerhalb der Risikoarten treten sowohl in der Realisierungs- und Umbauphase sowie der Nutzungsphase auf. Es wird auf eine detaillierte Abgrenzung und Auswertung von Einzelrisiken verzichtet, da im Forschungsprojekt variable und multifunktionale Gebäude bewertet werden. Für diese ökonomische Bewertung sind die risikobehafteten Einflussgrößen in „stochastischen Szenarioanalysen“ zu untersuchen (siehe Forschungsantrag, Arbeitspaket 4).

Die projektbezogenen Festlegungen für die Abbildung von Kosten, Erlösen und zusätzlichen Eingangsgrößen über Verteilungsfunktionen wird nachfolgend beschrieben.

5.5.4.2 Wahl der Simulationmethode und Anzahl der Iterationen **Selection of the simulation method and number of iterations**

Zur Modellierung von Risiken im Investitionsmodell sind die Wahl der Simulationmethode und die Festlegung der Anzahl an Simulationsläufen (Iterationen) notwendig. Damit sich die Abweichungen der Ergebnisse in einem vertretbaren Umfang bewegen,

⁹¹ Vgl. Busch/Girmscheid (2003), S. 23 ff.

wurde zur Ermittlung der notwendigen Simulationsläufe (Iterationen) nachfolgendes Beispiel simuliert.

Für ein beliebiges Risiko wurde die Rechteckverteilung als mögliche Abbildung gewählt. Als Eingabewerte für diese Verteilung sind die optimistische (untere) und pessimistische (obere) Grenze zu bestimmen. Zur Vereinfachung sind folgende Grenzen vorgegeben:

- Unterer Grenzwert des Risikos = $R_u = -10.000,-$ Euro
- Oberer Grenzwert des Risikos = $R_o = +10.000,-$ Euro

Der zu erwartende Mittelwert kann wie folgt berechnet werden:

$$\frac{(R_u+R_o)}{2} = \text{Mittelwert} = \frac{(+10.000-10.000)}{2} = 0. \quad (5-1)$$

Da in der Simulation Zufallszahlen zwischen den vorgegebenen Grenzen erzeugt werden, ist es offensichtlich, dass bei nur einer Iteration eine Abweichung von -100% bis $+100\%$ möglich ist. Mit zunehmender Anzahl wird sich das Ergebnis dem berechneten Mittelwert von null Euro annähern.

In Tabelle 5-4 sind die Simulationsergebnisse in Abhängigkeit der Simulationsmethode und der durchgeführten Iterationen dargestellt.

Tabelle 5-4: Vergleich der Simulationsmethoden und Anzahl der Iterationen

Table 5-4: Comparison of simulation methods and number of iterations

Latin-Hypercube-Simulation			Monte-Carlo-Simulation		
Iterationen	Mittelwert	Abw. vom Sollwert	Iterationen	Mittelwert	Abw. vom Sollwert
1	4.797,94 €	47,98 %	1	-3.036,843	-30,37 %
10	273,81 €	2,74 %	10	-1.664,270	-16,64 %
50	13,20 €	0,13 %	50	-1.428,880	-14,29 %
100	-6,51 €	-0,07 %	100	665,760	6,66 %
500	0,29 €	0,01 %	500	-278,100	-2,78 %
1.000	-0,06 €	-0,00 %	1.000	96,450	0,96 %
5.000	0,02 €	0,00 %	5.000	-76,130	-0,76 %
10.000	-0,01	-0,00 %	10.000	33,170	0,33 %
			50.000	-19,440	-0,19 %
			100.000	3,550	0,04 %

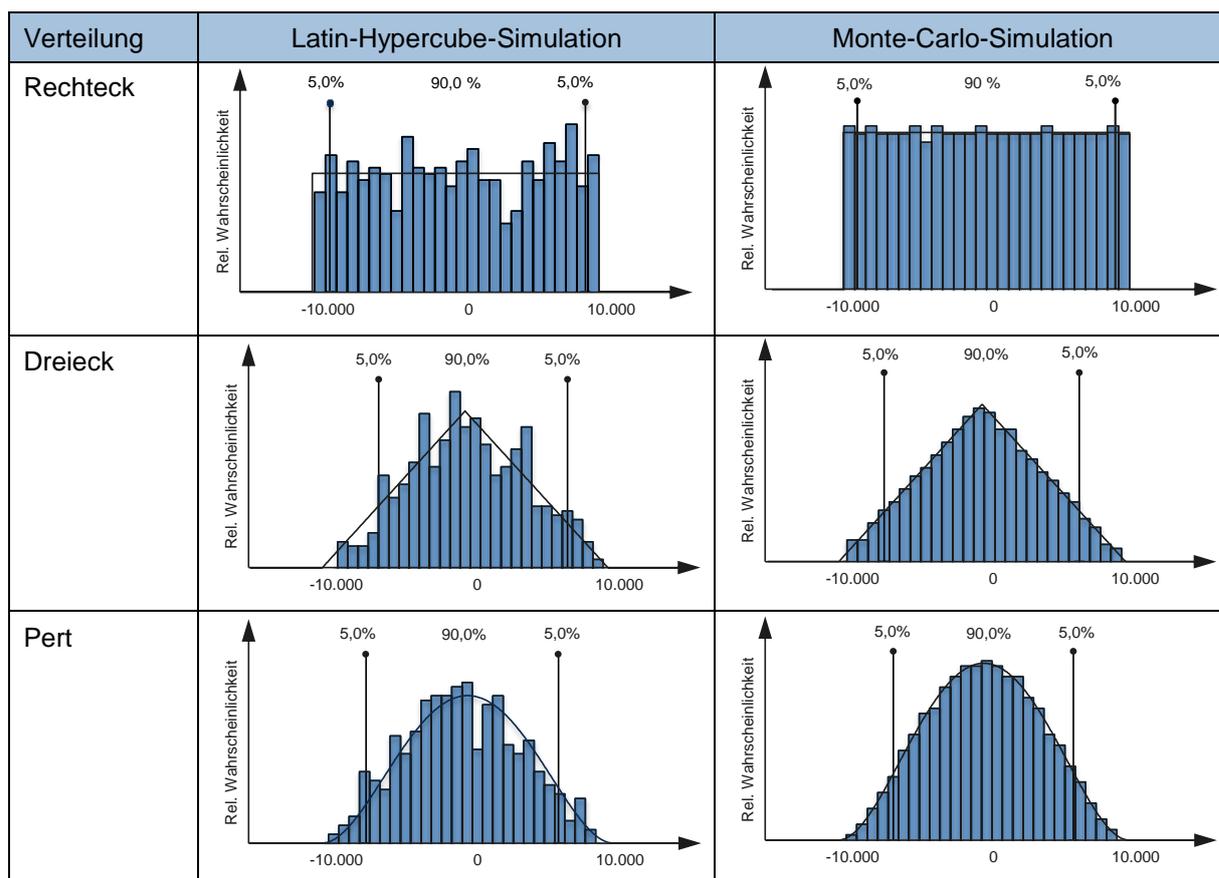
Zu erkennen ist, dass mit zunehmender Anzahl an Iterationen, die Abweichung vom Sollwert bei der Latin-Hypercube-Simulation schneller sinkt als bei der Monte-Carlo-Simulation. Durch die hohe Berechnungsdauer für einhunderttausend und mehr Iterationen und die kaum noch verbesserbare Abweichung sind über zehntausend Simulationsdurchläufe für eine Risikobetrachtung im vorliegenden Forschungsvorhaben wenig praktikabel. Die geringe Abweichung von 0,0001 Prozent bei der Latin-Hypercube-Simulation mit zehntausend Iterationen des vorliegenden Beispiels ist ausreichend, um

ein aussagekräftiges Ergebnis zu erzielen. Für die weiteren Untersuchungen im Investitionsmodell wird deshalb die Latin-Hypercube-Simulation mit 10.000 Iterationen verwendet.

Zur Verdeutlichung des beschriebenen Sachverhaltes sind in Tabelle 5-5 für die Rechteck-, Dreiecks- und Pertverteilungen die Dichtefunktionen für die beiden Simulationsverfahren bei 500 Iterationen gegenübergestellt.

Tabelle 5-5: Gegenüberstellung der Dichtefunktionen mit 500 Iterationen

Table 5-5: Comparison of density functions with 500 iterations



5.5.4.3 Wahl der Verteilungsfunktion Selection of the distribution function

Für die Prognose der Eingangsgrößen (Kosten, Erlöse, zusätzliche Eingangsgrößen) ist aus den vorliegenden Parametern (Minimalwert, Maximalwert, wahrscheinlichster Wert) eine geeignete Wahrscheinlichkeitsverteilung zu wählen. Die Verteilung muss folgende Bedingungen erfüllen:

- *Stetige Verteilung*, zum Erfassen jeden Wertes innerhalb der Intervallgrenzen,
- *Beidseitig endliche Intervallgrenzen*, da die Eingangsgrößen aus abgeschlossenen Projekten abgeleitet werden und damit stets Minimal- und Maximalwerte aufweisen sowie

- *Alle Parameter der Verteilung* müssen aus den Kennwerten abgeschlossener Projekte, Fachliteratur oder Experteneinschätzungen vorhanden sein. Dies betrifft die Intervallgrenzen, den wahrscheinlichsten Wert und verschiedene Formparameter.

In einer Voruntersuchung wurde bestimmt, wie sich die Erwartungswerte der gewählten Verteilungen bei gleicher Anzahl an Simulationsläufen zueinander verhalten. Im Ergebnis waren diejenigen Verteilungen für das Modell zu wählen, die den Erwartungswert nicht zu optimistisch oder zu pessimistisch abbilden.

In dieser Voruntersuchung wurden unter den oben genannten Bedingungen folgende Wahrscheinlichkeitsverteilungen berücksichtigt:

- die *Rechteckverteilung* (erforderliche Parameter: minimaler (min) und maximaler (max) Kostenkennwert) mit:

$$f(x) = \frac{1}{\max - \min}, \quad \text{wenn } \min \leq x \leq \max. \quad (5-2)$$

- die *Dreiecksverteilung* (erforderliche Parameter: minimaler, maximaler und häufigster (c) Kostenkennwert) mit:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{2(x - \min)}{(\max - \min)(c - \min)}, & \text{wenn } \min \leq x < c \\ \frac{2}{\max - \min}, & \text{wenn } x = c \\ \frac{2(\max - x)}{(\max - \min)(\max - c)}, & \text{wenn } c < x \leq \max. \end{cases} \quad (5-3)$$

- die *Pertverteilung* (erforderliche Parameter: minimaler, maximaler und häufigster Kostenkennwert) mit:

$$f(x) = \frac{(x - \min)^{\alpha_1 - 1} (\max - x)^{\alpha_2 - 1}}{B(\alpha_1, \alpha_2) (\max - \min)^{\alpha_1 + \alpha_2 - 1}}$$

$$\text{mit } \alpha_1 = 6 \left[\frac{\mu - \min}{\max - \min} \right],$$

$$\text{mit } \alpha_2 = 6 \left[\frac{\max - \mu}{\max - \min} \right], \quad (5-4)$$

$$\text{mit } \mu = \frac{\min + 4 \cdot c + \max}{6},$$

wenn $\min \leq x \leq \max$,

wenn $c =$ wahrscheinlichster Wert und

B entspricht der Beta – Funktion.

- die *Betaverteilung* (erforderliche Parameter: minimaler und maximaler Kostenkennwert sowie zwei Formparameter α_1 und α_2).

$$f(x) = \frac{(x - \min)^{\alpha_1 - 1} (\max - x)^{\alpha_2 - 1}}{B(\alpha_1, \alpha_2) (\max - \min)^{\alpha_1 + \alpha_2 - 1}} \quad (5-5)$$

$$B(\alpha_1, \alpha_2) = \int_0^1 u^{\alpha_1-1} (1-u)^{\alpha_2-1} du,$$

wenn $\alpha_1 > 0, \alpha_2 > 0$ und $\min \leq x \leq \max$.

In der Voruntersuchung wurde wie folgt vorgegangen:

1. Auswahl einer geeigneten Anzahl repräsentativer Kostenkennwerte (BKI Werte: min, von, mittel, bis und max für die zehn Leitpositionen der Kostengruppe 300)⁹²,
2. Bestimmung der notwendigen Parameter für die Rechteck-, Dreiecks-, Pert- und Betaverteilung (s. o.),
3. Modellierung der Wahrscheinlichkeitsverteilungen für jeden Kostenkennwert mit dem Simulationsprogramm @RISK als Add-On Lösung auf MS-Excel mit jeder o. g. Verteilung,
4. Festlegung einer hinreichenden Anzahl an Simulationsläufen,
5. Wahl der Simulationsmethode,
6. Ermittlung der Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Zielgröße der Gesamtkosten durch Aufsummierung der einzelnen Zielwerte innerhalb jeder Verteilungsart,
7. Vergleich der Erwartungswerte zwischen den verschiedenen Verteilungsarten.

In Tabelle 5-6 sind die Ergebnisse der Voruntersuchung dargestellt. Die konkreten Berechnungs- und Auswertungstabellen sind in Anlage C.1.1 dargestellt. Die Modellierung der Wahrscheinlichkeitsverteilungen erfolgte auf Basis der Minimal- und Maximalwerte sowie den von- / bis-Werten⁹³ des BKI.

Im Ergebnis ist festzuhalten, dass bei gleichen Kostenansätzen für die zehn ausgewählten Leitpositionen, die Erstellung der Verteilungsfunktion über die Summe der Zielwerte bei den verschiedenen Verteilungsfunktionen zu unterschiedlichen Kenngrößen der Kurvenverläufe führt. Dabei stellen sich die Ergebnisse (Mittelwert) der Rechteckverteilung (2.151 € und 2.124 €) und Betaverteilung (2.151 € und 2.124 €) pessimistischer als bei der Dreiecksverteilung (1.934 € und 1.916 €) dar. Die Ergebnisse der Pertverteilung (1.717 € und 1.708 €) sind dagegen optimistischer als bei der Dreiecksverteilung.

Für die Modellierung der Kosten- und Erlösansätze im Lebenszyklusmodell wird auf Basis der vorgestellten Voruntersuchung bevorzugt die Dreiecksverteilung verwendet.

⁹² Die Auswahl erfolgt für wesentliche Konstruktionsbestandteile eines Gebäudes innerhalb der Kostengruppe 300 nach DIN 276.

⁹³ Die von- / bis-Werte des BKI entsprechen dem Streubereich. Besonderheit im Bauwesen ist, dass die Abweichung der Kosten nach oben wahrscheinlicher ist als nach unten. Deshalb werden die Werte oberhalb des Mittelwertes gesondert von den Werten unterhalb betrachtet. Damit haben besonders teure Gebäude keinen Einfluss auf die statistischen Werte unterhalb des Mittelwertes. Vgl. BKI Baukosteninformationszentrum (2016), S. 9.

Dadurch soll vermieden werden, dass das Ergebnis nicht durch die Wahl der Verteilungsfunktion in eine optimistische oder pessimistische Richtung abgelenkt wird. Sind allerdings für einzelne Kostenkennwerte nur die Intervallgrenzen bekannt oder können diese nur durch Experten abgeschätzt werden, wird die Rechteckverteilung verwendet.

Tabelle 5-6: Simulationsergebnisse zum Vergleich der Verteilungsfunktionen

Table 5-6: Simulation results for comparison of the distribution functions

Auswertung	Min	5%	Mittel	95%	Max
Rechteck (BKI-Werte min/max)	1.098 €	1.565 €	2.151 €	2.748 €	3.322 €
Rechteck (BKI-Werte von/bis)	1.167 €	1.571 €	2.124 €	2.679 €	3.094 €
Dreieck (BKI-Werte min/max)	1.175 €	1.519 €	1.934 €	2.390 €	2.982 €
Dreieck (BKI-Werte von/bis)	1.247 €	1.527 €	1.916 €	1.527 €	2.862 €
Pert (BKI-Werte (min/max)	1.141 €	1.391 €	1.717 €	2.085 €	2.557 €
Pert (BKI-Werte von/bis)	1.131 €	1.396 €	1.708 €	2.056 €	2.498 €
Beta-General (BKI-Werte min/max)	1.272 €	1.707 €	2.151 €	2.604 €	3.024 €
Beta-General (BKI-Werte von/bis)	1.320 €	1.690 €	2.124 €	2.552 €	2.922 €

5.6 Ermittlung der Einflussfaktoren – Kosten Determination of the influencing parameters – costs

5.6.1 Überblick Overview

Kosten im Lebenszyklus von Gebäuden werden in Baukosten (Realisierungskosten, Umbaukosten) und Nutzungskosten unterschieden. Ausgenommen davon sind die Kosten des Baugrundstücks (Erwerbs- und Erschließungskosten).⁹⁴ Diese werden ebenso wie Abschreibungen, Darlehen, Steuern, Zinsen und Preissteigerungen den zusätzlichen Eingangsgrößen zugerechnet (siehe Tabelle 5-7). Für Finanzierungsüberlegungen und Investitionsentscheidungen sind diese Kostenanteile in den Gesamtausgaben zu berücksichtigen. Für die ökonomische Bewertung von Gebäuden sind die Bau- und Nutzungskosten strukturiert und detailliert zu ermitteln. Die Genauigkeit und Vollständigkeit der Kostenansätze bestimmt dabei die Fehlertoleranz der Zielgröße. Vorgaben für die Kostengliederung und Kostenermittlung für die Baukosten im Hochbau liefert die DIN 276-1:2008-12.⁹⁵ Für die Nutzungskosten im Hochbau sind Kostengliederung und Kostenermittlung in der DIN 18960:2008-02 geregelt.⁹⁶

⁹⁴ Vgl. Möller/Kalusche (2013), S. 192.

⁹⁵ Vgl. DIN 276-1:2008-12.

⁹⁶ Vgl. DIN 18960:2008-02.

Tabelle 5-7: Einflussgrößen im Lebenszyklusmodell⁹⁷

Table 5-7: Input variables in the life cycle model⁹⁷

Kosten	Erlöse	Zusätzliche Eingangsgrößen
<ul style="list-style-type: none"> - Realisierungskosten - Umbaukosten - Nutzungskosten 	<ul style="list-style-type: none"> - Vermietungsgrad und Miet- höhe für Gewerbe, Büro, Wohnen und Hotel - Verzinsung für Erlösüber- schüsse 	<ul style="list-style-type: none"> - Abschreibungen - Darlehen - Preissteigerungen - Steuern - Erbbauzins

5.6.2 Allgemeine Anforderungen General requirements

Für eine detaillierte Kostenuntersuchung sind zur Erfassung aller Einflüsse Kosten detailliert zu gliedern. Dafür sind Baukosten im Hochbau in der DIN 276-1:2008-12 hierarchisch in Kostengruppen unterteilt. Diese sind in drei Ebenen gegliedert, die je nach Planungsstand in einer der fünf Kostenermittlungsstufen⁹⁸ angesetzt werden. Mit fortschreitender Planung können Mengen und Qualitäten detaillierter bestimmt und damit Kosten präziser eingeschätzt werden. Dies gelingt allerdings nur, wenn auch die angesetzten Kostenkennwerte realistisch abschätzbar sind. Verlässliche und aktuelle Kennwerte können aus abgeschlossenen Projekten gewonnen werden. Diese Daten sind jedoch gebäudespezifisch und aufwendig zu gewinnen. Sind keine dieser Kostendaten verfügbar, eignen sich statistische Kostenkennwerte für die Kostenermittlung. Diese werden zum Beispiel vom Baukosteninformationszentrum (BKI), von SIRADOS oder über das Baupreislexikon von f:data zur Verfügung gestellt. Das BKI liefert dabei dezidierte Kostenkennwerte für Neubauten und Umbaumaßnahmen in Altbauten sowie für Nutzungskosten, gegliedert nach Kostengruppen und Gewerken.^{99,100} SIRADOS stellt in Baupreishandbüchern gewerkebezogene Kosten- und Zeitkennwerte für Neubau, Altbau und Gebäudetechnik zur Verfügung.¹⁰¹ Das Baupreislexikon liefert aktuelle Baupreise in einer online verfügbaren Datenbank. Die Daten liegen ebenso wie bei BKI und SIRADOS in Preisspannen (minimal bis maximal) vor.

Nach Überprüfung des Detaillierungsgrades, der Aktualität und der Nachvollziehbarkeit der Kostenkennwerte, sowie der Abstimmung mit dem projektbegleitenden Ausschuss werden im vorliegenden Forschungsprojekt die Kostenkennwerte des BKI für die Baukostenuntersuchung verwendet. Sind keine Kostenkennwerte verfügbar, werden die Kostenkennwerte aus den anderen Datenbanken herangezogen.

Die Kostenkennwerte des BKI werden aus Vergleichsobjekten abgeschlossener Bauvorhaben in Deutschland ermittelt. Für jeden Kostenkennwert werden ein Mittel-, ein

⁹⁷ Vgl. Stroetmann et al. (2018b), S. 470.

⁹⁸ Die fünf Kostenermittlungsstufen sind: Kostenrahmen, Kostenschätzung, Kostenberechnung, Kostenanschlag und Kostenfeststellung. DIN 276-1:2008-12, S. 4 ff.

⁹⁹ Vgl. BKI Baukosteninformationszentrum (2017).

¹⁰⁰ Vgl. BKI Baukosteninformationszentrum (2018).

¹⁰¹ Vgl. SIRADOS (2016) für Neubau, Altbau und Gebäudetechnik.

Minimal- und ein Maximalwert sowie ein Streubereich (Standardabweichung) angegeben. Die angegebene Kostenspanne berücksichtigt vielfältige Kosteneinflüsse aus Standort, Nutzung, Bauwerksgeometrie und -qualität sowie Marktgegebenheiten.¹⁰² Bei der Verwendung der BKI-Kennwerte ist darauf zu achten, dass die Daten auf Bundesdurchschnitt normiert sind und mit den tatsächlichen regionalen und spezifischen Projektbedingungen abgeglichen werden müssen. Zur Berücksichtigung des Baustandes stellt das BKI regionale Anpassungsfaktoren zur Verfügung.¹⁰³

Die Nutzungskosten nach DIN 18960:2008-02 teilen sich in insgesamt vier Hauptkostengruppen der ersten Gliederungsebene und werden ebenfalls bis zur dritten Gliederungsebene aufgeteilt. In Tabelle 5-8 sind die Kostengruppen von Bau- und Nutzungskosten der ersten Gliederungsebene dargestellt.

Tabelle 5-8: Kostengliederung von Bau- und Nutzungskosten

Table 5-8: Cost classification of construction and operational costs

DIN 276-1:2008-12 Kosten im Bauwesen Teil 1: Hochbau		DIN 18960:2008-02 Nutzungskosten im Hochbau	
KG	Bezeichnung	KG	Bezeichnung
100	Grundstück	100	Kapitalkosten
200	Herrichten und Erschließen	200	Objektmanagementkosten
300	Bauwerk – Baukonstruktion	300	Betriebskosten
400	Bauwerk – Technische Anlagen	400	Instandsetzungskosten
500	Außenanlagen		
600	Ausstattung und Kunstwerke		
700	Baunebenkosten		

Je nach Planungsstand oder vorgegebenen Genauigkeitsanforderungen lassen sich die Kosten in Basiselemente (1. Ebene), Grobelemente (2. Ebene) und Funktionselemente (3. Ebene) gliedern.¹⁰⁴ Die Genauigkeit von verwendeten Kennzahlen für die einzelnen Kostengruppen steigt mit zunehmendem Detaillierungsgrad. Die Genauigkeitsanforderungen der 3. Ebene zur Ermittlung von Realisierungs- und Umbaukosten nach DIN 276-1:2008-12 sind für die Bewertung der Umnutzungsfähigkeit von Gebäuden nicht ausreichend. Deshalb ist die Einführung einer weiteren Gliederungsebene mit Leitpositionen notwendig. In Tabelle 5-9 wird die gewählte Gliederungsstruktur der Realisierungs- und Umbaukosten auszugsweise dargestellt. Eine detaillierte Vorstellung der projektbezogenen Leitpositionen erfolgt in Abschnitt 5.6.3.

¹⁰² Vgl. BKI Baukosteninformationszentrum (2016), S. 11.

¹⁰³ Vgl. BKI Baukosteninformationszentrum (2016), S. 638 ff.

¹⁰⁴ Vgl. Berner/Kochendörfer/Schach (2013), S. 47.

Tabelle 5-9: Auszug aus der Kostengliederungsstruktur nach DIN 276-1:2008-12 mit Leitpositionen¹⁰⁵
Table 5-9: Example of the cost structure according to DIN 276-1:2008-12 and leading positions¹⁰⁵

Kostengruppengliederung nach DIN 276-1:2008-12			Zusätzl. Gliederungsebene
1. Ebene	2. Ebene	3. Ebene	Leitpositionen
100 Grundstück	310 Baugrube	341 Tragende Innenwände	LP 1 Stahlstütze
200 Herrichten & Erschließen	320 Gründung	342 Nichttr. Innenwände	LP 2 Betonstütze
300 Baukonstruktion	330 Außenwände	343 Innenstützen	LP 3 Stahlverbundstütze
400 Technische Anlagen	340 Innenwände	344 Innentüren & -fenster	LP 4 Holzstütze
500 Außenanlagen	350 Decken	345 Innenwandbekleidungen	
600 Ausstattung & Kunstwerke	360 Dächer	346 Element. Innenwände	
700 Baunebenkosten	370 Baukonstr. Einbauten	349 Sonstiges	
	390 Sonstige Maßnahmen		

Die monetäre Bewertung von Realisierungs- und Umbaukosten wird bei unterschiedlichen Gebäudekonstruktionen mit gleichen Infrastrukturbedingungen vornehmlich von den Kosten der Baukonstruktion (KG 300 und KG 400) bestimmt. Um die Umnutzungsfähigkeit unterschiedlicher Gebäudekonstruktionen ohne einen signifikanten Einfluss anderer Kostenkennwerte beurteilen zu können, ist es notwendig, die Kostengruppen Grundstück (KG 100), Herrichten und Erschließen (KG 200), Außenanlagen (KG 500), Ausstattung und Kunstwerke (KG 600) sowie die Baunebenkosten (KG 700) mittels pauschaler Prozentansätze zu integrieren. Ebenso sollen der Baugrund und die individuelle Ausstattung in den Bauwerkskosten die Bewertung nicht beeinflussen. Deshalb werden auch die Kostenkennwerte in der 2. Gliederungsebene der Kostengruppe 300 über Pauschalen berücksichtigt. Dies betrifft die Kosten der Baugrube (KG 310), der Gründung (KG 320), der baukonstruktiven Einbauten (KG 370) und der sonstigen Baukonstruktionen (KG 390). Für die anderen gebäudespezifischen Kostenanteile: Außenwände (KG 330), Innenwände (KG 340), Decken (KG 350) und Dächer (KG 360) werden die Mengen und Kostenkennwerte detailliert ermittelt. Die Mengen werden dabei aus den projektspezifischen Gebäudeplänen und die Kostenkennwerte aus Vergleichswerten für Einzelpositionen des BKI¹⁰⁶ bestimmt (siehe Abschnitt 5.6.3). Die Kosten der technischen Anlagen (KG 400) werden in der Realisierungsphase über einen prozentualen Zuschlag auf die Kosten der Baukonstruktion (KG 300) integriert. In der Umbauphase werden die Kosten für die Umrüstung der technischen Anlagen aus dezidiert in der 2. Ebene der Kostengliederung (KG 410 bis KG 490) ermittelt.

Der Nutzungskostenanteil Kapitalkosten (KG 100) mit Fremd- und Eigenkapital, Abschreibungen und Sonstigen Kapitalkosten werden im Investitionsmodell separat berücksichtigt. Die Objektmanagementkosten (KG 200) mit Personal- und Sachkosten, Fremdleistungen und sonstigen Objektmanagementkosten werden ebenfalls separat über einen pauschalen Ansatz berücksichtigt. Im Investitionsmodell wird dafür eine Projektgesellschaft gegründet, der sämtliche Verwaltungsaufgaben in der Nutzungs-

¹⁰⁵Vgl. Stroetmann et al. (2018a), S. 367.

¹⁰⁶ Vgl. BKI Baukosteninformationszentrum (2018).

phase zugerechnet werden. Die Betriebskosten (KG 300) für Büronutzung und Gewerbe werden aus Vergleichswerten der Oscar-Studie¹⁰⁷, und für Wohnen aus dem fm.benchmarking Bericht¹⁰⁸ ermittelt. Für die Betriebskosten bei Hotelnutzung stehen keine statistischen Vergleichswerte zur Verfügung. Diese werden über eine pauschale Kostenspanne berücksichtigt, die im projektbegleitenden Ausschuss des Forschungsprojektes festgelegt wurden. Die Integration der Instandsetzungskosten (KG 400) wurde im projektbegleitenden Ausschuss ausführlich diskutiert. Diese können aufgrund der kurzen Nutzungsphase entfallen.

5.6.3 Projektbezogene Festlegungen Project-related specifications

Zur Ermittlung der Realisierungskosten sind im Forschungsprojekt für die verschiedenen Kostengruppen nach DIN 276-1: 2008-12 Kostenkennwerte zu ermitteln. Zur Überführung der Kostenkennwerte in Wahrscheinlichkeitsverteilungen (siehe Abschnitt 5.5.4) werden bei den gebäudespezifischen Kostenanteilen (KG 330 bis KG 360) Leitpositionen definiert, denen anschließend Einzelleistungen nach Positionsdaten des BKI¹⁰⁹ zugeordnet werden. Den Kostenelementen der dritten Gliederungsebene nach DIN 276-1:2008-12 werden wesentliche Leitpositionen zugeordnet, mit denen die festgelegten Referenzgebäude beschrieben werden können. Im Gegensatz zu reinen Positionen des BKI, die Leistungspositionen in Einheitspreisverträgen entsprechen, beinhalten die angeführten Leitpositionen teilweise mehrere Einzelpositionen. Damit entsprechen die Leitpositionen komplett herzustellenden Bauelementen. Die pauschalen Ansätze für die restlichen Baukosten werden ebenso aus BKI-Daten gewonnen. Im Folgenden wird die gewählte Kostenstruktur für die Realisierungs- und Umbaukosten vorgestellt. Die zugehörigen Kostenkennwerte sind in Tabelle 5-14 enthalten.

Tabelle 5-10 zeigt die definierten Leitpositionen der Kostengruppe 330. Dabei sind die Kostengruppenelemente der dritten Gliederungsebene dargestellt. Diesen wurden Leitpositionen zugeordnet, die wiederum aus Leistungsbereichen (LB) des BKI zusammengestellt wurden. Die „Nr. LB“ entspricht den gewählten Einzelpositionen des BKI. Die „Bemerkungen“ enthalten gewählte Annahmen, wenn in den Einzelpositionen des BKI notwendige Teilleistungen nicht enthalten sind. Die gewählten Kostenkennwerte zur Bestimmung der Eingangsgrößenverteilung (Minimalwert, wahrscheinlichster Wert, Maximalwert) sind in Tabelle 5-14 enthalten. Die analytische Kalkulation der „*Stahlstütze mit Brandschutz*“ ist in Anlage C.2, Tabelle C-5 und der „*Fassadenfertigteilelemente*“ in Anlage C.2, Tabelle C-6 hinterlegt.

¹⁰⁷ Vgl. Jones Lang LaSalle (2016), S. 10.

¹⁰⁸ Vgl. Rotermund (2016), S. 186.

¹⁰⁹ Vgl. BKI Baukosteninformationszentrum (2018).

Tabelle 5-10 Kostengliederung mit Leitpositionen für Kostengruppe 330 – Außenwände

Table 5-10 Cost breakdown with lead positions for cost group 330 – exterior walls

KG 331				
Tragende Außenwände				
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Mauerwerk herstellen	m ²	012-020	Mauerwerk KS, 24 cm, Planstein	
Stahlbetonwand herstellen	m ²	013-035	Stahlbeton, bis 30 cm, nicht sichtbar, Bewehrung, Schalung, Beton	Bewehrungsgrad mit 6 kg/m ²
Elementwand herstellen	m ²	013-086	Betondoppelwand, 30 cm, Bewehrung, Beton	Bewehrungsgrad mit 6 kg/m ²
Attika herstellen	m ²	013-068	Attika/Überzug, Beton, Schalung, Bewehrung, Verkleidung	Bewehrungsgrad mit 3 kg/m ²
KG 332				
Nichttragende Außenwände				
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Mauerwerk ohne Bekleidung herstellen	m ²	012-020	Mauerwerk KS, 24 cm, Planstein	
KG 333				
Außenstützen				
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Stahlstütze mit Brandschutz herstellen	m	---		analytische Stahlbaukalkulation
Stahlverbundstütze herstellen	m	013-057	Stütze Stahlbeton, Schalung, Bewehrung, Beton, montieren	Bewehrungsgrad mit 5 kg/m bei 30 x 30 cm
KG 334				
Außen Türen und -fenster				
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Tür, zweiflügelig liefern, montieren	St	026-008	Hautür Kunststoff, Zulage für Metalltür	
Tür, einflügelig liefern, montieren	St	026-008	Metalltür, einflügelig	
Brandschutztür / Rauchschutztür einflügelig, liefern, montieren	St	031-031	Stahl-Brandschutztür T30, einflügelig, selbstschließend	
Eingangs-Türelement liefern, montieren	St	026-007	Alu-Glas-Hauseingangsanlage, Geh- und Standflügel	
Kellerfenster liefern, montieren	St	013-096	Kellerfenster, Isolierglas, Wechselzarge	
Fenster bis 2,50 m ² liefern, montieren	St	026-027	Metall-Glas-Fenster, Dreh-/Kippfkt., Isolierglas	
Fenster über 2,50 m ² liefern, montieren	St	026-029	Metall-Glas-Fenster, Dreh-/Kippfkt., Isolierglas	
Tor, elektrisch, liefern, montieren	St	030-015	Rolltoranlage, elektrisch, montiert	
KG 335				
Außenwandbekleidungen, außen				
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Perimeterdämmung und Abdichtung vor Wänden im Erdreich	m ²	018-014/ 018-039	extrudierte Polyesterolplatten bis 160 mm, mit Stufenfalz montiert zzgl. Wandabdichtung Sickerwasser, KMBD, herstellen	
WDVS, Außenwanddämmung, inkl. Putz und Armierung	m ²	023-077	WDVS 280 mm, inkl. Armierung und Putz	Zulage für Putz und Armierung 100 %
Außenwandputze mit Beschichtung herstellen	m ²	023-104/ 034-037	Mineralischer Oberputz, zweilagig zzgl. Beschichtung Silikatfarbe	
Fassadenbekleidung, Blech inkl. Dämmung	m ²	038-026/ 038-016	Wellblech-Fassadenplatten auf Unterkonstruktion, hinterlüftet zzgl. Fassadendämmung hinter vorgehängter Fassade, 160 mm	
KG 336				
Außenwandbekleidungen, innen				
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Innenwandputz mit Beschichtung herstellen	m ²	023-057/ 034-033	Gips-Putz, Innenwand, Q3, Armierung, Untergrundvorbehandlung zzgl. Beschichtung Dispersionsfarbe	
KG 337				
Elementierte Außenwände				
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Fassadenfertigteilelemente	m ²	---		analytische Kalkulation
Pfosten-Riegel-Fassade inkl. Glasaufschub herstellen	m ²	026-031/ 032-003	Pfosten-Riegel-Fassade Metall zzgl. Isolierverglasung mit Montage	
KG 338				
Sonnenschutz				
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Außenjalousie-Anlage liefern, montieren	m ²	030-006	Jalousie/Lamellen außen, elektrisch	in LB keine Größenangabe, Annahme: 3,5 m ² /St
KG 339				
Außenwände, sonstiges				
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Lichtschaft herstellen	St	013-095	Kellerlichtschaft als Betonfertigteile	

In Tabelle 5-11 sind die definierten Leitpositionen der Kostengruppe 340 und den zugehörigen Kostengruppen der dritten Ebene dargestellt. In Tabelle 5-12 sind die definierten Leitpositionen der Kostengruppe 350 dargestellt.

Für die Leitpositionen mit der Bemerkung *“analytische Stahlbaukalkulation”* ist die Kalkulation der Kostenansätze ebenfalls in Anlage C.2, Tabelle C-5 enthalten. Die Kostenkennwerte für das Oberflächenschutzsystem OS 11 wurden Swoboda¹¹⁰ entnommen. Die Kostenansätze für den Hohlraumboden wurden mit Hilfe des Baupreislexikons von f:data ermittelt und sind Anlage C.2, Tabelle C-7 zu entnehmen.

In Tabelle 5-13 sind die definierten Leitpositionen der Kostengruppe 360 dargestellt.

¹¹⁰ Vgl. Swoboda (2015), zuletzt geprüft am 22.05.2018.

Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung
Basic information of the economic evaluation

Tabelle 5-11: Kostengliederung mit Leitpositionen für Kostengruppe 340 – Innenwände

Table 5-11: Cost breakdown with lead positions for cost group 340 – interior walls

KG 341				
Tragende Innenwände				
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Mauerwerk herstellen	m ²	012-020	Mauerwerk KS, 24 cm, 8 DF mit Stoßfugenvermörtelung und Putz	
Stahlbetonwand herstellen	m ²	013-034	Betonwand, bis 25 cm, Ortbeton, Bewehrung, Schalung	Bewehrungsgrad mit 6 kg/m ²
Brandwand errichten	m ²	012-020	Mauerwerk KS, 24 cm	
KG 342				
Nichttragende Innenwände				
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Mauerwerk fertig herstellen	m ²	012-035	Porenbeton, 11,5 cm, nichttragend, Putz und Anstrich	Zulage für Putz und Anstrich (vgl. KG 345)
Trockenbauwand fertig herstellen	m ²	039-040	Trennwand, beidseitig beplankt, doppellagig, Dämmung, Q3	
KG 343				
Innenstützen				
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Stahlstütze herstellen	m	---		analytische Stahlbaukalkulation (vgl. KG 333)
Stahlverbundstütze herstellen	m	013-057	Stütze Stahlbeton, Schalung, Bewehrung, Beton, montieren	Bewehrungsgrad mit 5 kg/m ² bei 30 x 30 cm
KG 344				
Innentüren und -fenster				
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Brandschutztür / Rauchschutztür einflügelig, liefern, montieren	St	031-031	vgl. Stahl-Brandschutztür T30, einflügelig, selbstschließend	
Innentür, einflügelig, liefern, montieren	St	027-011	vgl. Innentür, einflügelig, 875 mm breit ohne bes. Anforderungen	
Wohnungstür liefern, montieren	St	027-025	vgl. Wohnungstür, einflügelig, 875 mm breit mit bes. Anforderungen	
KG 345				
Innenwandbekleidungen				
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Innenwandputz mit Beschichtung	m ²	023-057/ 034-033	Gips-Putz, Innenwand, Q3, Armierung, Untergrundvorbehandlung zzgl. Beschichtung Dispersionsfarbe	
Wandfliesen aufbringen	m ²	024-030	Wandfliesen 15 cm x15 cm, Dünnbett, Verfugung	
KG 346				
Elementierte Innenwände				
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Mobile Trennwandanlage liefern, montieren	m ²	027-067	mobile Trennwandanlage, verfahrbar, verwindungssteif, 20-25 m ²	Ansatz: 22,5 m ²
KG 349				
Innenwände, sonstiges				
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
---	---	---		

Tabelle 5-12: Kostengliederung mit Leitpositionen für Kostengruppe 350 – Decken

Table 5-12: Cost breakdown with lead positions for cost group 350 – slabs

KG 351				
Deckenkonstruktionen				
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Unterzugdecke, 5 kN Nutzlast herstellen	m ²	---		analytische Stahlbaukalkulation
Unterzugdecke, 5/3 kN Nutzlast herstellen	m ²	---		analytische Stahlbaukalkulation
Flachdecke, 3 kN Nutzlast herstellen	m ²	---		analytische Stahlbaukalkulation
TG-Rampe im Gebäude herstellen	m ²	---		Zulagen zur Decke 5 kN nach Kalkulation
Fertigteiltreppe Stahlbeton herstellen	m ³	012-020	Fertigteiltreppe einläufig, bis 9 Stufen	
KG 352				
Deckenbeläge				
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Hohlraumboden 70-100 mm herstellen	m ²	---		Kalkulation über Baupreislexikon
Estrich herstellen	m ²	025-032	Zementestrich schwimmend	
Oberflächenschutzsystem OS 11	m ²	---		entnommen "Parkbauten in Stahlbeton 2015"
Bodenfliesen aufbringen	m ²	024-067	Bodenfliesen Gewerbe, 20 cm x 20 cm, Verfugung	
Natursteinbelag herstellen	m ²	014-027	Plattenbelag, Naturstein auf Estrich, Verfugung	
Bodenbelag, Textil liefern, aufbringen	m ²	036-022	Textiler Belag, Kunstfaser, verklebt	
Bodenbelag, PVC/Linoleum liefern, aufbringen	m ²	036-028	Linoleumbelag über 2,5 mm	
Bodenbelag, Laminat liefern, aufbringen	m ²	036-038	Laminat schwimmend verlegt	
Parkettbelag herstellen	m ²	028-025	Stabparkett Buche, bis 22 mm, versiegelt	
KG 353				
Deckenbekleidungen				
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Deckeninnenputz mit Beschichtung	m ²	023-070/ 034-033	Gips-Putz, Decke, Q3, Armierung, Untergrundvorbehandlung zzgl. Beschichtung Dispersionsfarbe	
Dämmung Kellerdecke herstellen	m ²	023-116	Dämmung bis 140 mm, EPS, dicht gestoßen, verklebt, verdübelt	
Deckenträger Brandschutzverkofterung	m ²	---		analytische Stahlbaukalkulation
Abgehangene Decke herstellen	m ²	039-014	Decke abgehängt, GK/GF, doppellagig, ohne Dämmung, Q3	
KG 359				
Decken, sonstiges				
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Metallgeländer liefern, montieren	m	031-012	Balkon-/Terrassen-/Treppengeländer liefern, montieren	
Brüstung, Glas liefern, montieren	m	031-016	Brüstung, VSG-Ganzglas/Edelstahl liefern, montieren	

Die Kalkulation der Kostenansätze für KG 361 ist in Anlage C.2, Tabelle C-5 enthalten. Die „Lichtkuppel“ und die „Rauch-/Wärmeabzugsanlage (RWA)“ wurden mit dem Baupreislexikon kalkuliert und sind in Anlage C.2, Tabelle C-8 und C-9 enthalten. Das „Kunststofffolie-Dach“ und das „vegetative Dach“ wurden aus Teilleistungen des BKI (Nr. LB) zusammengesetzt und sind dadurch als komplette Bauelemente in den Leitpositionen berücksichtigt. Die Deckenbekleidung des Daches (KG 364) beinhaltet keine Leitpositionen, da die Decke über dem fünften Obergeschoss als Flachdach ausgebildet wird und diese Deckenbekleidung der KG 353 zugeordnet wird. Die Absturz-sicherungselemente auf dem Flachdach (KG 369) wurden mit Hilfe eines Anbieters kalkuliert.¹¹¹

Tabelle 5-14 enthält die ermittelten Kostenkennwerte der vorgestellten Leitpositionen. Für jeden Kostenkennwert sind Minimalwert, wahrscheinlichster Wert, Maximalwert und der Mittelwert der Verteilung aufgeführt. Für alle Leitpositionen wurde die Dreiecksverteilung als Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Modellierung der Eingangsgrößen gewählt (vgl. Abschnitt 5.5.4.3).

Tabelle 5-13: Kostengliederung mit Leitpositionen für Kostengruppe 360 – Dächer

Table 5-13: Cost breakdown with lead positions for cost group 360 – roofs

KG 361		Dachkonstruktionen		
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Unterdachdecke, 5 kN Nutzlast herstellen	m ²	---		analytische Stahlbaukalkulation
Unterdachdecke, 3 kN Nutzlast herstellen	m ²	---		analytische Stahlbaukalkulation
Flachdecke, 3 kN Nutzlast herstellen	m ²	---		analytische Stahlbaukalkulation
KG 362		Dachfenster, Dachöffnungen		
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Lichtkuppel liefern, montieren	St	---	100 x 100 cm, zweischalig, Aufsatzkranz, lüftbar, Dachausstieg	Kalkulation über Baupreislexikon
RWA-Lichtkuppel liefern, montieren	St	---	120 x 120 cm, zweischalig, Aufsatzkranz, lüftbar, Rauchableitung	Kalkulation über Baupreislexikon
KG 363		Dachbeläge		
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Dachentwässerung herstellen	m	022-007	Klempnerarbeiten, Rinnen, Bleche, Anschlüsse, Titanzink	
Kunststofffolie-Dach herstellen	m ²	021-059/	Foliedach, Dachabdichtung, Kunststoffbahn, verschweißt, einlagig mit Gefälledämmung, einlagig, dicht gestoßen, verklebt + Dampfsperre, Bitumen-Schweißbahn, überlappt, verschweißt	
		021-025/		
		021-043/		
		021-059		
Vegetatives Dach mit Kunststofffolie herstellen	m ²	021-059/	Extensive Dachbegrünung, Systemlösung, 15 cm + Foliedach, Dachabdichtung, Kunststoffbahn, verschweißt, einlagig mit Gefälledämmung, einlagig, dicht gestoßen, verklebt + Dampfsperre, Bitumen-Schweißbahn, überlappt, verschweißt	
		021-025/		
		021-043/		
		021-059/003-132		
KG 364		Dachbekleidungen		
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
				ohne Inhalt, da Flachdach = Decke über 5.OG
KG 369		Dächer, sonstiges		
Leitposition	Einheit	Nr. LB	Kurzbeschreibung	Bemerkung
Absturz-sicherungselement /Sekurant liefern, montieren	St	021-111	Flachdach Sekurant, eingebunden	Kalkulation über Anbieter "ABS Safety"

¹¹¹ Vgl. ABS Safety GmbH (2009), zuletzt geprüft am 22.05.2018.

Tabelle 5-14: Kostenkennwerte der Leitpositionen

Table 5-14: Cost values of the lead positions

KG	Bezeichnung	Leitposition	Kennwerte [€/Einheit, brutto]			Mittelwert der Dreiecksverteilung
			MIN	Wahrs. W.	MAX	
331	Tragende Außenwände	Mauerwerk herstellen	40,00	60,00	80,00	60,00
		Stahlbetonwand herstellen	90,00	135,00	170,00	131,67
		Elementwand herstellen	90,00	150,00	190,00	143,33
		Attika herstellen	30,00	50,00	100,00	60,00
332	Nichttragende Außenwände	Mauerwerk ohne Bekleidung herstellen	40,00	60,00	80,00	60,00
333	Außenstützen	Stahlstütze mit Brandschutz herstellen	250,00	275,00	330,00	285,00
Stahlverbundstütze herstellen		65,00	100,00	150,00	105,00	
334	Außentüren und -fenster	Tür, zweiflügelig liefern, montieren	900,00	2.800,00	5.000,00	2.900,00
		Tür, einflügelig liefern, montieren	490,00	1.700,00	3.000,00	1.730,00
		Brandschutztür / Rauchschutztür einflügelig, liefern, montieren	700,00	1.250,00	2.200,00	1.383,33
		Eingangs-Türelement liefern, montieren	1.700,00	5.000,00	10.000,00	5.566,67
		Kellerfenster liefern, montieren	160,00	250,00	340,00	250,00
		Fenster bis 2,50 m² liefern, montieren	750,00	1.600,00	3.300,00	1.883,33
		Fenster über 2,50 m² liefern, montieren	1.500,00	2.400,00	6.000,00	3.300,00
335	Außenwandbekleidungen, außen	Tor, elektrisch, liefern, montieren	2.500,00	7.000,00	11.000,00	6.833,33
Perimeterdämmung und Abdichtung vor Wänden im Erdreich		45,00	65,00	90,00	66,67	
WDVS, Außenwanddämmung, inkl. Putz und Armierung		90,00	120,00	150,00	120,00	
Außenwandputze mit Beschichtung herstellen		17,00	40,00	65,00	40,67	
336	Außenwandbekleidungen, innen	Fassadenbekleidung, Blech inkl. Dämmung	55,00	80,00	100,00	78,33
337	Elementierte Außenwände	Innenwandputz mit Beschichtung herstellen	15,00	35,00	55,00	35,00
Fassadenfertigteilelemente		370,00	560,00	910,00	613,33	
338	Sonnenschutz	Pfosten-Riegel-Fassade inkl. Glasaufdachung herstellen	250,00	850,00	1.640,00	913,33
339	Außenwände, sonstiges	Außenjalousie-Anlage liefern, montieren	60,00	150,00	300,00	170,00
340	Tragende Innenwände	Lichtschacht herstellen	100,00	500,00	1.100,00	566,67
Mauerwerk herstellen		50,00	65,00	85,00	66,67	
341	Tragende Innenwände	Stahlbetonwand herstellen	70,00	110,00	150,00	110,00
Brandwand errichten		50,00	65,00	100,00	71,67	
342	Nichttragende Innenwände	Mauerwerk fertig herstellen	50,00	80,00	105,00	78,33
Trockenbauwand fertig herstellen		40,00	60,00	110,00	70,00	
343	Innenstützen	Stahlstütze herstellen	250,00	275,00	330,00	285,00
Stahlverbundstütze herstellen		65,00	100,00	150,00	105,00	
344	Innentüren und -fenster	Brandschutztür / Rauchschutztür einflügelig, liefern, montieren	700,00	1.250,00	2.200,00	1.383,33
Innentür, einflügelig, liefern, montieren		220,00	450,00	920,00	530,00	
Wohnungstür liefern, montieren		670,00	1.300,00	2.500,00	1.490,00	
345	Innenwandbekleidungen	Innenwandputz mit Beschichtung	15,00	35,00	55,00	35,00
Wandfliesen aufbringen		35,00	55,00	70,00	53,33	
346	Elementierte Innenwände	Mobile Trennwandanlage liefern, montieren	350,00	650,00	1.000,00	666,67
349	Innenwände, sonstiges	---	---	---	---	
351	Deckenkonstruktionen	Unterzugdecke, 5 kN Nutzlast herstellen	140,00	155,00	185,00	160,00
		Unterzugdecke, 5/3 kN Nutzlast herstellen	130,00	145,00	175,00	150,00
		Flachdecke, 3 kN Nutzlast herstellen	130,00	145,00	175,00	150,00
		TG-Rampe im Gebäude herstellen	205,00	230,00	275,00	236,67
		Fertigteiltreppe Stahlbeton herstellen	550,00	1.000,00	1.700,00	1.083,33
352	Deckenbeläge	Hohlraumboden 70-100 mm herstellen	20,00	25,00	30,00	25,00
		Estrich herstellen	15,00	25,00	45,00	28,33
		Oberflächenschutzsystem OS 11	35,00	45,00	55,00	45,00
		Bodenfliesen aufbringen	50,00	75,00	95,00	73,33
		Natursteinbelag herstellen	45,00	120,00	350,00	171,67
		Bodenbelag, Textil liefern, aufbringen	20,00	40,00	75,00	45,00
		Bodenbelag, PVC/Linoleum liefern, aufbringen	17,50	30,00	45,00	30,83
		Bodenbelag, Laminat liefern, aufbringen	25,00	40,00	55,00	40,00
353	Deckenbekleidungen	Parkettbelag herstellen	60,00	90,00	120,00	90,00
Deckeninnenputz mit Beschichtung		20,00	40,00	60,00	40,00	
Dämmung Kellerdecke herstellen		30,00	40,00	60,00	43,33	
Deckenträger Brandschutzverkoerfung		15,00	20,00	25,00	20,00	
359	Decken, sonstiges	Abgehangene Decke herstellen	30,00	50,00	100,00	60,00
Metallgeländer liefern, montieren		140,00	270,00	650,00	353,33	
361	Dachkonstruktionen	Brüstung, Glas liefern, montieren	700,00	950,00	1.200,00	950,00
Unterzugdecke, 5 kN Nutzlast herstellen		140,00	155,00	185,00	160,00	
Unterzugdecke, 3 kN Nutzlast herstellen		130,00	145,00	175,00	150,00	
362	Dachfenster, Dachöffnungen	Flachdecke, 3 kN Nutzlast herstellen	130,00	145,00	175,00	150,00
Lichtkuppel liefern, montieren		1.600,00	1.800,00	2.000,00	1.800,00	
363	Dachbeläge	RWA-Lichtkuppel liefern, montieren	1.800,00	2.000,00	2.200,00	2.000,00
Dachentwässerung herstellen		15,00	35,00	70,00	40,00	
Kunststoffolie-Dach herstellen		40,00	75,00	140,00	85,00	
364	Dachbekleidungen	Vegetatives Dach mit Kunststoffolie herstellen	15,00	20,00	25,00	20,00
369	Dächer, sonstiges	---	---	---	---	
369	Dächer, sonstiges	Absturzicherungselement /Sekurant liefern, montieren	130,00	170,00	200,00	166,67

Die pauschalen Ansätze für die Kostengruppen KG 310 „Baugrube“, KG 320 „Gründung“, KG 370 „Baukonstruktive Einbauten“ und KG 390 „sonstige Baukonstruktionen“ wurden aus Objektdaten des BKI, die vergleichbar mit dem Referenzgebäude sind, bestimmt. Dabei wurden die prozentualen Kostenkennwerte zwischen den Vergleichsobjekten gemittelt. Die prozentualen Ansätze für diese Kostengruppen haben als Basis die Kostengruppe 300. Die Kostenkennwerte für die Kostengruppen 200, 400, 500 und 600 sind ebenfalls gemittelte prozentuale Kennwerte, die sich allerdings auf die Kostengruppe 300 plus 400 als Bezugsgröße beziehen. Die Kostengruppe 100 ist von vielen Faktoren abhängig und kann das Ergebnis im Lebenszyklusmodell stark beeinflussen. Deshalb gehen die Grundstückskosten über den Ansatz des Erbbauzinses in das Berechnungsmodell ein. Die detaillierte Bestimmung dieses Kostenansatzes wird in Abschnitt 6.3.2 beschrieben. Die Baunebenkosten der Kostengruppe 700 werden zum Großteil von Planungskosten bestimmt. Dafür wurde im projektbegleitenden Ausschuss ein pauschaler Kostenansatz von 25 % der KG 300 plus 400 für die Realisierungsphase und 15 % der KG 300 plus 400 für die Umbauphase festgelegt.

In Tabelle 5-15 werden die prozentualen Kostenansätze vorgestellt. Die detaillierte Bestimmung der Kostenkennwerte ist in Anlage C.2, Tabelle C-10 enthalten.

Tabelle 5-15: Pauschale Kostenansätze der Realisierungsphase¹¹²

Table 5-15: Flat cost values of the realisation phase¹¹²

KG	Bezeichnung der Kostengruppe	Bezugseinheit	Kostenkennwerte [% von KG 300+400]			Mittelwert der Dreiecksverteilung
			MIN	Wahrs. W.	MAX	
100	Grundstück		über Ansatz Erbbauzins			
200	Herrichten und Erschließen	m ² GF	0,1	1,2	5,5	2,3
400	Bauwerk - Technische Anlagen	m ² BGF	13,9	23,8	33,8	23,8
500	Außenanlagen	m ² AF	0,3	4,2	11,3	5,3
600	Ausstattung und Kunstwerke	m ² BGF	0,2	2,3	12,4	5,0
700	Baunebenkosten		pauschal 25 % auf KG 300+400			
KG	Bezeichnung der Kostengruppe	Bezugseinheit	Kostenkennwerte [% von KG 300]			Mittelwert der Dreiecksverteilung
			MIN	Wahrs. W.	MAX	
310	Baugrube	m ³ BGI	0,6	1,5	2,7	1,6
320	Gründung	m ² GRF	6,7	10,3	14,9	10,6
370	Baukonstruktive Einbauten	m ² BGF	0,1	1,1	3,0	1,4
390	Sonstige Baukonstruktionen	m ² BGF	2,6	4,6	7,1	4,8

In der Umbauphase sind neben den benannten Kostenansätzen der KG 300 und 700 weitere zusätzliche Kostenanteile für Abbruch (KG 390, KG 490) und Umbaumaßnahmen bei technischen Anlagen in der KG 400 zu berücksichtigen. In Tabelle 5-16 werden diese Kostenansätze vorgestellt. Die detaillierte Bestimmung der einzelnen Kostenkennwerte ist in Anlage C.2, Tabelle C-11 enthalten.

¹¹² Die Kostenkennwerte sind Vergleichsobjekten der BKI 2015 (Neubau, Bauelemente, Positionen) entnommen. Die Abkürzungen der Bezugseinheiten stehen für: GF = Grundstücksfläche, BGF = Brutto-Grundfläche, AF = Außenanlagenfläche, BGI = Baugrubeninhalte, GRF = Gründungsfläche.

Tabelle 5-16: Pauschale Kostenansätze der Umbauphase

Table 5-16: Flat cost values of the renovation phase

KG	Bezeichnung der Kostengruppe	Bezugs-einheit	Kostenkennwerte [€/Einheit, brutto]			Mittelwert der Dreiecksverteilung
			MIN	Wahrs. W.	MAX	
390	Sonstige Baukonstruktionen	m ² BGF	5,51	23,57	41,62	23,57
410	Abwasser, Wasser, Gas	m ² BGF	13,00	26,00	44,00	27,67
420	Wärmeversorgungsanlagen	m ² BGF	36,00	48,00	64,00	49,33
430	Lufttechnische Anlagen	m ² BGF	12,00	37,00	96,00	48,33
440	Starkstromanlagen	m ² BGF	13,00	34,00	77,00	41,33
450	Fernmeldeanlagen	m ² BGF	7,00	18,00	35,00	20,00
490	Sonstige Technische Anlagen	m ² BGF	10,00	26,56	50,00	28,85
700	Baunebenkosten	pauschal 15 % auf KG 300+400				

Die Umbaukosten werden szenarienspezifisch ermittelt. Daher sind die in Tabelle 5-16 angegebenen Kostenkennwerte für jedes Szenario individuell anzupassen. Dies geschieht durch eine prozentuale Abminderung oder Beaufschlagung. Die detaillierte Bewertung der Einzelszenarien wird in Abschnitt 6.2 vorgenommen.

Für die Nutzungskosten wurden die Kostenkennwerte für die Eingangsgrößenverteilungen aus Einzelkostenkennwerten ermittelt. Die nach Oscar-Studie und dem fm.benchmarking-Bericht ermittelten Kostenansätze für die verschiedenen Nutzungsarten sind in Tabelle 5-17 zusammengestellt.

Tabelle 5-17: Ansätze für Nutzungskosten¹¹³

Table 5-17: Approaches to Usage Costs¹¹³

Nutzungsart	Bezeichnung	Kennwerte [€/Einheit/Monat, netto]			Ansatz Büro/Gewerbe	Ansatz Tiefgarage
		MIN	MITTEL	MAX		
Büro/Gewerbe, Tiefgarage	Öffentliche Abgaben	0,52	0,53	0,58	100 %	100 %
	Versicherung	0,09	0,12	0,15	100 %	100 %
	Wartung	0,41	0,51	0,63	100 %	50 %
	Strom	0,30	0,41	0,53	100 %	100 %
	Heizung	0,54	0,54	0,55	100 %	entfällt
	Wasser, Kanal	0,12	0,12	0,12	100 %	entfällt
	Reinigung	0,29	0,33	0,39	100 %	50 %
	Bewachung	0,26	0,28	0,34	100 %	100 %
	Verwaltung	0,31	0,32	0,39	entfällt	entfällt
	Hausmeister	0,25	0,30	0,31	100 %	50 %
Sonstiges	0,04	0,16	0,21	100 %	100 %	
Büro/Gewerbe Gesamt (ohne Verwaltung) [NRF]		2,82	3,30	3,81	Mittelwert = 3,31	---
Tiefgarage Gesamt (gerundet 45 % vom Ansatz Büro) [NRF]		1,27	1,49	1,71	---	Mittelwert = 1,49
(i. M. 130 % von Büro/Gewerbe) [NRF]		3,67	4,29	4,95	Mittelwert = 4,30	
Wohnen (Ansatz für Betriebskosten KG 300) [BGF]		7,55	16,85	23,79	Mittelwert = 16,06	

Die Abschläge für die Betriebskosten der Tiefgarage begründen sich wie folgt:

- für die Tiefgarage wird kein Wasser verbraucht und sie ist unbeheizt sowie
- die Kosten für Wartung (insbesondere elektrische Anlagen), die Reinigung und den Hausmeister wurden mit 50 % der Betriebskosten der Büroflächen angesetzt, da ausschließlich Parkflächen ohne Wände und geringen technischen Installationen vorhanden sind.¹¹⁴

¹¹³ Vgl. Jones Lang LaSalle (2016), S. 10 und Rotermund (2016), S. 186.

¹¹⁴ Die Ansätze wurden im projektbegleitenden Ausschuss diskutiert und abgestimmt.

Der Nutzungskostenansatz für Hotels wurde anhand ähnlicher Gebäudestrukturen nach BKI (Pflegeheime, Pflegestifte)¹¹⁵ bestimmt. Im Mittel ergaben sich 30 % höhere Betriebskosten als üblicherweise bei Büronutzung anzusetzen sind.

5.7 Ermittlung der Einflussfaktoren – Erlöse **Determination of the influencing parameters – proceeds**

5.7.1 Überblick **Overview**

Wie schon in Abschnitt 5.3 beschrieben, ist es für einen Vergleich verschiedener Handlungsalternativen notwendig, sowohl die Kosten als auch die Erlöse in der Lebenszykluskostenbetrachtung zu berücksichtigen. Im Folgenden werden die Grundlagen der Flächenberechnung beschrieben, die erzielbaren Erlöse vorgestellt, und die Kennzahlen für das Wirtschaftlichkeitsmodell in Kapitel 6 ausgewählt.

5.7.2 Allgemeine Anforderungen **General requirements**

5.7.2.1 Grundlagen **Basic informations**

Die Vorteilhaftigkeit einer Investition aus Sicht eines Investors erfordert neben der Rückgewinnung der Anschaffungsausgabe und der laufenden Ausgaben eine ausreichende Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals. Dies setzt voraus, dass die Investition zu laufenden Mieteinnahmen und/oder einem Verkaufserlös führt.¹¹⁶

Die Höhe der Mieteinnahmen für einzelne Nutzungsarten ist abhängig von den örtlichen Marktbedingungen und kann zwischen den Vertragsparteien in den Grenzen des § 5 Wirtschaftsstrafgesetz (WiStG) frei vereinbart werden. Zur Orientierung über die örtlichen Mietpreisniveaus kann für die Wohnnutzung auf örtliche Mietspiegel und für die gewerbliche Nutzung auf die Erhebung von Maklern, Gutachtern oder anderen Akteuren am Immobilienmarkt zurückgegriffen werden.¹¹⁷

Die Höhe der Verkaufserlöse orientiert sich ebenfalls am Preisniveau der regionalen Teilmärkte. Neben den erzielbaren Baulandpreisen für das betreffende Baugrundstück ist im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung am Ende des Betrachtungszeitraums ein Restwert (Exitwert) anzusetzen.

5.7.2.2 Flächendefinition **Area definition**

Bevor die Auswertung der erzielbaren Mieterlöse vorgenommen wird, ist es notwendig, die Bezugsflächen zu definieren. Die DIN 277-1:2016-01¹¹⁸ bildet die Grundlage für die

¹¹⁵ Vgl. BKI Baukosteninformationszentrum (2014), S. 76 ff.

¹¹⁶ Vgl. Möller/Kalusche (2013), S. 275.

¹¹⁷ Vgl. Möller/Kalusche (2013), S. 275.

¹¹⁸ Vgl. DIN 277-1:2016-01.

Flächendefinition und dient zur Ermittlung von Grundflächen und Rauminhalten von Gebäuden. Allerdings werden in dieser Norm keine Mietflächen definiert.

Eine gesetzlich verbindliche Definition für Mietflächen existiert nur für den öffentlich geförderten Wohnraum auf Basis der Wohnflächenverordnung (WoFIV).¹¹⁹ Sowohl für privat finanzierte Wohnungsflächen als auch für Gewerbeflächen existieren keine gesetzlich verbindlichen Definitionen. Um jedoch eine Vergleichbarkeit der Flächen herstellen zu können, ist auf eine alternative Berechnungsgrundlage zurück zu greifen. Die Gesellschaft für immobilienwirtschaftliche Forschung e. V. (gif) hat Richtlinien zur Berechnung der Mietflächen für Wohnraum (MF/W)¹²⁰ und für gewerblichen Raum (MF/G)¹²¹ entwickelt. In Abbildung 5-15 sind die Zusammenhänge der Flächendefinitionen nach DIN 277-1:2016-01 und nach gif MF/W und MF/G dargestellt. Es ist zu erkennen, dass sich die Flächenarten ausgehend von der Bruttogrundfläche (BGF) in die Flächenarten MF/W und MF/G unterteilen. Diese Flächen werden wiederum in Mietfläche und keine Mietfläche unterschieden. In einer weiteren Gliederungsebene wird die Mietfläche von Wohnraum in Wohnungsfläche und Nebenfläche unterschieden. Die Mietfläche von gewerblichen Raum wird in exklusive und gemeinschaftliche Mietfläche unterschieden.

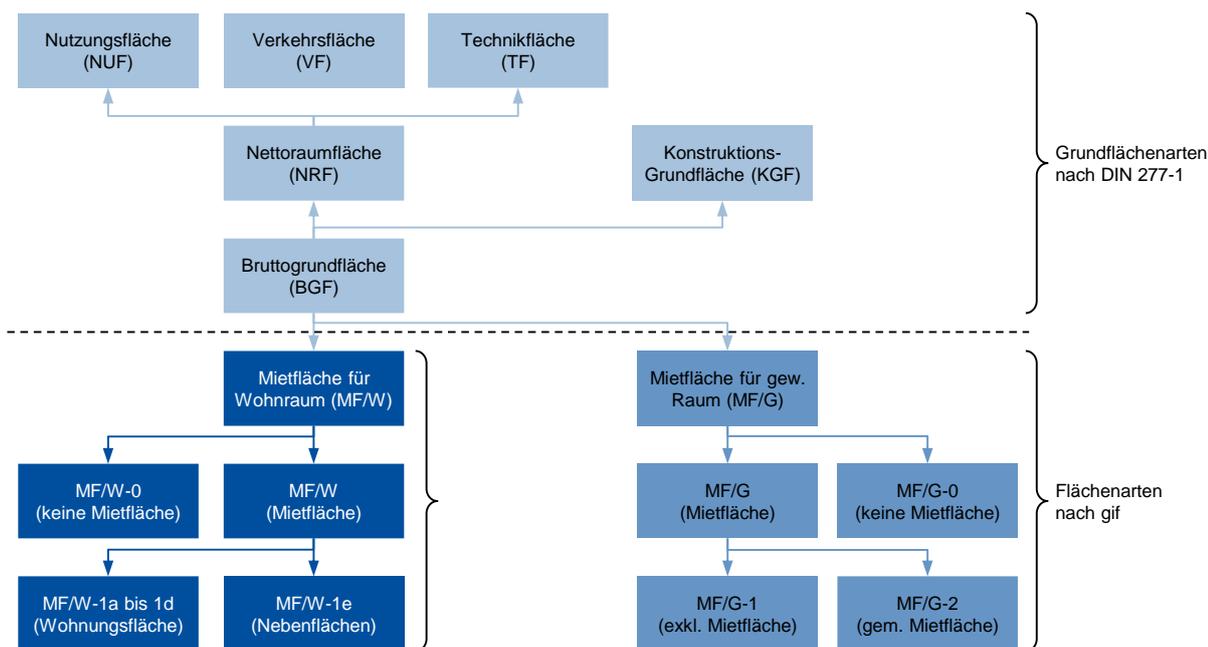


Abbildung 5-15: Zusammenhang der Flächendefinitionen nach DIN 277-1:2016-01 und gif¹²²

Figure 5-15: Connection of area definition based on din 277-1:2016-01 and gif¹²²

¹¹⁹ Vgl. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2003).

¹²⁰ Vgl. Gesellschaft für immobilienwirtschaftliche Forschung e. V. (2012).

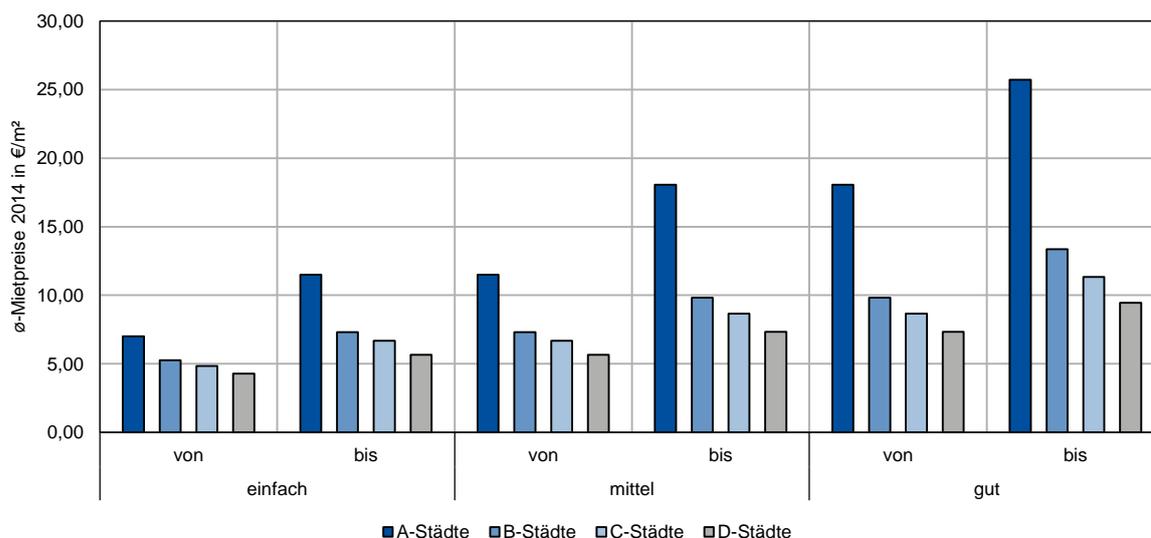
¹²¹ Vgl. Gesellschaft für immobilienwirtschaftliche Forschung e. V. (2017).

¹²² In Anlehnung an Gesellschaft für immobilienwirtschaftliche Forschung e. V. (2012); Gesellschaft für immobilienwirtschaftliche Forschung e. V. (2017).

5.7.2.3 Erzielbare Mieterlöse Achievable rental income

Auf Basis der in Abschnitt 5.2.3 vorgestellten Standortklassifikation des Analyseunternehmens BulwienGesa wurde eine Analyse der erzielbaren Mieterlöse vorgenommen. Als Datenbasis wurde der Plötz Immobilienführer¹²³ genutzt. Dieser stellt Daten für insgesamt 115 wichtige deutsche Städte zur Verfügung. Die A-, B- und C-Standorte können mithilfe der Datenbasis des Plötz Immobilienführers vollständig abgebildet werden. Lediglich die D-Städte können nur zum Teil (60 Städte statt 84 Städte) abgebildet werden. In den folgenden Abbildungen werden die Ergebnisse der Datenauswertung vorgestellt.

In Abbildung 5-16 sind die durchschnittlichen Mietpreise von Büroflächen dargestellt. Diese sind nach den Ausstattungskategorien „einfach“, „mittel“ und „gut“ sowie der jeweiligen Stadtklassifikation geordnet. Unter der Kategorie „gut“ sind alle Büroflächen mit zeitgemäßem Standard und zentraler Innenstadtlage zusammengefasst. Die Kategorie „mittel“ beinhaltet alle Büroflächen, die den gängigen Anforderungen entsprechen. Die Büroflächen in der Kategorie „einfach“ sind in der Regel veraltet und ungünstig gelegen.¹²⁴



A-Städte	7,00 €/m ²	11,50 €/m ²	11,50 €/m ²	18,07 €/m ²	18,07 €/m ²	25,71 €/m ²
B-Städte	5,25 €/m ²	7,31 €/m ²	7,31 €/m ²	9,82 €/m ²	9,82 €/m ²	13,36 €/m ²
C-Städte	4,85 €/m ²	6,69 €/m ²	6,69 €/m ²	8,67 €/m ²	8,67 €/m ²	11,34 €/m ²
D-Städte	4,27 €/m ²	5,65 €/m ²	5,65 €/m ²	7,33 €/m ²	7,33 €/m ²	9,46 €/m ²

Abbildung 5-16: Durchschnittliche Mietpreise für Büroflächen¹²⁵

Figure 5-16: Average rental rates for office areas¹²⁵¹²⁵

¹²³ Vgl. Boeger (2015). Die Analyse der erzielbaren Mieterlöse für die jeweiligen Nutzungsarten wurde zu Beginn des Forschungsvorhabens im Jahr 2015 durchgeführt. Daher bezieht sich die Preisbasis auf das Jahr 2014.

¹²⁴ Vgl. Boeger (2015), S. 27.

¹²⁵ Eigene Auswertung auf Datenbasis von Boeger (2015).

Zusätzlich zu den eigentlichen Büroflächen wird angenommen, dass insbesondere in Innenstadtlagen eine gesonderte Einzelhandels- und Gewerbeflächennutzung im Erdgeschoss erfolgt. Dies hängt mit der Attraktivität der Flächen und den durchschnittlich zu erzielenden Mieterlösen zusammen. In Abbildung 5-17 sind die durchschnittlich zu erzielenden Ladenmietpreise dargestellt. Grundsätzlich wird zwischen „1a-Lagen“, „1b-Lagen“ und „Vorortlagen“ sowie den Stadtklassifikationen unterschieden. Die „1a-Lage“ umfasst höchstfrequentierte Straßenabschnitte. Die „1b-Lage“ fasst weniger stark frequentierte Straßenabschnitte zusammen. „Vorortlagen“ beinhalten Geschäftskerne außerhalb der Zentren.

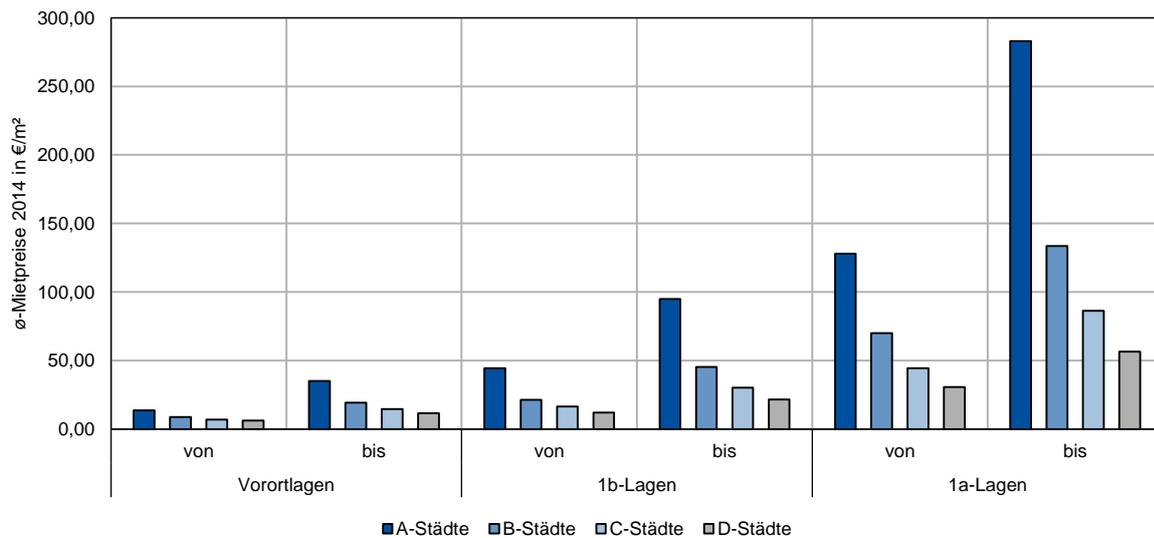
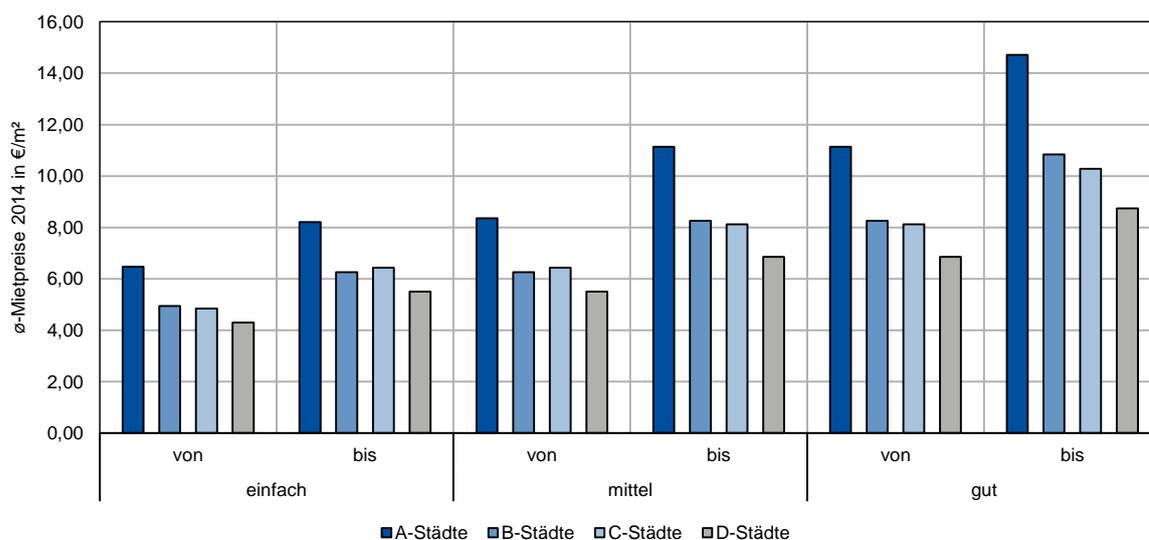


Abbildung 5-17: Durchschnittliche Mietpreise für Ladenflächen¹²⁶

Figure 5-17: Average rental rates for retail and sales areas¹²⁶

In Abbildung 5-18 sind die durchschnittlichen Mietpreise für Wohnflächen dargestellt. Diese sind, wie die Büroflächen, nach den Ausstattungskategorien „einfach“, „mittel“ und „gut“ sowie der jeweiligen Stadtklassifikation geordnet. Unter der Kategorie „gut“ sind alle Wohnflächen mit zeitgemäßem Standard und zentraler Innenstadtlage zusammengefasst. Die Kategorie „mittel“ beinhaltet alle Wohnflächen, die den gängigen Anforderungen entsprechen. Die Wohnflächen in der Kategorie „einfach“ sind in der Regel veraltet und ungünstig gelegen.

¹²⁶ Eigene Auswertung auf Datenbasis von Boeger (2015).



A-Städte	6,47 €/m ²	8,21 €/m ²	8,36 €/m ²	11,14 €/m ²	11,14 €/m ²	14,71 €/m ²
B-Städte	4,94 €/m ²	6,26 €/m ²	6,26 €/m ²	8,26 €/m ²	8,26 €/m ²	10,84 €/m ²
C-Städte	4,84 €/m ²	6,44 €/m ²	6,44 €/m ²	8,13 €/m ²	8,13 €/m ²	10,28 €/m ²
D-Städte	4,30 €/m ²	5,50 €/m ²	5,50 €/m ²	6,86 €/m ²	6,86 €/m ²	8,74 €/m ²

Abbildung 5-18: Durchschnittliche Mietpreise für Wohnflächen¹²⁷

Figure 5-18: Average rental rates for habitation areas¹²⁷

Im Rahmen der festgelegten Szenariobetrachtung (siehe Abschnitt 5.4.3) ist es notwendig, Miet- bzw. Pachtansätze für die Hotelnutzung zu bestimmen. Der Plötz Immobilienführer enthält dazu allerdings keine Daten. Daher muss auf eine andere Datenbasis ausgewichen werden. Der Hotelverband Deutschland e. V. stellt Ansätze für die Pacht pro Zimmer inkl. Inventar nach der DEHOGA¹²⁸ Sterne-Klassifizierung zur Verfügung. Folgende Kennzahlen werden zur Verfügung gestellt:

- 5 Sterne: 1.500 € - 1.800 €
- 4 bis 5 Sterne: 900 € - 1.500 €
- 4 Sterne: 800 € - 1.100 €
- 3 bis 4 Sterne: 450 € - 800 €
- 2 Sterne: 250 € - 420 €
- 1 Stern: 160 € - 250 €

5.7.2.4 Erzielbarer Verkaufserlös Achievable revenue

Beim Verkauf einer Immobilie erzielt der Investor einen Verkaufserlös. Allerdings ist die Prognose des Parameters mit besonderer Sorgfalt vorzunehmen.¹²⁹ Dies ist damit zu begründen, dass Immobilien einer langen Lebens- und Nutzungsdauer unterliegen und

¹²⁷ Eigene Auswertung auf Datenbasis von Boeger (2015).

¹²⁸ DEHOGA = Deutscher Hotel- und Gaststättenverband e. V.

¹²⁹ Vgl. Schulte et al. (2016), S. 589 f..

der Veräußerungserlös am Ende des Betrachtungszeitraums maßgeblich vom Engagement des Investors (z. B. Instandhaltung und Modernisierung) abhängt. Zudem ist anhand von Immobilieninvestitionen der Vergangenheit bekannt, dass aufgrund der Bodenverknappung und Nicht-Duplizierbarkeit auch eine reale Wertsteigerung erzielt werden kann. Allerdings kann es durch Überhitzung des Marktes auch zu einem Wertverfall der Immobilie kommen.¹³⁰ Daher sind der angesetzte Verkaufserlös am Ende des Betrachtungszeitraums mit besonderer Sorgfalt zu ermitteln und der Einfluss durch eine Risikobetrachtung abzuwägen.

Der Verkaufserlös kann auf Basis verschiedener Vorgehensweisen ermittelt werden. Eine Möglichkeit besteht darin, den Kennwert auf Basis des Verkehrswertes nach der Immobilienwertverordnung (ImmoWertV) zu ermitteln.¹³¹ Da jedoch bereits die Ermittlung des aktuellen Verkehrswertes mit Unsicherheit behaftet, ist die Bestimmung des zukünftigen Verkehrswertes ebenfalls mit großen Prognoseunsicherheiten verbunden.¹³² Eine weitere Möglichkeit besteht in der vereinfachten Annahme des Verkaufserlöses auf Basis eines Abschreibungssatzes. Dadurch wird die Abnutzung der Gebäudesubstanz berücksichtigt und die zu erwartende Lebensdauer in das Berechnungsmodell integriert.¹³³

5.7.3 Projektbezogene Festlegungen **Project-related specifications**

Für das Berechnungsmodell in Kapitel 6 wird die Flächenberechnung nach den Richtlinien zur Berechnung der Mietfläche für Wohnraum (MF/W) und gewerblichen Raum (MF/G) zugrunde gelegt. Die Flächen, die nach der Definition des gif nicht als Mietfläche angesetzt werden, gehen auch im Wirtschaftlichkeitsmodell nicht als Grundlage der Erlösberechnung ein. Die konkreten Flächenberechnungen für die Referenzgebäude werden in Abschnitt 6.2 beschrieben und dokumentiert.

Die erzielbaren Erlöse für die Büro-, Gewerbe und Wohnnutzung werden auf Basis der B-Stadtklassifikation in das Berechnungsmodell integriert. Zur Berücksichtigung von Schwankungsbreiten der Mieterlöse werden die Mittelwerte der Ausstattungs- und Lagemerkmale gewählt. Die Pachtansätze für die Hotelnutzung werden auf Basis der Kennwerte des DEHOGA festgelegt. Da in Deutschland knapp 90 Prozent der Hotels in den Kategorien 3 bis 4 Sterne vorzufinden sind (vgl. Abschnitt 5.2.5.4), wird diese Kategorisierung als Basis für die Pachtansätze gewählt. Zudem wird angenommen, dass verfügbare Stellplätze in der Tiefgarage ebenfalls verpachtet werden. Die spezifischen Erlösansätze wurden in Absprache mit dem projektbegleitenden Ansatz festgelegt.

¹³⁰ Vgl. Ropeter (1998), S. 255.

¹³¹ Die ImmoWertV unterscheidet zwischen dem Sach-, Ertrags- und Vergleichswertverfahren. Auf eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Berechnungsverfahren wird an dieser Stelle verzichtet.

¹³² Vgl. Schulte et al. (2016), S. 589 f.

¹³³ Beispielsweise greifen Gürtler (2007), S. 145 und Schmuck (2016), S. 112 f. auf diese Methodik zurück.

In Tabelle 5-18 sind die monatlichen Erlösansätze für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Kapitel 6 dargestellt:

Tabelle 5-18: Projektspezifische Erlösansätze der Nutzungsarten

Table 5-18: Project-related revenues of usage types

	von	mittel	bis
Büroflächen	6,28 €/m ²	8,57 €/m ²	11,59 €/m ²
Ladenflächen	14,11 €/m ²	33,39 €/m ²	101,79 €/m ²
Wohnflächen	5,60 €/m ²	7,26 €/m ²	9,55 €/m ²
Hotelflächen	450 €/Zi.	-	800 €/Zi.
Stellplatz Tiefgarage	50 €/Stellplatz	80 €/Stellplatz	110 €/Stellplatz

Der Verkaufserlös der Referenzgebäude in Kapitel 6 wird mithilfe der technischen Abschreibung bestimmt. Somit ist es möglich, jedes Referenzgebäude anhand der spezifischen Realisierungskosten zu bewerten.¹³⁴ Es wird für alle Referenzgebäude von einer Lebensdauer von 100 Jahren ausgegangen. Daher beträgt die technische Abschreibung pro Jahr 1 %. Für die verschiedenen Referenzgebäude wird zudem kein unterschiedlicher Abschreibungssatz festgelegt, um das Ergebnis der Renditekennzahl nicht zu verfälschen und den Fokus auf die funktionalen und konstruktiven Kriterien der Variabilität und Multifunktionalität von Büro- und Geschäftsgebäuden zu setzen.

5.8 Zusammenfassung Summary

In diesem Kapitel wurden die Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung dargestellt. Dabei wurden neben den allgemeinen Anforderungen auch die projektspezifischen Festlegungen für das Lebenszyklusmodell, die Szenarioanalyse, die Risikobetrachtung sowie die berücksichtigten Kosten und Erlöse dargestellt. Anhand der ausgearbeiteten Ergebnisse soll die Nachvollziehbarkeit der Annahmen im Forschungsvorhaben transparent ermöglicht werden und eine investorenbezogene Anpassung der Eingangsparameter auf die individuellen Randbedingungen ermöglicht werden.

¹³⁴ Der Abschreibungssatz wird auf Basis der spezifischen Realisierungskosten festgelegt.

6 Modellbasierte Bewertung der Wirtschaftlichkeit Model-based evaluation of the economic feasibility

In Kapitel 6 werden die aus Kapitel 5 vorgestellten Szenarien für Referenzgebäude mit unterschiedlichen Variabilitäten und verschiedenen Folgenutzungen, in einem Investitionsrechenmodell miteinander verglichen. Dazu werden projektspezifische Realisierungs-, Umbau- und Nutzungskosten sowie Erlöse anhand der in Kapitel 3 erstellten Gebäudepläne und der festgelegten methodischen Grundlagen aus Kapitel 5 ermittelt. Die Zielgröße der vollständigen Finanzpläne ist die Eigenkapitalrentabilität. Aus dem Vergleich dieser Zielgröße werden Aussagen zur Wirtschaftlichkeit der Szenarien und zur monetären Vorteilhaftigkeit der unterschiedlichen Variabilitäten der Referenzgebäude abgeleitet.

In Chapter 6, the scenarios for reference buildings with different variabilities and different subsequent uses presented in Chapter 5 are compared in an investment calculation model. For this purpose, project-specific realisation, conversion and usage costs as well as revenues are determined on the basis of the building plans drawn up in Chapter 3 and the established methodological foundations from Chapter 5. The result of the full financial plans is return on equity. From the comparison of this target value statements are derived to the economics of the scenarios and to the monetary advantage of the different variabilities of the reference buildings.

6.1 Einführung Introduction

Für die Bewertung und den wirtschaftlichen Vergleich von Immobilienvarianten sind die in Kapitel 5 vorgestellten Grundlagen in einem projektspezifischen Bewertungsmodell zusammenzufassen. Dabei sind die Kosten und die Erlöse aus der Verknüpfung von Kostenkennwerten mit den jeweiligen Bezugsmengen zu ermitteln und mit den zusätzlichen Eingangsgrößen in ein Bewertungsmodell zu integrieren. Als Bewertungsmodell wird ein stochastisch modellierter vollständiger Finanzplan (VoFi) verwendet. Für jedes der festgelegten Untersuchungsszenarien (vgl. Abschnitt 5.4.3) wird ein solcher VoFi erstellt. Der wirtschaftliche Vergleich dieser Szenarien wird anhand der Eigenkapitalrentabilität (vgl. Abschnitt 6.3.1) durchgeführt. Der Vergleich der Eigenkapitalrentabilitätsverteilungen gibt Aufschluss über die Renditeerwartung des jeweiligen Szenarios. Letztendlich werden aus dem Szenarienvergleich Rückschlüsse zur Wirtschaftlichkeit der untersuchten Variabilitätsgrade gezogen (vgl. Abschnitt 6.4.2). In abschließenden Sensitivitätsanalysen wird untersucht, welche Eingangsparameter die Renditeerwartung maßgeblich beeinflussen.

6.2 Kosten und Erlöse der Referenzgebäude Costs and proceeds of the reference buildings

6.2.1 Überblick Overview

Kosten und Erlöse sind ein wesentlicher Bestandteil im Bewertungsmodell für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung der Referenzgebäude. Zur Ermittlung der Kosten und Erlöse sind für die festgelegten Szenarien (siehe Abschnitt 5.4.3) die Mengen aus den erarbeiteten Gebäudeplänen (siehe Kapitel 3.8) zu bestimmen und mit den Kostenkennwertverteilungen der Leitpositionen zu multiplizieren. Die Einzelkostenanteile der Kostengruppen 100 bis 700 werden anschließend aufsummiert und jeweils als Gesamtkostenverteilung für die Realisierungs- und Umbaukosten dargestellt. Lediglich die Nutzungskostenverteilungen werden auf Basis von Kennwerten nach der Oscar-Studie¹³⁵ prozentual ermittelt. Außerdem sind zur Bestimmung der Erlösansätze, Nutzflächenanteile nach der gif MF/W und der gif MF/G zu berechnen. In Abschnitt 6.2 werden die Grundlagen der Kosten- und Erlösermittlung kurz erläutert und Zwischenergebnisse vorgestellt.

6.2.2 Vorgehensweise Approach

6.2.2.1 Grundlagen Basic principles

Um die Kosten und Erlöse der Referenzgebäude und der zugehörigen Umnutzungsszenarien ermitteln und in die VoFi's integrieren zu können, ist eine differenzierte Mengen- und Flächenermittlung vorzunehmen. Diese orientiert sich an den Flächendefinitionen der DIN 277-1:2016-01, der DIN 277-3:2005-04 sowie der gif MF/W und der gif MF/G (vgl. Abschnitt 5.7.2.2).

Die festgelegten Referenzgebäude, Variabilitätsgrade (gering, mittel, hoch) und Umnutzungsszenarien haben Auswirkungen auf die Baustruktur und somit auf die zugrunde gelegten Mengen und Flächen. Dies ist adäquat zu berücksichtigen. Im Folgenden werden die verschiedenen Bezugsflächen in Hinblick auf die Ermittlung der Kosten und Erlöse vorgestellt.

6.2.2.2 Kosten Costs

In Kapitel 5, Abschnitt 5.6 wurde die methodische Vorgehensweise zur Ermittlung der Realisierungs- und Umbaukosten beschrieben. Es wurde festgelegt, dass die Kostengruppengliederung nach DIN 276-1:2008-12 um eine Gliederungsebene der Leitpositionen erweitert wird. Erst dadurch ist es möglich, den monetären Einfluss der Variabilität adäquat darzustellen. Dazu ist in einem ersten Schritt notwendig, die leitpositionsbe-

¹³⁵ Vgl. Jones Lang LaSalle (2016).

zogenen Mengen anhand der Referenzgebäude für die Realisierungs- und Umbaukosten zu bestimmen.¹³⁶ In einem weiteren Schritt werden die spezifischen Mengen nach der Bezugsmengendefinition der DIN 277-3:2005-04 bestimmt. Dies dient dazu, die Kosten der Leitpositionen zu übergeordneten Kostenkennwerten der 1., 2. und 3. Kostengliederungsebene nach DIN 276-1:2008-12 zu aggregieren. In der folgenden Tabelle 6-1 sind die relevanten Bezugsmengen dargestellt. Auf Basis der Bezugsmengendefinition wurden insgesamt 3 Mengenermittlungen für die Bestimmung der Realisierungskosten und 8 Mengenermittlungen für die Bestimmung der Umbaukosten durchgeführt. (vgl. Anlage C.2.3 und C.2.4)

Tabelle 6-1: Notwendige Bezugsmengen für die Ermittlung der Realisierungs- und Umbaukosten¹³⁷

Table 6-1: Necessary quantities for the determination of realisation and renovation costs¹³⁷

Bezugsmengen	Beschreibung
m ² BGF	Brutto-Grundfläche
m ² AWF	Außenwandfläche
m ² AWT	Außenwandfläche, tragend
m ² AWN	Außenwandfläche, nichttragend
m AST	Außenstützenlänge
m ² ATF	Außentüren-/Außenfensterfläche
m ² ABKA	Außenwandbekleidungsfläche, außen
m ² ABKI	Außenwandbekleidungsfläche, innen
m ² AWE	Elementierte Außenwandfläche
m ² SOS	Sonnengeschützte Fläche
m ² IWF	Innenwandfläche
m ² IWT	Tragende Innenwandfläche
m ² IWN	Nichttragende Innenwandfläche
m IST	Innenstützenlänge
m ² ITF	Innentüren-/Innenfensterfläche
m ² IBK	Innenwandbekleidungsfläche
m ² IWE	Elementierte Innenwandfläche
m ² DEF	Deckenfläche
m ² DKK	Deckenkonstruktionsfläche
m ² DKBL	Deckenbelagsfläche
m ² DKBK	Deckenbekleidungsfläche
m ² DEF	Deckenfläche
m ² DK	Dachkonstruktionsfläche
m ² DFÖ	Dachfenster-/Dachöffnungsfläche
m ² DBL	Deckenbelagsfläche
m ² DBK	Dachbekleidungsfläche
m ² DAF	Dachfläche

¹³⁶ Die einzelnen Mengeneinheiten der leitpositionsbezogenen Mengenermittlung werden an dieser Stelle nicht detailliert beschrieben.

¹³⁷ Vgl. DIN 277-3:2005-04 und BKI Baukosteninformationszentrum (2018).

Neben den Bezugsflächen der Realisierungs- und Umbaukosten sind ebenfalls die Bezugsflächen der Nutzungs- bzw. Betriebskosten zu bestimmen. Die Kostenkennwerte der Oscar-Studie¹³⁸ beziehen sich auf die Netto-Raumfläche (NRF) und die Kennwerte des fm.benchmarking-Berichts¹³⁹ beziehen sich auf die Bruttogrundfläche (BGF). Da die Bruttogrundfläche schon im Rahmen der Realisierungs- und Umbaukosten berechnet wurde, sind für die Berechnung der Betriebskosten nur die Netto-Raumflächen relevant. Insgesamt wurden 11 Mengenermittlungen für die Ermittlung der Netto-Raumflächen der Referenzgebäude und Umnutzungsszenarien durchgeführt (vgl. Anlage C.2.5).

6.2.2.3 Erlöse **Revenues**

Zur Bestimmung der Erlöse werden Kennwerte auf Basis von spezifischen Nutzflächen (NUF) verwendet. Diese beziehen sich auf die Nutz- bzw. Mietflächen für gewerblichen Raum und Wohnraum. Die Flächen werden auf Basis der Richtlinien gif MF/G und gif MF/W bestimmt. Für die Hotelnutzung werden Kennwerte auf Basis der Zimmeranzahl verwendet. Insgesamt wurden 11 Mengenermittlungen für die Ermittlung der spezifischen Bezugsflächen für die Bestimmung der Erlöse der Referenzgebäude und Umnutzungsszenarien durchgeführt. (vgl. Anlage C.2.6)

6.2.3 Zwischenergebnisse **Interim results**

6.2.3.1 Realisierungskosten **Realisation costs**

Auf Basis der jeweiligen Mengenermittlung und den zugehörigen Kostenkennwerten werden die Kosten für die einzelnen Kostengruppen ermittelt. Durch Aufsummierung der einzelnen Kostengruppen werden die Gesamtkosten der Gebäude bestimmt. In Tabelle 6-2 werden die Mittelwerte der Kostenermittlung für das Referenzgebäude mit geringer Variabilität dargestellt. Die Kosten (netto) betragen 12.231.000 €. Die zugehörige Verteilung in Abbildung 6-1 zeigt, dass der Kosten im 5 %-Quantil bei 9.740.000 € und im 95 %-Quantil bei 15.070.000 € liegen.

Die wesentlichen Kostentreiber in den Leitpositionen für das Gebäude mit geringer Variabilität sind:¹⁴⁰

- KG 337 Elementierte Außenwände (Fassade) mit 1.960.000 € i. M.,
- KG 351 Deckenkonstruktion mit 870.000 € i. M. und
- KG 352 Deckenbeläge und KG 353 Deckenbekleidungen mit 760.000 € i. M..

¹³⁸ Vgl. Jones Lang LaSalle (2016).

¹³⁹ Vgl. Rotermund (2016).

¹⁴⁰ Die Detailkostenaufstellung der Mittelwerte ist der Anlage C.2.7 zu entnehmen.

Modellbasierte Bewertung der Wirtschaftlichkeit
 Model-based evaluation of the economic feasibility

Tabelle 6-2: Realisierungskosten für Gebäude mit geringer Variabilität

Table 6-2: Realisation costs for buildings with low variability

Kosten- gruppe	Bezeichnung der Kostengruppe	Bezugs- einheit	Menge	Kennwert [€/Einheit]	Kosten [€] (netto)	% von 300+400	% von Gesamt
100	Grundstück	m ² FBG	---	---	---	---	---
200	Herrichten und Erschließen	m ² FBG	---	---	201.163,07	2,3	1,6
300	Bauwerk - Baukonstruktionen	m ² BGF	9.755	694,81	6.777.587,67	76,2	55,4
310	Baugrube	m ³ BGI	---	---	107.830,36	1,2	0,9
320	Gründung	m ² GRF	---	---	716.622,63	8,1	5,9
330	Außenwände	m ² AWF	5.112	540,49	2.762.758,59	31,1	22,6
340	Innenwände	m ² IWF	4.762	118,81	565.811,57	6,4	4,6
350	Decken	m ² DEF	6.706	288,68	1.936.008,66	21,8	15,8
360	Dächer	m ² DAF	1.073	254,35	272.959,66	3,1	2,2
370	Baukonstruktive Einbauten	m ² BGF	9.755	9,67	94.351,57	1,1	0,8
390	Sonstige Baukonstruktionen	m ² BGF	9.755	32,93	321.244,63	3,6	2,6
400	Bauwerk - Technische Anlagen	m ² BGF	9.755	217,24	2.119.059,17	23,8	17,3
300+400	Bauwerk - Gesamt	m ² BGF	9.755	912,04	8.896.646,84	100,0	72,7
500	Außenanlagen	m ² AUF	---	---	467.197,52	5,3	3,8
600	Ausstattung und Kunstwerke	m ² BGF	9.755	45,30	441.866,79	5,0	3,6
700	Baunebenkosten	% von KG 300+400	25 %	psch.	2.224.161,71	25,0	18,2
Gesamtkosten					12.231.035,93		100,0 %

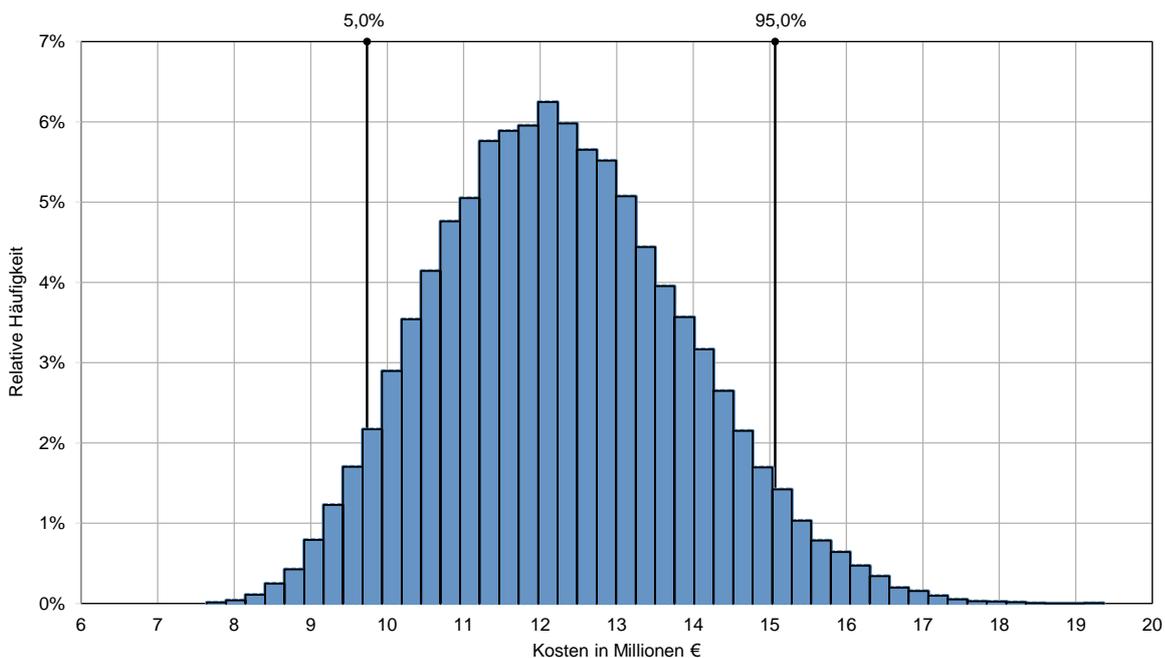


Abbildung 6-1: Realisierungskostenverteilung – geringer Variabilität

Figure 6-1: Realisation cost distribution – low variability

In Tabelle 6-3 sind die Mittelwerte der Kostenermittlung für das Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität dargestellt. Die Kosten (netto) betragen 12.582.000 €. Die zugehörige Verteilung in Abbildung 6-2 zeigt, dass der Kosten im 5 %-Quantil bei 10.020.000 € und im 95 %-Quantil bei 15.500.000 € liegen.

Die wesentlichen Kostentreiber in den Leitpositionen für das Gebäude mit mittlerer Variabilität sind:¹⁴¹

- KG 337 Elementierte Außenwände (Fassade) mit 2.030.000 € i. M.,
- KG 351 Deckenkonstruktion mit 860.000 € i. M. und
- KG 352 Deckenbeläge und KG 353 Deckenbekleidungen mit 740.000 € i. M.

Tabelle 6-3: Realisierungskosten für Gebäude mit mittlerer Variabilität

Table 6-3: Realisation costs for buildings with medium variability

Kosten- gruppe	Bezeichnung der Kostengruppe	Bezugs- einheit	Menge	Kennwert [€/Einheit]	Kosten [€] (netto)	% von 300+400	% von Gesamt
100	Grundstück	m ² FBG	---	---	---	---	---
200	Herrichten und Erschließen	m ² FBG	---	---	206.940,20	2,3	1,6
300	Bauwerk - Baukonstruktionen	m ² BGF	9.755	714,76	6.972.230,77	76,2	55,4
310	Baugrube	m ³ BGI	---	---	110.927,11	1,2	0,9
320	Gründung	m ² GRF	---	---	737.203,05	8,1	5,9
330	Außenwände	m ² AWF	5.646	524,07	2.958.842,97	32,3	23,5
340	Innenwände	m ² IWF	6.063	101,03	612.511,42	6,7	4,9
350	Decken	m ² DEF	6.706	276,05	1.851.320,54	20,2	14,7
360	Dächer	m ² DAF	1.073	255,22	273.894,12	3,0	2,2
370	Baukonstruktive Einbauten	m ² BGF	9.755	9,95	97.061,22	1,1	0,8
390	Sonstige Baukonstruktion	m ² BGF	9.755	33,88	330.470,33	3,6	2,6
400	Bauwerk - Technische Anlagen	m ² BGF	9.755	223,48	2.179.915,66	23,8	17,3
300+400	Bauwerk - Gesamt	m ² BGF	9.755	938,24	9.152.146,43	100,0	72,7
500	Außenanlagen	m ² AUF	---	---	480.614,80	5,3	3,8
600	Ausstattung und Kunstwerke	m ² BGF	9.755	46,60	454.556,61	5,0	3,6
700	Baunebenkosten	% von KG 300+400	25 %	psch.	2.288.036,61	25,0	18,2
Gesamtkosten					12.582.294,65		100,0 %

In Tabelle 6-4 sind die Mittelwerte der Kostenermittlung für das Referenzgebäude mit hoher Variabilität dargestellt. Die Kosten (netto) betragen 13.831.000 €. Die zugehörige Verteilung in Abbildung 6-3 zeigt, dass der Kosten im 5 %-Quantil bei 11.750.000 € und im 95 %-Quantil bei 16.070.000 € liegen.

Die wesentlichen Kostentreiber in den Leitpositionen für das Gebäude mit hoher Variabilität sind:¹⁴²

- KG 337 Elementierte Außenwände (Fassade) mit 2.260.000 € i. M.,
- KG 351 Deckenkonstruktion mit 900.000 € i. M. und
- KG 352 Deckenbeläge und KG 359 Decken, sonstiges mit 880.000 € i. M.

¹⁴¹ Die Detailkostenaufstellung der Mittelwerte ist der Anlage C.2.7 zu entnehmen.

¹⁴² Die Detailkostenaufstellung der Mittelwerte ist der Anlage C.2.7 zu entnehmen.

Modellbasierte Bewertung der Wirtschaftlichkeit
 Model-based evaluation of the economic feasibility

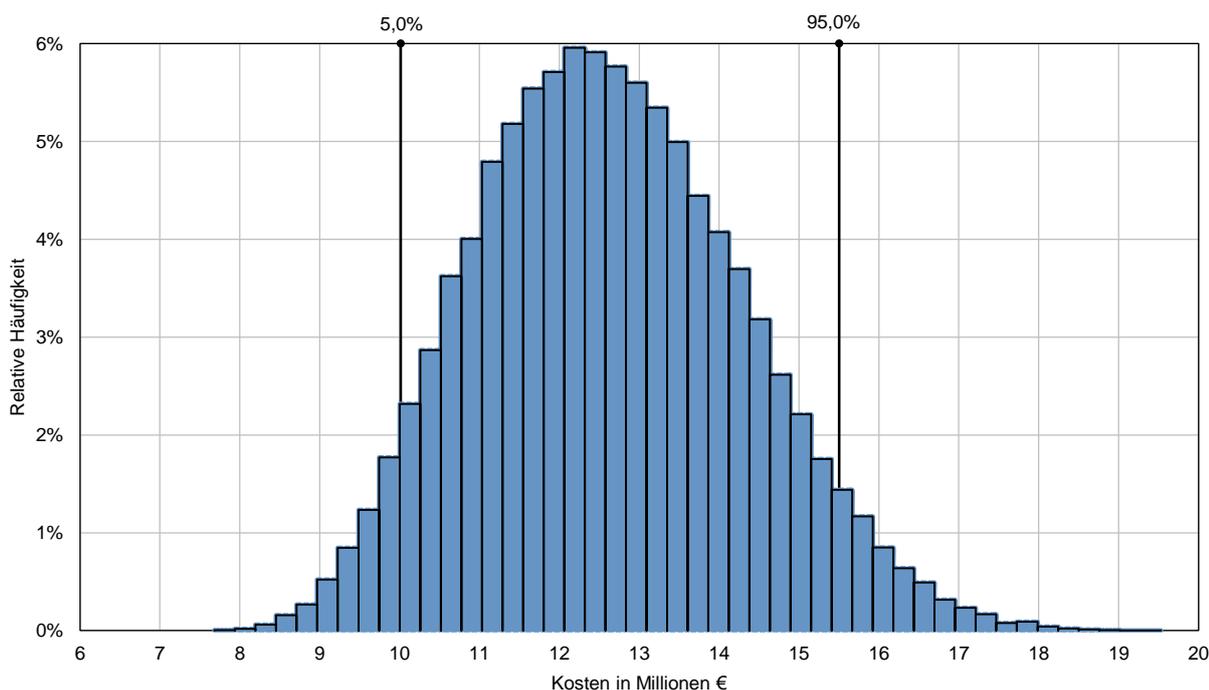


Abbildung 6-2: Realisierungskostenverteilung – mittlere Variabilität

Figure 6-2: Realisation cost distribution – medium variability

Tabelle 6-4: Realisierungskosten für Gebäude mit hoher Variabilität

Table 6-4: Realisation costs for buildings with high variability

Kosten- gruppe	Bezeichnung der Kostengruppe	Bezugs- einheit	Menge	Kennwert [€/Einheit]	Kosten [€] (netto)	% von 300+400	% von Gesamt
100	Grundstück	m ² FBG	---	---	---	---	---
200	Herrichten und Erschließen	m ² FBG	---	---	227.481,32	2,3	1,6
300	Bauwerk - Baukonstruktionen	m ² BGF	9.755	788,03	7.686.938,58	76,4	55,6
310	Baugrube	m ³ BGI	---	---	122.298,00	1,2	0,9
320	Gründung	m ² GRF	---	---	812.772,09	8,1	5,9
330	Außenwände	m ² AWF	5.996	529,96	3.177.480,23	31,6	23,0
340	Innenwände	m ² IWF	6.827	105,06	717.182,34	7,1	5,2
350	Decken	m ² DEF	6.706	313,01	2.099.169,41	20,9	15,2
360	Dächer	m ² DAF	1.073	267,14	286.679,66	2,8	2,1
370	Baukonstruktive Einbauten	m ² BGF	9.755	10,97	107.010,75	1,1	0,8
390	Sonstige Baukonstruktionen	m ² BGF	9.755	37,35	364.346,11	3,6	2,6
400	Bauwerk - Technische Anlagen	m ² BGF	9.755	243,34	2.373.660,41	23,6	17,2
300+400	Bauwerk - Gesamt	m ² BGF	9.755	1.031,37	10.060.598,99	100,0	72,7
500	Außenanlagen	m ² AUF	---	---	528.321,18	5,3	3,8
600	Ausstattung und Kunstwerke	m ² BGF	9.755	51,22	499.676,42	5,0	3,6
700	Baunebenkosten	% von KG 300+400	25 %	psch.	2.515.149,75	25,0	18,2
Gesamtkosten					13.831.227,66		100,0 %

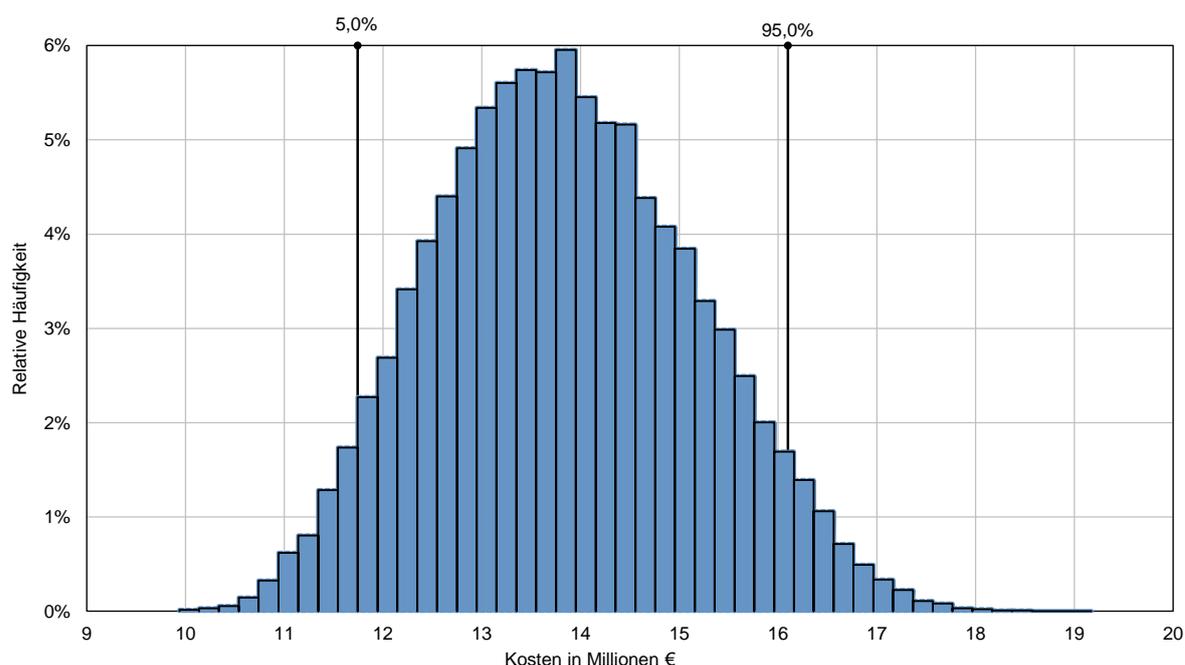


Abbildung 6-3: Realisierungskostenverteilung – hohe Variabilität

Figure 6-3: Realisation cost distribution – high variability

6.2.3.2 Umbaukosten Renovation costs

In Tabelle 6-5 sind die Mittelwerte der Kostenermittlung für die Umbaukosten der jeweiligen Szenarien gegenübergestellt. Zu jedem Variabilitätsgrad (gering, mittel, hoch) sind aus der Erstnutzung Büro, die Umbaukosten in die Nutzungsarten: Hotel, Wohnen und Geschäftshaus zu bestimmen. Lediglich die Umnutzung des gering variablen Gebäudes in gemischte Nutzung wurde ausgeschlossen (siehe Abschnitt 5.4.3). Damit sind für acht Szenarien Umbaukosten zu ermitteln. Die zugehörigen Detailkostenaufstellungen sind in Anlage C.2.8 enthalten.

Tabelle 6-5: Umbaukosten für die Umnutzungsszenarien

Table 6-5: Renovation costs for conversion scenarios

Szenario	Umbaukosten [€, netto]		
	Mittelwert	5 %-Quantil	95 %-Quantil
Umbau von Büronutzung <i>geringe</i> Variabilität in <i>Wohnen</i>	3.142.844,53	2.725.734,60	3.577.640,98
Umbau von Büronutzung <i>mittlere</i> Variabilität in <i>Wohnen</i>	2.843.146,34	2.460.217,28	3.244.707,08
Umbau von Büronutzung <i>hohe</i> Variabilität in <i>Wohnen</i>	2.776.895,56	2.403.465,77	3.172.583,54
Umbau von Büronutzung <i>geringe</i> Variabilität in <i>Hotel</i>	6.283.265,72	5.593.662,12	7.015.000,52
Umbau von Büronutzung <i>mittlere</i> Variabilität in <i>Hotel</i>	6.012.348,10	5.349.799,12	6.695.128,64
Umbau von Büronutzung <i>hohe</i> Variabilität in <i>Hotel</i>	5.663.161,57	5.045.725,56	6.309.835,18
Umbau von Büronutzung geringe Variabilität in <i>gemischte Nutzung</i>	Szenario wird ausgeschlossen.		
Umbau von Büronutzung <i>mittlere</i> Variabilität in <i>gemischte Nutzung</i>	2.639.466,13	2.281.007,63	3.013.881,94
Umbau von Büronutzung <i>hohe</i> Variabilität in <i>gemischte Nutzung</i>	2.603.064,93	2.247.134,22	2.970.597,72

Es ist ersichtlich, dass innerhalb der jeweiligen Umnutzungsart die Umbaukosten mit steigendem Variabilitätsgrad sinken. Für die Szenariobetrachtung im Forschungspro-

jekt bedeutet dies, dass bei Erstinvestition in einen höheren Variabilitätsgrad die späteren Umbaukosten niedriger ausfallen, als bei der Erstinvestition in einen geringeren Variabilitätsgrad.

6.2.3.3 Auswertung Baukosten Evaluation of construction costs

In Tabelle 6-6 sind die Realisierungs- und Umbaukosten der Referenzgebäude mit unterschiedlichem Variabilitätsgrad gegenübergestellt.

Tabelle 6-6: Überblick zu den gesamten Baukosten (Realisierungs- und Umbaukosten)¹⁴³

Table 6-6: Overview of the total construction costs (realisation and renovation costs)¹⁴³

Kostenart	Referenzgebäude geringe Variabilität	Referenzgebäude mittlere Variabilität	Referenzgebäude hohe Variabilität
Realisierungskosten netto [€] (Mittelwerte)	12.231.000 €	12.582.000 €	13.831.000 €
Umbaukosten in <i>Wohnen</i> netto [€] (Mittelwerte)	3.143.000 €	2.843.000 €	2.777.000 €
Umbaukosten in <i>Hotel</i> netto [€] (Mittelwerte)	6.283.000 €	6.012.000 €	5.663.000 €
Umbaukosten in <i>gemischte Nutzung</i> , netto [€] (Mittelwerte)	Szenario wird ausgeschlossen.	2.843.000 €	2.777.000 €

Die höheren Realisierungskosten beim hoch variablen Gebäude von ca. 1,25 Mio. € i. M. gegenüber dem mittel variablen Gebäude haben folgende Ursachen:¹⁴⁴

- Mehrkosten bei den Kostentreibern KG 337 (ca. 230.000 €), KG 350 (ca. 250.000 €),
- Mehrkosten für das dritte Treppenhaus (ca. 120.000 €),
- Mehrkosten für den Innenausbau (ca. 35.000 €) und
- Mehrkosten für weitere konstruktive Unterschiede der KG 200 bis KG 600 sowie den Mehraufwand in der Planung der KG 700 (ca. 230.000 €).

6.2.3.4 Nutzungskosten Usage costs

Die Nutzungskostenansätze (siehe Tabelle 5-17) wurden mit den einzelnen Flächenansätzen für Büro, Gewerbe, Lager, Hotel, Wohnen und Tiefgarage (vgl. Abschnitt

¹⁴³ Die wesentlich höheren Umbaukosten für die Nutzungsart Hotel gegenüber Wohnen, sind dadurch begründet, dass für die Erlösansätze Hotel nur Kennwerte einschließlich Inventar zur Verfügung stehen. Deshalb wurde in die Umbaukosten eine Zulage für Inventar in der Kostengruppe KG 600 als Rechteckverteilung mit den Kostenkennwerten MIN = 12.000 € und MAX = 17.000 € pro Zimmer angesetzt (vgl. Hotelverband Deutschland (IHA) e.V. (2013), S. 284 ff.) Für die Kostenermittlung wurden detaillierten Mengen (siehe Anlage C.2.4) aus den Plänen der Referenzgebäude ermittelt und mit den Kostenansätze in Tabelle 5-17 multipliziert. Die Kosten sind gerundete Mittelwerte der jeweiligen Kostenverteilungen.

¹⁴⁴ Die Mehrkosten sind gerundete Mittelwerte und sind den Tabellen 6-2 bis 6-4 zu entnehmen.

6.2.2.2) multipliziert, um die jährlichen Gesamtkosten des jeweiligen Szenarios zu ermitteln. In Tabelle 6-7 sind die jährlichen Betriebskosten der acht VoFi-Szenarien gegenübergestellt.

Tabelle 6-7: Überblick zu den jährlichen Nutzungskosten¹⁴⁵

Table 6-7: Overview of annual usage costs¹⁴⁵

Nutzungsart	Referenzgebäude geringe Variabilität	Referenzgebäude mittlere Variabilität	Referenzgebäude hohe Variabilität
Erstnutzung – Büro netto [€] (Mittelwerte)	270.000 €	275.000 €	274.000 €
Folgenutzung – Wohnen netto [€] (Mittelwerte)	202.000 €	202.000 €	200.000 €
Folgenutzung – Hotel netto [€] (Mittelwerte)	456.000 €	456.000 €	454.000 €
Folgenutzung – gemischte Nutzung, netto [€] (Mittelwerte)	Szenario wird ausgeschlossen.	245.000 €	242.000 €

Aus der Tabelle 6-7 ist zu entnehmen, dass die Variabilität des Gebäudes einen geringen Einfluss auf die Nutzungskosten hat. Die Höhe der Nutzungskosten wird maßgeblich von der Nutzungsart bestimmt. Grund dafür ist die Berechnungsmethodik über den Ansatz der Nettoraumfläche für Büro, Gewerbe und Hotel sowie der Bruttogrundfläche für Wohnen. Dabei wirken die spezifischen Besonderheiten der Gebäude (Variabilität) nicht auf die Berechnung der Nutzungskosten.

6.2.3.5 Erlöse Revenues

Die Erlöse unterscheiden sich in den verschiedenen Variabilitätsgraden und Nutzungsarten, da zum einen unterschiedliche Mietflächen angesetzt werden und zum anderen die erzielbaren Erlöse je Nutzungsart variieren. Die detaillierte Erlösermittlung erfolgt direkt in den VoFi's und ist in Anlage C.3.1 für die einzelnen Szenarien dokumentiert.

6.3 Investitionsrechenmodell Modell for capital budgeting

6.3.1 Vollständiger Finanzplan Full financial plan

Das Konzept der vollständigen Finanzpläne (VoFi) ermöglicht die Abbildung aller mit der Investition zusammenhängen Zahlungen. Dadurch können Kosten und Erlöse transparent erfasst und realitätsgetreu abgebildet werden. Weiterhin unterscheiden sich die vollständigen Finanzpläne von den barwertorientierten Methoden dadurch, dass alle Zahlungen auf den Betrachtungszeitraum und nicht auf den Investitionszeitpunkt bezogen werden. Dementsprechend können die verschiedenen Zinssätze (z. B.

¹⁴⁵ In der Kostenaufstellung sind gerundete Mittelwerte für die gesamten jährlichen Betriebskosten ohne Preissteigerung angegeben. Die Preissteigerung wird in der VoFi-Untersuchung auf die jährlichen Kosten prozentual aufgeschlagen.

Inflationsrate, Kreditzins etc.) frei gewählt und an der tatsächlichen Situation orientiert werden.¹⁴⁶ In Abbildung 6-4 in das konzeptionelle Schema eines VoFi dargestellt.

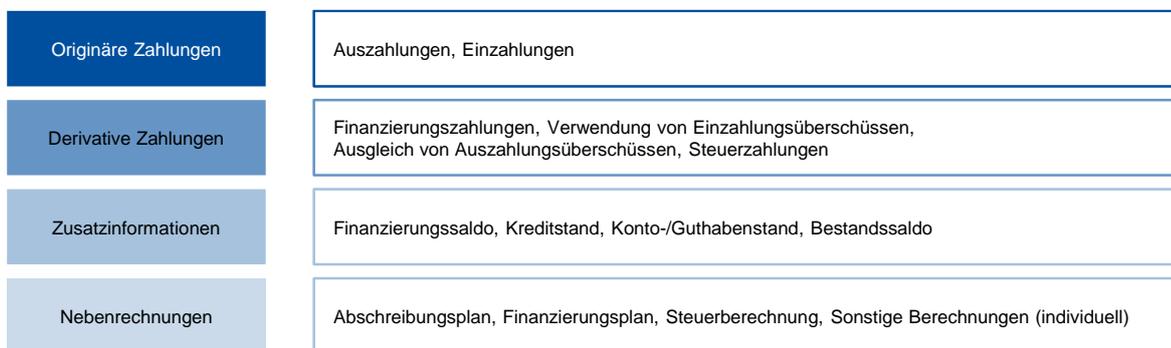


Abbildung 6-4: Vereinfachter schematischer Aufbau eines Vollständigen Finanzplans (VoFi)¹⁴⁷

Figure 6-4: Simplified schematic structure of a full financial plan¹⁴⁷

Insgesamt wird der VoFi in vier verschiedene Segmente eingeteilt. Die originären Zahlungen bezeichnen die Zahlungen, die unmittelbar aus der Investition resultieren.¹⁴⁸ Dazu zählen die Investitionsauszahlung (z. B. Anschaffungskosten Grundstück, Herstellungskosten Gebäude, Erwerbsnebenkosten), laufende Auszahlungen (z. B. nicht-umlagefähige Betriebskosten, Instandhaltungskosten), laufende Einnahmen (z. B. Mieterlöse, umlagefähige Betriebskosten) und der Veräußerungserlös des Gebäudes.¹⁴⁹ Die derivativen Zahlungen leiten sich aus den originären Zahlungen ab und bilden die notwendigen Finanzierungsmaßnahmen (z. B. Fremdkapital, Eigenkapital), die Verwendung von Einzahlungsüberschüssen (z. B. Sondertilgung, Reinvestition), den Ausgleich von Auszahlungsüberschüssen (z. B. Kreditaufnahme, Desinvestition) und die Steuerzahlungen (z. B. Gewerbesteuer, Körperschaftsteuer) ab. Die Zusatzinformationen beinhalten alle Berechnungen, die für die Beurteilung des Investitionsvorhabens genutzt werden können. Das Finanzierungssaldo ergibt sich aus den gesamten Ein- und Auszahlungen und wird zur Kontrolle der Berechnungen genutzt. Der Kreditstand gibt die Summe aller offenen Kreditforderungen und der Konto-/Guthabenstand gibt die Summe aller Guthaben an. Das Bestandssaldo ermittelt sich aus der Differenz des Kredit- und Guthabenstandes. Die Nebenrechnungen beinhalten alle Berechnungen, die für die Ermittlung der vorher genannten Größen notwendig sind. Diese umfassen die Abschreibungs-, Finanzierungs- und Steuerberechnung sowie weitere notwendige Berechnungen. Die Nebenrechnungen können individuell erweitert werden.

Aus den Vollständigen Finanzplänen können verschiedene Zielgrößen abgeleitet werden. Dazu gehören die folgenden Kennwerte:

- VoFi-Vermögensendwert,
- VoFi-Entnahme,

¹⁴⁶ Vgl. Schulte et al. (2016), S. 604 f.

¹⁴⁷ In Anlehnung an Grob (2006), S. 123, Ropeter (1998), S. 174, Gürtler (2007), S. 45; Schmuck (2016), S. 93.

¹⁴⁸ Vgl. Ropeter (1998), S. 54.

¹⁴⁹ Vgl. Schulte et al. (2016), S. 584 ff.

- VoFi-Amortisationsdauer und
- VoFi-Rentabilität (Eigen- und Gesamtkapitalrentabilität).¹⁵⁰

Der VoFi-Vermögensendwert lässt sich aus dem Bestandssaldo der letzten Betrachtungsperiode ablesen und kann als Vergleichswert für verschiedene Alternativen herangezogen werden. Die VoFi-Entnahme gibt an, in welcher Höhe eine regelmäßige Entnahme finanzieller Mittel erfolgen kann. Die VoFi-Amortisationsdauer gibt den Zeitpunkt an, an dem das Bestandssaldo der Investition gleich oder größer der Opportunitätsinvestition ist. Die VoFi-Rentabilität gibt die jährliche Steigerungsrate des eingesetzten Eigen- bzw. Gesamtkapitals an.¹⁵¹

Im vorliegenden Forschungsvorhaben wird die Eigenkapitalrentabilität als Bewertungskennzahl herangezogen, da mithilfe dieser Kennzahl die individuelle Beurteilung der Vorteilhaftigkeit einer Investition aus Sicht des Investors vorgenommen werden kann. Die VoFi-Eigenkapitalrentabilität gibt an, bei welchem Zinssatz das zu Beginn eingebrachte Eigenkapital (EK_0) über den festgelegten Betrachtungszeitraum von 27 Jahren zum Endvermögen (K_n) anwächst. Die Eigenkapitalrentabilität ermittelt sich mithilfe der folgenden Formel (6-1)¹⁵²:

$$r_{EK} = \begin{cases} \sqrt[n]{\frac{K_n}{EK_0}} - 1, & \text{für } K_n \geq 0 \\ -\sqrt[n]{1 + \frac{|K_n|}{EK_0}}, & \text{für } K_n < 0 \end{cases} \quad (6-1)$$

r_{EK} Eigenkapitalrentabilität in %
 K_n Endwert in €
 EK_0 Eigenkapitaleinsatz in €
 n Anlagedauer in Jahren

Der Funktionsverlauf der Eigenkapitalrentabilität (r_{EK}) in Abhängigkeit des Endwertes (K_n) ist in Abbildung 6-5 schematisch dargestellt. Es ist zu erkennen, dass der totale Eigenkapitalverlust bei einem Endwert von $K_n=0$ eintritt. Sobald der Endwert im negativen Wertebereich liegt, ist von einem Zuschussobjekt auszugehen. Wird hingegen über den Betrachtungszeitraum ein positiver Endwert erzielt, kommt es im Fall von $K_n=EK_0$ zu einer nominellen Eigenkapitalerhaltung. Bei diesem Szenario wird das Eigenkapital nicht verzinst und entspricht $r_{EK}=0$. Entspricht der Endwert der Investition dem Endwert einer alternativen Anlagemöglichkeit ($K_n=K_0$) so entspricht die Eigenkapitalrentabilität der Rentabilität der Opportunität ($r_{EK}=r_0$). Tritt dieser Fall ein, so wird eine ökonomische Eigenkapitalerhaltung erzielt. Ist der Endwert der Investition höher als der Endwert der alternativen Anlagemöglichkeit ($K_n>K_0$), so kann das Investitionsvorhaben als vorteilhaft eingestuft werden.¹⁵³

¹⁵⁰ Vgl. Schulte et al. (2016), S. 593.

¹⁵¹ Vgl. Ropeter (1998), S. 178 ff.

¹⁵² Vgl. Grob (2006), S. 250.

¹⁵³ Vgl. Schmuck (2016), S. 93 f.

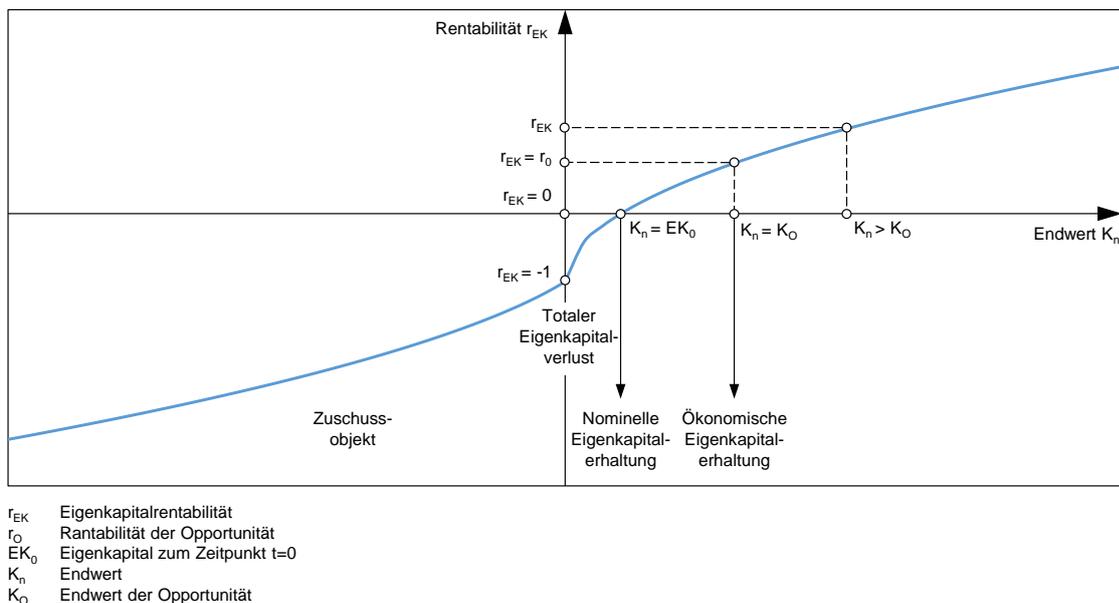


Abbildung 6-5: Schematischer Funktionsverlauf der Eigenkapitalrentabilität in Abhängigkeit von K_n ¹⁵⁴

Figure 6-5: Schematic course of function of equity return in dependence of k_n ¹⁵⁴

Alle Szenarien werden im Rahmen des Forschungsvorhabens mit individuellen VoFi's durchgeführt. Die Ergebnisse der Berechnungen werden in den folgenden Abschnitten vorgestellt.

6.3.2 Bestimmung der Eingangsparameter Estimation of input variables

Neben den Bau- und Nutzungskosten (siehe Abschnitt 6.2) verursachen zusätzliche Eingangsgrößen Kosten im Investitionsmodell. Der Eigenkapital- und Fremdkapitaleinsatz mit zugehörigen Zinsen und Tilgungsraten wurde im projektbegleitenden Ausschuss mit aktuell üblichen Ansätzen festgelegt. Für die Abnutzung des Gebäudes wurden eine steuerliche Abschreibung nach Einkommenssteuergesetz (EStG)¹⁵⁵ und zur Bestimmung des Restbuchwertes ein pauschaler technischer Abschreibungssatz auf Basis einer definierten Nutzungsdauer festgelegt. Dieser wurde bei allen Gebäudevarianten gleich angesetzt, um keinen Einfluss aus unterschiedlichen Abschreibungsansätzen auf die Zielgröße zu verursachen. Überdies werden die Grundstückskosten nicht als Anschaffungsinvestition über die Kostengruppe 100 im Modell abgebildet, sondern über den Ansatz des Erbbauzinses wird eine Nutzung des Grundstücks im Investitionsmodell angesetzt. Dies ist notwendig, da Grundstückspreise regional und marktabhängig starken Schwankungen unterliegen und hohe Grundstücksinvestitionen die gesamten Investitionskosten stark beeinflussen. Regionale Unterschiede der Baupreise in den angesetzten B-Städten werden über einen gemittelten Regionalfaktor vereinheitlicht. Eine weitere Eingangsgröße im Modell ist die Auslastung der vermietbaren Flächen. Über eine Anpassung des Vermietungsgrad können im VoFi-Modell diverse

¹⁵⁴ In Anlehnung an Grob (2006), S. 251; Schmuck (2016), S. 96.

¹⁵⁵ Vgl. Bundesrepublik Deutschland (2017a).

Modellbasierte Bewertung der Wirtschaftlichkeit Model-based evaluation of the economic feasibility

Szenarien durchgerechnet werden. Damit lassen sich in der Lebenszyklusbetrachtung verschieden Auslastungszustände abbilden. Zur Beurteilung des Einflusses der Variabilität auf die Eigenkapitalrentabilität sind individuelle Anpassungen in den Szenarien nicht geeignet, da diese die Erlöse und damit das Gesamtergebnis sehr stark beeinflussen. Deshalb wird für alle Vermietungsflächen in allen Szenarien ein einheitlicher Vermietungsgrad angesetzt. In Tabelle 6-8 sind alle Eingangsgrößen für das Berechnungsmodell zusammenfassend dargestellt. Im Anschluss daran werden die einzelnen Ansätze, außer Kosten und Erlöse (siehe Abschnitt 6.2), erläutert.

Tabelle 6-8: Überblick zu den Eingangsgrößen des Vollständigen Finanzplanes

Table 6-8: Overview of input variables of the complete financial plan

Eingangsgröße	Wert (i. M.)	Einheit	Ermittlung	Grundlagen			Bemerkungen
Baukosten							
Realisierungskosten	spezifisch	€ [netto]	stochastisch				Ansatz im Jahr -2 bis Jahr 0
Umbaukosten	spezifisch	€ [netto]	stochastisch				Ansatz im Jahr 13
Nutzungskosten							
				min	mittel	max	
Nutzungsart Büro	3,31	€ [netto]/(m ² NRF*Monat)	stochastisch	2,82	3,3	3,81	Dreiecksverteilung
Nutzungsart Gewerbe	3,97	€ [netto]/(m ² NRF*Monat)	stochastisch	3,38	3,96	4,57	Dreiecksverteilung
Nutzungsart Wohnen	16,06	€ [netto]/(m ² BGF*a)	stochastisch	7,55	16,85	23,79	Dreiecksverteilung
Nutzungsart Hotel	4,30	€ [netto]/(m ² NRF*Monat)	stochastisch	3,67	4,29	4,95	Dreiecksverteilung
Erlöse							
				min	mittel	max	
Nutzungsart Büro	8,81	€ [netto]/(m ² NUF*Monat)	stochastisch	6,28	8,57	11,59	Dreiecksverteilung
Nutzungsart Gewerbe	49,76	€ [netto]/(m ² NUF*Monat)	stochastisch	14,11	33,39	101,79	Dreiecksverteilung
Nutzungsart Wohnen	7,47	€ [netto]/(m ² NUF*Monat)	stochastisch	5,60	7,26	9,55	Dreiecksverteilung
Nutzungsart Hotel	625,00	€ [netto]/(Zimmer*Monat)	stochastisch	450,00	---	800,00	Rechteckverteilung
Nutzungsart Stellplätze	6,40	€ [netto]/(m ² NUF*Monat)	stochastisch	4,00	6,40	8,80	Dreiecksverteilung
Kostenanpassung							
Regionalfaktor	0,957		deterministisch		---		Verwendung für Realisierungs- und Umbaukosten
Preissteigerung							
Baupreise	2,4	%	deterministisch		---		Verwendung für Umbaukosten
Verbraucherpreise	1,6	%	deterministisch		---		Verwendung für Nutzungskosten
Mieten	1,5	%	deterministisch		---		Verwendung für Erlöse
Vermietungsgrad							
Nutzungsart Büro	90	%	deterministisch		---		10 % Leerstandsquote für Zeiten Mieterwechsel
Nutzungsart Gewerbe	90	%	deterministisch		---		10 % Leerstandsquote für Zeiten Mieterwechsel
Nutzungsart Wohnen	90	%	deterministisch		---		10 % Leerstandsquote für Zeiten Mieterwechsel
Nutzungsart Hotel	100	%	deterministisch		---		Komplette Verpachtung an Hotelbetreiber
Nutzungsart Stellplätze	90	%	deterministisch		---		10 % Leerstandsquote für Zeiten Mieterwechsel
Eigenkapital							
Eigenkapitaleinsatz	30,0	%	deterministisch		---		zzgl. Zinsen für Darlehen in Realisierungsphase
Verwaltung							
Projektgesellschaft	35.000,00	€ [netto] p. a.	deterministisch		---		Eigenkapitalgeber und Projektverwaltung
Grundstück							
				min	mittel	max	
Grundstückskosten B-Städte	394,50	€ [netto]/(m ² GF)	stochastisch	153,00	---	636,00	Rechteckverteilung
Erbbauzins	8,0	%	deterministisch		---		für Gewerbebauten 6 % bis 10 %
Grundstücksfläche	200	%	deterministisch		---		Annahme für Grundstück doppelte GRF
Abschreibung							
Technisch	1,0	%	deterministisch		---		Linearer Ansatz für Nutzungsdauer 100 Jahre
Steuerlich - Büro/Gewerbe/Hotel	3,0	%	deterministisch		---		nach EStG
Steuerlich - Wohnen	2,0	%	deterministisch		---		nach EStG
Darlehen							
	Tilgung	Einheit		Zins	Einheit		
Annuitätenkredit 1. bis 6. Jahr	3,0	%	deterministisch	1,5	%		Annahme für Zinsentwicklung
Annuitätenkredit 7. bis 12. Jahr	2,0	%	deterministisch	4,0	%		Annahme für Zinsentwicklung
Annuitätenkredit 13. bis 25. Jahr	2,0	%	deterministisch	5,0	%		Annahme für Zinsentwicklung
Verrechnungskonto							
Verzinsung 1. bis 6. Jahr	0,1	%	deterministisch		---		Annahme für Zinsentwicklung
Verzinsung 7. bis 12. Jahr	0,5	%	deterministisch		---		Annahme für Zinsentwicklung
Verzinsung 13. bis 25. Jahr	1,0	%	deterministisch		---		Annahme für Zinsentwicklung
Steuern							
Steuermesszahl	3,5	%	deterministisch		---		nach GewStG
Hebesatz	460	%	deterministisch		---		Durchschnitt der Hebesätze deutscher B-Städte
Körperschaftsteuer	15,0	%	deterministisch		---		nach KStG
Solidaritätszuschlag	5,5	%	deterministisch		---		nach SolzG

Kostenanpassung

Regionale Unterschiede der Baupreise werden mit dem Regionalfaktor berücksichtigt. Für die Untersuchung im Modell wurden die B-Städte als Vergleichsstandorte gewählt (siehe Abschnitt 5.7.3). Die Kostenkennwerte des BKI sind auf Bundesdurchschnitt vereinheitlicht und müssen deshalb für die Auswahl der B-Städte abgepasst werden. In Tabelle 6-9 sind die zugehörigen Bundeskorrekturfaktoren aufgeführt.

Tabelle 6-9: Bestimmung der Regionalfaktor Anpassung¹⁵⁶

Table 6-9: Determination of regional factor adjustment¹⁵⁶

Stadtkreis	Bundeskorrekturfaktor		Stadtkreis
Bochum, Stadt	0,871	1,039	Karlsruhe
Bonn, Stadt	1,016	1,045	Karlsruhe, Stadt
Bremen, Stadt	0,994	0,946	Leipzig
Dortmund, Stadt	0,867	0,849	Leipzig, Stadt
Dresden, Stadt	0,862	0,988	Mannheim, Stadt
Duisburg, Stadt	0,959	0,958	Münster, Stadt
Essen, Stadt	0,973	0,958	Nürnberg, Stadt
Hannover, Region	0,927	1,061	Wiesbaden, Stadt
0,957 i. M.			

Preissteigerung

Preissteigerungen, wie in Abschnitt 5.5.4 beschrieben, beeinflussen die jährlich anzusetzenden Kosten und Erlöse im Berechnungsmodell. Für den VoFi wurde die Baupreissteigerung des BPI bei den Umbaukosten mit 2,4 % pro Jahr (gemittelter Baupreisindex der letzten 10 Jahre) angesetzt. D. h. im Jahr des Umbaus der Referenzgebäude (Jahr 13) ist eine fortgeschriebene Preissteigerung seit der Fertigstellung der Referenzgebäude zu berücksichtigen.

Die Verbraucherpreissteigerung wurde bei den Nutzungskosten angesetzt. Diese beträgt im Mittel 1,6 % pro Jahr (gemittelter Verbraucherpreisindex der letzten 10 Jahre) und gilt im gesamten Nutzungszeitraum (25 Jahre).

Für die Preissteigerung der Mieterlöse wird der Immobilienpreisindex betrachtet. Danach sind im Zeitraum von 2004 bis 2014 die Immobilienpreise im Mittel um 2,1 % jährlich gestiegen. Für die Untersuchung im Investitionsmodell wird ein Mix der Mieterlöse für die verschiedenen Nutzungsarten verwendet. In Abstimmung mit dem projektbegleitenden Ausschuss wurde deshalb eine jährliche Preissteigerung für alle Mieterlöse mit 1,5 % festgelegt.

Vermietungsgrad

Der Vermietungsgrad legt fest, mit welcher Auslastung die Nutzungsflächen vermietet sind. Für Büro, Gewerbe, Wohnen und Stellplätze wird ein genereller Vermietungsgrad von 90 % angenommen. Eine Vollvermietung wird nicht angesetzt, um temporäre Leerstände und Leerstände durch Mieterwechselzeiten im Nutzungszeitraum zu berücksichtigen. Für die Nutzungsart Hotel wird ein Vermietungsgrad von 100 % gewählt. Nut-

¹⁵⁶ Vgl. BKI Baukosteninformationszentrum (2015), S. 806 ff.

zungsflächen eines Hotels sind nicht partiell vermietbar. Es wird davon ausgegangen, dass der Investor mit dem Hotelbetreiber einen Pachtvertrag über die gesamten Nutzungsflächen des Gebäudes (ausgenommen Gewerbeflächen im Erdgeschoss) abschließt. Damit ist der Investor nicht vom laufenden Hotelbetrieb und der Zimmerauslastung abhängig.

Eigenkapital

Die Projektfinanzierung erfolgt durch Kapitalbeschaffung aus Eigen- und Fremdkapital. Das Eigenkapital wird durch den Investor aufgebracht. Für die Investitionsrechnung wird festgelegt, dass die Gesellschafter einer gegründeten Projektgesellschaft das Eigenkapital einbringen. Als juristisch eigenständige Gesellschaft kann die Projektgesellschaft Fremdkapital aufnehmen. Das Fremdkapital wird in Form von Darlehen aufgenommen. Während Gesellschafter an einer Maximierung des Projekterfolges und einer möglichst geringen Eigenkapitalquote interessiert sind¹⁵⁷, sind Banken an angemessenen Belastbarkeit des Projekts interessiert. Dies wird durch eine hohe Eigenkapitalquote gewährleistet.¹⁵⁸ In der Regel liegt die Eigenkapitalquote bei Projektfinanzierungen zwischen 20 % und 40 % des Gesamtvolumens.¹⁵⁹ Für das Investitionsmodell wurde eine Eigenkapitalquote im von 30 % festgelegt und mit dem projektbegleitenden Ausschuss abgestimmt.

Verwaltung

Die Projektgesellschaft übernimmt neben der Kapitalbeschaffung auch alle Verwaltungsaufgaben des Referenzobjektes. In der Nutzungsphase ist sie zuständig für die Vermietung der Nutzungsflächen, Wartungs- und Instandhaltungsverträgen sowie für das gesamte Finanz- und Rechnungswesen. Die Kosten für die Projektgesellschaft wurden mit jährlich 35.000 Euro festgelegt.¹⁶⁰

Grundstück

Der Kaufpreis für das Grundstück ist regional sehr unterschiedlich. Makro- und Mikrostandortbedingungen beeinflussen dabei die Höhe des ansetzbaren Kaufpreises.¹⁶¹ Der Grundstückspreis ist für die Untersuchung der Variabilität im Lebenszyklusmodell kaum relevant. Jedoch beeinflusst er die absolute Höhe des Zielwertes (z. B. Eigenkapitalrentabilität). Deshalb wird für alle Untersuchungsszenarien im gesamten Nutzungszeitraum der *Erbbauzins* als Grundstücksentgelt angesetzt. Die Höhe des Erbbauzinses ist nicht gesetzlich festgelegt und ist zwischen Investor und Grundstückseigentümer frei vereinbar. Die Höhe des Zinses für Gewerbebauten liegt üblicherweise bei 6 bis 10 %.¹⁶² Im Investitionsmodell wurde der Mittelwert von 8 % angesetzt.

¹⁵⁷ Vgl. Schmuck (2016), S. 63.

¹⁵⁸ Vgl. Böttcher/Blattner (2013), S. 131.

¹⁵⁹ Vgl. Scholz et al. (2017), S. 230.

¹⁶⁰ Der Kostenansatz nach Oscar (0,31 bis 0,39 €/m²/Monat) multipliziert mit der Nettoraumfläche. Gerundet und mit dem projektbegleitenden Ausschuss abgestimmt werden 35.000 € p. a. angesetzt. Vgl. Jones Lang LaSalle (2016), S. 10.

¹⁶¹ Vgl. Schulte/Bone-Winkel/Schäfers (2016), S. 195 f.

¹⁶² Vgl. Handschumacher (2014), S. 59.

Abschreibung

Die Abschreibung der Referenzgebäude wird in die *steuerliche* und die *technische* Abschreibung unterschieden. Bei der steuerlichen Abschreibung können die Herstellungskosten der Gewerbebebauung (Büro, Gewerbe) mit einem festen Abschreibungssatz von 3 % pro Jahr und für alle anderen Gebäude (Wohnen, Hotel) mit 2 % pro Jahr linear abgeschrieben werden.¹⁶³ In der Erstnutzungsphase werden die Referenzgebäude nur gewerblich (Büro, Gewerbe) genutzt und deshalb werden die gesamten Realisierungskosten mit 3 % abgeschrieben. Nach dem Umbau in Wohnen und Hotel sind die anteiligen Kosten für Wohnflächen mit 2 % und für Gewerbeflächen weiterhin mit 3 % abzuschreiben. Für die Abschreibung nach dem Umbau werden die Umbaukosten zu den anteiligen Realisierungskosten¹⁶⁴ hinzugerechnet. Wie bereits in Abschnitt 5.7.2 und 5.7.3 ausgeführt, wird für die Abnutzung der Gebäudesubstanz ein technischer Abschreibungssatz von 1 % pro Jahr festgelegt.

Darlehen

Im Investitionsmodell wird das Fremdkapital über ein Annuitätendarlehen finanziert. Durch die konstanten jährlichen Rückzahlungsbeträge wird die Berechnung im Modell vereinfacht. Die gewählten Ansätze für Tilgung und Zinsen berücksichtigen die aktuelle Zinslage im Finanzsektor. Danach lag der Effektivzinssatz im Jahr 2015 im Bereich zwischen 1,4 % p. a. und 1,80 % p. a.¹⁶⁵ Aktuelle Zinssätze können nur bei üblichen Laufzeiten angesetzt werden, bei denen die Bank zukünftige Entwicklungen gut abschätzen kann. Für das Investitionsmodell wurde deshalb die Aufteilung in drei Darlehenslaufzeiten mit dem projektbegleitenden Ausschuss abgestimmt. Das erste Darlehen läuft über 6 Jahre mit 3 % p. a. Tilgung und einem aktuellen Effektivzins von 1,5 % p. a. Das zweite Darlehen läuft ebenfalls 6 Jahre bei 2 % p. a. Tilgung und mit 4,0 % p. a. Effektivzins. Das dritte Darlehen läuft 12 Jahre bei 2 % p. a. Tilgung und mit 5,0 % p. a. Effektivzins.

Verrechnungskonto

Für das Verrechnungskonto des Investors wurde auf Basis der aktuellen Zinslage ein gestaffelter Guthabenzins von 0,1 % vom ersten bis zum sechsten Jahr der Nutzungsphase, von 0,5 % vom siebten bis zum zwölften Jahr und von 1,0 % vom 13. bis zum 25. Jahr festgelegt. Durch die Staffelung wird das Überwinden der aktuellen Niedrigzinsphase berücksichtigt.

Steuern

Für die Steuerbetrachtung sind nur Steuerarten relevant, die tatsächlich von der Projektgesellschaft zu zahlen sind. Zu diesen zählen die Gewerbesteuer und die Körperschaftsteuer zzgl. des Solidaritätszuschlages.¹⁶⁶ Umsatzsteuerliche Auswirkungen bleiben im gesamten Modell unberücksichtigt, da diese unternehmensspezifisch und

¹⁶³ Vgl. Bundesrepublik Deutschland (2017a), S. 49 (EStG § 7 Absatz 4).

¹⁶⁴ Anteilige Realisierungskosten sind der Restwert der Herstellkosten nach 13 Jahren Abschreibung bis zum Ende der Umbauphase.

¹⁶⁵ Vgl. Deutsche Bundesbank (2018), zuletzt geprüft am 30.05.2018.

¹⁶⁶ Vgl. Grob (2006), S. 306.

damit modellunabhängig sind. Bei der Gewerbesteuer ist die Steuerbemessungsgrundlage der Gewerbeertrag, auf den die Steuermesszahl von 3,5 % nach GewStG anzuwenden ist.¹⁶⁷ Auf den so berechneten Steuermessbetrag wird ein Hebesatz von 460 % (gemittelt über alle deutschen B-Städte) angewendet, um die festzusetzende Gewerbesteuer zu ermitteln. Die Körperschaftssteuer, als besondere Form der Einkommenssteuer, gilt für Kapitalgesellschaften. Damit ist die Projektgesellschaft nach KStG unbeschränkt körperschaftssteuerpflichtig.¹⁶⁸ Bemessungsgrundlage ist das jährlich zu versteuernde Einkommen der Projektgesellschaft.¹⁶⁹ Der Steuersatz beträgt 15 % des Gewerbeertrages.¹⁷⁰ Als Ergänzungsabgabe ist ein Solidaritätszuschlag von 5,5 % zu entrichten. Dieser wird als Zuschlagsatz auf die Körperschaftssteuer erhoben.¹⁷¹

Neben den Ertragssteuern ist auch die Grundsteuer zu entrichten. Diese wurde nicht explizit berechnet, sondern über Anteile in den Nutzungskosten (öffentliche Abgaben) berücksichtigt.¹⁷²

6.4 Stochastische Szenarienanalyse der Referenzgebäude Stochastic scenario analysis of the reference buildings

6.4.1 Simulationsergebnisse Simulation results

In den nachfolgenden Abbildungen werden die Simulationsergebnisse der VoFi's für die acht Untersuchungsszenarien zuzüglich eines Basisszenarios (Vergleichsszenario) dargestellt. Das Basisszenario wurde eingeführt, um die Untersuchungsszenarien mit einem definierten Worst-Case-Szenario vergleichen zu können.

Für das Basisszenario (Referenzgebäude mit geringer Variabilität) wurden folgende, von den allgemeinen Bedingungen der Untersuchungsszenarien abweichende, Vorgaben definiert:

- Keine Umbauphase, damit auch keine Umbaukosten und
- Folgenutzungsphase (Jahr 13 bis 25) mit strukturellem Leerstand sowie 0,0 % Vermietungsgrad für die Büronutzung, 50 % Vermietungsgrad für Gewerbenutzung und 50 % Vermietungsgrad für die Flächen der Tiefgarage.

¹⁶⁷ Vgl. Bundesrepublik Deutschland (2017b).

¹⁶⁸ Vgl. Bundesrepublik Deutschland (2017c).

¹⁶⁹ Vgl. Bundesrepublik Deutschland (2017c) § 7 (1) und (3).

¹⁷⁰ Vgl. Bundesrepublik Deutschland (2017c) § 23 (1).

¹⁷¹ Vgl. Bundesrepublik Deutschland (1992) § 4.

¹⁷² Der Kostenansatz nach Oscar für öffentliche Abgaben beläuft sich auf 0,52 bis 0,58 €/m²/Monat multipliziert mit der Nettonraumfläche. Vgl. Jones Lang LaSalle (2016), S. 10.

In Tabelle 6-10 sind die simulierten Mittelwerte, 5 %-Quantile, 95 %-Quantile der Eigenkapitalrentabilitätsverteilungen sowie die anteiligen Eigenkapitaleinsätze¹⁷³ für die acht Untersuchungsszenarios und das Basisszenario dargestellt. Im Anschluss daran sind in Tabelle 6-11 die zugehörigen Wahrscheinlichkeitsverteilungen abgebildet.

Bei den Szenarien Basis, Wohnen und Hotel ist der Kurvenverlauf bis in den Bereich von -100 % dargestellt, denn in diesen Fällen ist bei den Minimalwerten ein 100prozentiger Eigenkapitalverlust möglich. Diese „Ausreißer“ werden lediglich im Basisszenario beim 5 %-Quantil berücksichtigt. In allen anderen Fällen liegen die Quantilswerte im positiven (Ausnahme: Szenario hohe Variabilität, Wohnen im leicht negativen) Bereich. In der Darstellung von Tabelle 6-11 verdichten sich die Wahrscheinlichkeitswerte zwischen 0,0 % und 9,0 %.

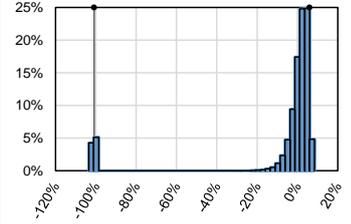
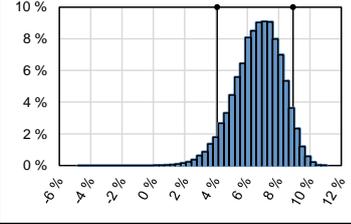
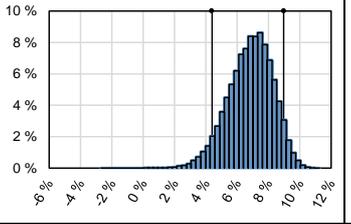
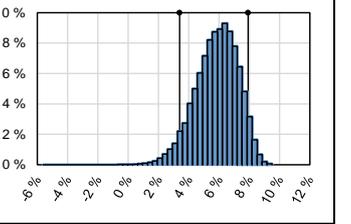
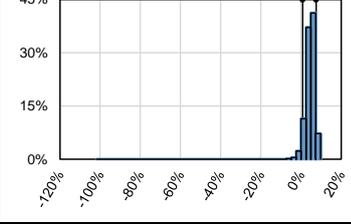
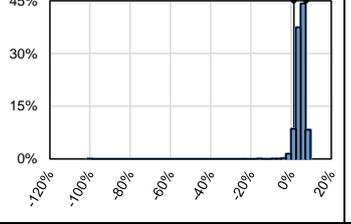
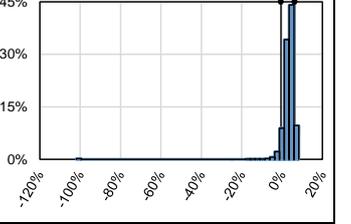
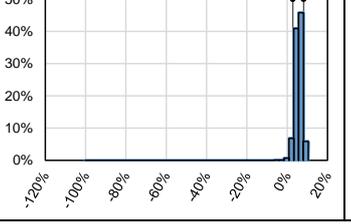
Tabelle 6-10: Eigenkapitalrentabilitäten der Szenarien

Table 6-10: Return on equity of the scenarios

Variabilität	Eigenkapitalrendite r_{EK} [%] (Mittelwert)	5%-Quantil	95%-Quantil	Eigenkapitaleinsatz
Bürogebäude geringe Variabilität / Basis	-8,44%	-100,93 %	6,02 %	3.675.870,00
Bürogebäude geringe Variabilität zu Hotel	6,68%	4,09 %	8,91 %	3.675.870,00
Bürogebäude mittlere Variabilität zu Hotel	6,84%	4,37 %	8,96 %	3.781.430,00
Bürogebäude hohe Variabilität zu Hotel	5,84%	3,39 %	7,91 %	4.155.570,00
Bürogebäude geringe Variabilität zu Wohnen	4,56%	0,82 %	7,61 %	3.675.870,00
Bürogebäude mittlere Variabilität zu Wohnen	4,76%	1,44 %	7,57 %	3.781.430,00
Bürogebäude hohe Variabilität zu Wohnen	3,25%	-0,48 %	6,31 %	4.155.570,00
Bürogebäude mittlere Variabilität zu gemischte Nutzung	5,60%	2,79 %	8,13 %	3.781.430,00
Bürogebäude hohe Variabilität zu gemischte Nutzung	3,99%	0,65 %	6,70 %	4.155.570,00

¹⁷³ Das eingesetzte Eigenkapital bezieht sich ausschließlich auf den Zeitpunkt $t=0$. Eingesetzte Reinvestitionen im Jahr 13 (Umbaukosten) werden nicht dem Eigenkapitaleinsatz zugerechnet, da das Investitionsobjekt als in sich geschlossen angesehen wird. Bereitstellungszinsen und Darlehensraten in der Realisierungsphase sind in dem angegebenen Eigenkapitaleinsatz enthalten.

Tabelle 6-11: Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Zielgröße: Eigenkapitalrentabilität
 Table 6-11: Probability distributions of the target: return on equity

Szenario	Geringe Variabilität	Mittlere Variabilität	Hohe Variabilität
Basis		kein Szenario	kein Szenario
Hotel			
Wohnen			
Gem. Nutzung	kein Szenario		

6.4.2 Beurteilung der Ergebnisse Evaluation of results

Nachdem die Eigenkapitalrentabilitätsverteilungen der vollständigen Finanzpläne bestimmt wurden, sind diese miteinander zu vergleichen. Dabei sind Schlussfolgerungen zur Wirtschaftlichkeit einzelner Szenarien und dem Einfluss der Variabilität auf die Ergebnisse zu ziehen. Bei der Bewertung der Wirtschaftlichkeit ist darauf zu achten, dass eine Bewertung der absoluten Werte (Mittelwerte und Quantile) ausschließlich unter Berücksichtigung der festgelegten Eingangsgrößen erfolgen kann. Eine Verallgemeinerung der Ergebnisse (absolute Werte der Renditen) auf ähnliche Gebäude ist nicht möglich, denn die Eingangsgrößen sind für jedes Projekt individuell festzulegen. Die Ergebnisse können jedoch in Relation untereinander verglichen werden. Im Ergebnisvergleich wird die Vorteilhaftigkeit von bestimmten Variabilitätsgraden und Nutzungsarten beurteilt. Im Anschluss daran werden in Abschnitt 6.4.3 ausgewählte Eingangsgrößen in Sensitivitätsanalysen hinsichtlich ihres Einflusses auf die Renditehöhe untersucht und bewertet.

Aus Tabelle 6-10 ist festzustellen, dass:

- alle Untersuchungsszenarien im Vergleich zum Basisszenario im Mittel eine positive Eigenkapitalrendite aufweisen,
- ein totaler Eigenkapitalverlust auch im ungünstigen Fall des 5 %-Quantils nur im Basisszenario möglich ist,
- die höchsten Renditen mit der Nutzungsart Hotel (Spezialimmobilie) erzielt werden, gefolgt von der gemischten Nutzung auf Rang zwei bis hin zur Nutzung als Wohnen auf Rang drei,
- struktureller Leerstand über einen längeren Zeitraum zwangsläufig zu negativen Renditen (Basisszenario) führt,
- die mittlere Variabilität in allen Nutzungsarten die höchste Rendite erwirtschaftet,
- bei der hohen Variabilität mit vergleichsweise hohen Realisierungskosten (siehe Tabelle 6-4) die geringste Rendite erzielt wird und
- bei geringer Variabilität mit den günstigsten Realisierungskosten (siehe Tabelle 6-2) und höchsten Umbaukosten (siehe Tabelle 6-5) eine mittlere Renditeerwartung zu prognostizieren ist.

In Tabelle 6-12 wird der Quantilsanteil ermittelt, bei dem eine positive Eigenkapitalrendite $r_{EK} \geq 0,00 \%$ zu erwarten ist. Dafür wird zunächst der Quantilswert aus der Wahrscheinlichkeitsverteilung ermittelt, bei dem die Eigenkapitalrentabilität r_{EK} den Wert $0,00 \%$ annimmt. Dieser Quantilswert $q_{EK=0}$ ist der Spalte drei zu entnehmen. Danach wird in Spalte vier die Quantilsspanne zwischen dem 95 %-Quantil und dem Quantilswert $q_{EK=0}$ bestimmt. Beispielsweise besteht im Basisszenario ein Risiko von 36 % mit der Investition eine negative Rendite zu erzielen. In allen anderen Untersuchungsszenarien liegt das Risiko einen Eigenkapitalverlust zu erzielen bei $0,00 \%$ bis $6,50 \%$.

Tabelle 6-12: Auswertung zur positiven Renditeentwicklung der Szenarien

Table 6-12: Evaluation of the positive yield development of the scenarios

Variabilität	Eigenkapitalrendite r_{EK} [%] (Mittelwert)	Quantilswert bei 0,0 % Eigenkapitalrendite [$q_{EK=0}$]	Quantilsanteil mit positiver Rendite [$q_{EK=0} \leq r_{EK} \leq q_{95}$]
Bürogebäude geringe Variabilität / Basis	-8,44%	36,00 %	59,00 %
Bürogebäude geringe Variabilität zu Hotel	6,68%	0,00 %	95,00 %
Bürogebäude mittlere Variabilität zu Hotel	6,84%	0,00 %	95,00 %
Bürogebäude hohe Variabilität zu Hotel	5,84%	0,10 %	94,90 %
Bürogebäude geringe Variabilität zu Wohnen	4,56%	2,90 %	92,10 %
Bürogebäude mittlere Variabilität zu Wohnen	4,76%	1,50 %	93,50 %
Bürogebäude hohe Variabilität zu Wohnen	3,25%	6,50 %	88,50 %
Bürogebäude mittlere Variabilität zu gemischte Nutzung	5,60%	0,30 %	94,70 %
Bürogebäude hohe Variabilität zu gemischte Nutzung	3,99%	3,10 %	91,90 %

Detaillierte Auswertungen zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit innerhalb einer Nutzungsart (Umnutzung der drei Referenzgebäude mit verschiedenen Variabilitäten in die gleiche Nutzungsart) und innerhalb eines Variabilitätsgrades (Umnutzung eines Referenzgebäudes in Hotel, Wohnen, gemischte Nutzung) werden in den Sensitivitätsanalysen im Abschnitt 6.4.3 durchgeführt.

6.4.3 Sensitivitätsanalyse Sensitivity analysis

Die Festlegung der Parameter für die Eingangsgrößen ist ein sensibler Schritt in Investitionsmodell, da viele der getroffenen Annahmen auf subjektiven Schätzungen beruhen.¹⁷⁴ In Sensitivitätsanalysen wird geprüft, wie stark die schrittweise Veränderung einer Eingangsgröße den Zielwert beeinflusst. Dabei können zwei Verfahren angewendet werden: die Methode der kritischen Werte oder die Methode der Alternativrechnung.¹⁷⁵ Bei der Methode der kritischen Werte wird untersucht, wann durch die Veränderung der variablen Eingangsgröße ein definierter Grenzwert des Zielwertes erreicht wird. Dafür wird die Eingangsgröße solange variiert, bis der vorgegebene Grenzwert erreicht wird.¹⁷⁶ Bei der Alternativrechnung wird nicht eine kritische Größe untersucht, sondern die Stabilität der Zielgröße bei Variation einer Eingangsgröße. Dazu wird eine Eingangsgröße in einer definierten Schrittfolge variiert und die Änderung der Zielgröße dokumentiert. In der folgenden Untersuchung werden die wichtigsten Eingangsgrößen mit der Schrittfolge -30 %, -20 %, -10 %, + 10 %, + 20 % und + 30 % prozentual verändert.¹⁷⁷ Das Ergebnis beinhaltet allerdings keine Entscheidungsregel. Vielmehr verdeutlicht es dem Entscheidungsträger, für welche Eingangsgrößen die Eingangsparameter (Minimalwert, wahrscheinlicher Wert und Maximalwert) im Vorfeld explizit zu bestimmen sind, um mit den Annahmen im Investitionsmodell eine realistische Zielgröße (Eigenkapitalrentabilität) ermitteln zu können.¹⁷⁸ Hierbei ist anzumerken, dass die Änderung einer Eingangsgröße bei konstanten anderen Werten nicht die Realität widerspiegelt. Bei der Veränderung von mehreren Eingangsgrößen sind die Ergebnisse kaum noch interpretierbar.¹⁷⁹ Mit der Methode der Alternativrechnung ist es außerdem nicht möglich eine Aussage über die Wahrscheinlichkeit von Abweichungen der Eingangsgrößen zu treffen.¹⁸⁰

Die Ergebnisse der Simulationsexperimente zur Bestimmung der Sensitivität der Eigenkapitalrentabilität sind am Beispiel des Szenarios der geringen Variabilität mit Umnutzung zu Hotel in Tabelle 6-13 bis Tabelle 6-14 wiedergegeben. Die Sensitivitätsanalysen aller anderen Szenarien sind in Anlage C.4 enthalten.

¹⁷⁴ Vgl. Götze (2014), S. 401.

¹⁷⁵ Vgl. Ropeter (1998), S. 212 ff.

¹⁷⁶ Vgl. Kegel (1991), S. 32.

¹⁷⁷ Die prozentuale Veränderung führt bei deterministischen Eingangsgrößen zur prozentualen Anpassung der Eingangsgröße. Bei Anpassung stochastischer Verteilungen wird die gesamte Verteilungsfunktion um den Prozentualen Faktor verschoben. Damit ändert sich durch die Anpassung nicht der Verlauf der Kurve, sondern nur ihre Lage. Die Eingangsparameter der Verteilungsfunktionen (Min, Mittel, Max) werden alle um den gewählten Prozentsatz variiert.

¹⁷⁸ Vgl. Götze (2014), S. 164 ff.

¹⁷⁹ Vgl. Gürtler (2007), S. 64.

¹⁸⁰ Vgl. Götze (2014), S. 413.

Modellbasierte Bewertung der Wirtschaftlichkeit
 Model-based evaluation of the economic feasibility

Tabelle 6-13: Auswirkungen veränderter Eingangsgrößen auf die Eigenkapitalrentabilität (Teil 1 von 2)
 Table 6-13: Impact of changed input variables on return on equity (part 1 of 2)

Eingangsgröße (Hauptmerkmal)	Merkmal	Mögliche(s) Risiko/Chance	Abweichung von Eingangsgröße	Rendite r_{EK} [%] (Mittelwert)	Abweichung zum Mittelwert	5 %-Quantil	Abweichung zum 5 %-Quantil	95 %-Quantil	Abweichung zum 95 %-Quantil
Realisierungskosten	Gesamt	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-30,00 %	8,60 %	28,74 %	6,36 %	55,50 %	10,66 %	19,64 %
			-20,00 %	7,90 %	18,26 %	5,49 %	34,23 %	9,98 %	12,01 %
			-10,00 %	7,27 %	8,83 %	4,78 %	16,87 %	9,40 %	5,50 %
		Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig	10,00 %	6,14 %	8,08 %	3,42 %	16,38 %	8,45 %	5,16 %
			20,00 %	5,62 %	2,81 %	2,22 %	31,90 %	8,02 %	9,99 %
			30,00 %	5,13 %	23,20 %	2,22 %	45,72 %	7,57 %	15,04 %
	Fassade (KG 335/337)	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-30,00 %	7,30 %	9,28 %	4,96 %	21,27 %	9,39 %	5,39 %
			-20,00 %	7,09 %	6,14 %	4,65 %	13,69 %	9,20 %	3,25 %
			-10,00 %	6,88 %	2,99 %	4,35 %	6,36 %	9,11 %	2,24 %
		Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig	10,00 %	6,50 %	2,69 %	3,93 %	3,91 %	8,80 %	1,23 %
			20,00 %	6,30 %	5,69 %	3,57 %	12,71 %	8,61 %	3,37 %
			30,00 %	6,11 %	8,53 %	3,40 %	16,87 %	8,47 %	4,94 %
	Tragkonstruktion (Stützen und Decken)	Stahlpreisverfall	-30,00 %	7,03 %	5,24 %	4,55 %	11,25 %	9,23 %	3,59 %
			-20,00 %	6,91 %	3,44 %	4,34 %	6,11 %	9,14 %	2,58 %
			-10,00 %	6,80 %	1,80 %	4,18 %	2,20 %	9,00 %	1,01 %
Stahlpreissteigerung		10,00 %	6,57 %	1,65 %	3,98 %	2,69 %	8,81 %	1,12 %	
		20,00 %	6,47 %	3,14 %	3,89 %	4,89 %	8,68 %	2,58 %	
		30,00 %	6,36 %	4,79 %	3,77 %	7,82 %	8,59 %	3,59 %	
Umbaukosten 6.283.000 €	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-30,00 %	7,08 %	5,99 %	4,73 %	15,65 %	9,07 %	1,80 %	
		-20,00 %	6,96 %	4,19 %	4,19 %	11,00 %	9,05 %	1,57 %	
		-10,00 %	6,83 %	2,25 %	4,35 %	6,36 %	8,95 %	0,45 %	
	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig	10,00 %	6,53 %	2,25 %	3,90 %	4,65 %	8,88 %	0,34 %	
		20,00 %	6,37 %	4,64 %	3,65 %	10,76 %	8,75 %	1,80 %	
		30,00 %	6,20 %	7,19 %	3,36 %	17,85 %	8,66 %	2,81 %	
Erbbauzins 8 %	zu hoher Ansatz gewählt	-30,00 %	6,84 %	2,40 %	4,34 %	6,11 %	9,04 %	1,46 %	
		-20,00 %	6,79 %	1,65 %	4,24 %	3,67 %	8,95 %	0,45 %	
		-10,00 %	6,73 %	0,75 %	4,15 %	1,47 %	8,98 %	0,79 %	
	zu niedriger Ansatz gewählt	10,00 %	6,63 %	0,75 %	4,00 %	2,20 %	8,87 %	0,45 %	
		20,00 %	6,57 %	1,65 %	3,90 %	4,65 %	8,84 %	0,79 %	
		30,00 %	6,52 %	2,40 %	3,76 %	8,07 %	8,84 %	0,79 %	
Vermietungsgrad 2. Nutzung	Gewerbe 90 %	zu hoher Ansatz gewählt	-30,00 %	6,42 %	3,89 %	3,85 %	5,87 %	8,64 %	3,03 %
			-20,00 %	6,51 %	2,54 %	3,96 %	3,18 %	8,74 %	1,91 %
			-10,00 %	6,60 %	1,20 %	3,89 %	4,89 %	8,80 %	1,23 %
	Büro (entfällt im Szenario)	zu hoher Ansatz gewählt	-30,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
			-20,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
			-10,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
	Wohnen (entfällt im Szenario)	zu hoher Ansatz gewählt	-30,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
			-20,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
			-10,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
	Hotel 100 %	fehlende Auslastung, Mietvertragsanpassung	-30,00 %	5,72 %	14,37 %	2,69 %	34,23 %	8,20 %	7,97 %
			-20,00 %	6,06 %	9,28 %	3,14 %	23,23 %	8,54 %	4,15 %
			-10,00 %	6,39 %	4,34 %	3,73 %	8,80 %	8,71 %	2,24 %
Tiefgarage 90 %	zu hoher Ansatz gewählt	-30,00 %	6,63 %	0,75 %	4,03 %	1,47 %	8,86 %	0,56 %	
		-20,00 %	6,64 %	0,60 %	3,98 %	2,69 %	8,89 %	0,22 %	
		-10,00 %	6,67 %	0,15 %	3,97 %	2,93 %	8,86 %	0,56 %	
Erlöse	Gewerbe ø 49,76 €/m²NUF*Mt	Mietersätze am Standort zu hoch	-30,00 %	5,76 %	13,77 %	3,13 %	23,47 %	8,04 %	9,76 %
			-20,00 %	6,10 %	8,69 %	3,48 %	14,91 %	8,33 %	6,51 %
			-10,00 %	6,40 %	4,19 %	3,81 %	6,85 %	8,64 %	3,03 %
		Mietersätze am Standort nicht ausgeschöpft	10,00 %	6,94 %	3,89 %	4,38 %	7,09 %	9,19 %	3,14 %
			20,00 %	7,18 %	7,49 %	4,64 %	13,45 %	9,40 %	5,50 %
			30,00 %	7,41 %	10,93 %	4,90 %	19,80 %	9,58 %	7,52 %
	Büro ø 8,81 €/m²NUF*Mt	Mietersätze am Standort zu hoch	-30,00 %	6,17 %	7,63 %	3,20 %	21,76 %	8,63 %	3,14 %
			-20,00 %	6,35 %	4,94 %	3,52 %	13,94 %	8,75 %	1,60 %
			-10,00 %	6,52 %	2,40 %	3,90 %	4,65 %	8,81 %	1,12 %
		Mietersätze am Standort nicht ausgeschöpft	10,00 %	6,83 %	2,25 %	4,34 %	6,11 %	9,02 %	1,23 %
			20,00 %	6,98 %	4,49 %	4,55 %	11,25 %	9,08 %	1,91 %
			30,00 %	7,12 %	6,59 %	4,71 %	15,16 %	9,15 %	2,69 %
	Wohnen (entfällt im Szenario) ø 7,47 €/m²NUF*Mt	Mietersätze am Standort zu hoch	-30,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
			-20,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
			-10,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
		Anpassung an Mietspiegel bzw. örtliche Mieten	10,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
			20,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
			30,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
	Hotel ø 625,00 €/Zimmer*Mt	fehlende Auslastung, Mietvertragsanpassung	-30,00 %	5,42 %	18,86 %	2,18 %	46,70 %	8,06 %	9,54 %
			-20,00 %	5,89 %	11,83 %	2,97 %	27,38 %	8,33 %	6,51 %
			-10,00 %	6,30 %	5,69 %	3,49 %	14,67 %	8,68 %	2,58 %
		Bester Standort, Bettenknappheit	10,00 %	7,03 %	5,24 %	4,51 %	10,27 %	9,20 %	3,25 %
			20,00 %	7,35 %	10,03 %	4,85 %	21,03 %	9,46 %	6,17 %
			30,00 %	7,64 %	14,37 %	5,36 %	31,05 %	9,66 %	8,42 %
Stellplätze ø 6,40 €/m²NUF*Mt	geringe städtische Parkgebühren	-30,00 %	6,59 %	1,35 %	3,90 %	4,65 %	8,85 %	0,67 %	
		-20,00 %	6,62 %	0,90 %	3,95 %	3,42 %	8,87 %	0,45 %	
		-10,00 %	6,66 %	0,30 %	4,07 %	0,49 %	8,92 %	0,11 %	
	wenig städtische Parkplätze mit hohen Gebühren	10,00 %	6,71 %	0,45 %	4,05 %	0,98 %	8,92 %	0,11 %	
		20,00 %	6,75 %	1,05 %	4,24 %	3,67 %	8,95 %	0,45 %	
		30,00 %	6,77 %	1,35 %	4,25 %	3,91 %	8,96 %	0,56 %	
Betriebskosten	Gewerbe ø 3,97 €/m²NRF*Mt	Anstieg der Verbrauchskosten	10,00 %	6,68 %	0,00 %	4,07 %	0,49 %	8,88 %	0,34 %
			20,00 %	6,68 %	0,00 %	4,17 %	1,96 %	8,89 %	0,22 %
			30,00 %	6,67 %	0,15 %	4,05 %	0,98 %	8,90 %	0,11 %
	Büro ø 3,31 €/m²NRF*Mt	Anstieg der Verbrauchskosten	10,00 %	6,66 %	0,30 %	4,07 %	0,49 %	8,92 %	0,11 %
			20,00 %	6,64 %	0,60 %	4,05 %	0,98 %	8,89 %	0,22 %
			30,00 %	6,61 %	1,05 %	4,01 %	1,96 %	8,85 %	0,67 %
	Wohnen (entfällt im Szenario) ø 16,06 €/m²BGF*a	Anstieg der Verbrauchskosten	10,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
			20,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
			30,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
	Hotel ø 6,40 €/m²NRF*Mt	Anstieg der Verbrauchskosten	10,00 %	6,62 %	0,90 %	4,06 %	0,73 %	8,83 %	0,90 %
			20,00 %	6,62 %	0,90 %	4,02 %	1,71 %	8,91 %	0,00 %
			30,00 %	6,61 %	1,05 %	3,92 %	4,16 %	8,90 %	0,11 %

Modellbasierte Bewertung der Wirtschaftlichkeit Model-based evaluation of the economic feasibility

Tabelle 6-14: Auswirkungen veränderter Eingangsgrößen auf die Eigenkapitalrentabilität (Teil 2 von 2)
Table 6-14: Impact of changed input variables on return on equity (part 2 of 2)

Eingangsgröße (Hauptmerkmal)	Merkmal	Mögliche(s) Risiko/Chance	Abweichung von Eingangsgröße	Rendite r_{EK} [%] (Mittelwert)	Abweichung zum Mittelwert	5 %-Quantil	Abweichung zum 5 %-Quantil	95 %-Quantil	Abweichung zum 95 %-Quantil
Preissteigerung	Baupreise 2,40 %	hoher Wettbewerb und Preisverfall bei Baumaterialien	-30,00 %	6,75 %	1,05 %	4,23 %	3,42 %	8,91 %	0,00 %
			-20,00 %	6,71 %	0,45 %	4,16 %	1,71 %	8,84 %	0,79 %
			-10,00 %	6,67 %	0,15 %	4,10 %	0,24 %	8,85 %	0,67 %
		Anstieg Lohnkosten, Verknappung von Baumaterialien	10,00 %	6,56 %	1,80 %	3,94 %	3,67 %	8,89 %	0,22 %
			20,00 %	6,51 %	2,54 %	3,85 %	5,87 %	8,79 %	1,35 %
			30,00 %	6,45 %	3,44 %	3,70 %	9,54 %	8,83 %	0,90 %
	Verbraucherpreise 1,60 %	Ansatz zu hoch gewählt, Steigerung geringer als erwartet	-30,00 %	6,64 %	0,60 %	4,12 %	0,73 %	8,90 %	0,11 %
			-20,00 %	6,66 %	0,30 %	4,00 %	2,20 %	8,87 %	0,45 %
			-10,00 %	6,68 %	0,00 %	3,96 %	3,18 %	8,86 %	0,56 %
		Anstieg der Verbrauchskosten	10,00 %	6,59 %	1,35 %	3,96 %	3,18 %	8,88 %	0,22 %
			20,00 %	6,57 %	1,65 %	3,87 %	5,38 %	8,86 %	0,56 %
			30,00 %	6,54 %	2,10 %	3,94 %	3,67 %	8,78 %	1,46 %
	Mieten 1,5 %	Ansatz zu hoch gewählt, Steigerung geringer als erwartet	-30,00 %	6,05 %	9,43 %	3,16 %	22,74 %	8,40 %	5,72 %
			-20,00 %	6,24 %	6,59 %	3,45 %	15,65 %	8,60 %	3,48 %
			-10,00 %	6,43 %	3,74 %	3,75 %	8,31 %	8,72 %	2,13 %
hohe Nachfrage führt zu Preissteigerung		10,00 %	6,80 %	1,80 %	4,31 %	5,38 %	8,99 %	0,90 %	
		20,00 %	6,97 %	4,34 %	4,45 %	8,80 %	9,14 %	2,58 %	
		30,00 %	7,15 %	7,04 %	4,67 %	14,18 %	9,29 %	4,26 %	
Kreditzins	Jahr 1-25 1,50 bis 5,00 %	Leitzins steigt im gesamten Betrachtungszeitraum	10,00 %	6,42 %	3,89 %	3,67 %	10,27 %	8,80 %	1,23 %
			20,00 %	6,22 %	6,89 %	3,26 %	20,29 %	8,66 %	2,81 %
			30,00 %	6,00 %	10,18 %	2,80 %	31,54 %	8,64 %	3,03 %
Projektgesellschaft 35.000 €	Anstieg der Lohn- und Verwaltungskosten	10,00 %	6,58 %	1,50 %	3,94 %	3,67 %	8,84 %	0,79 %	
		20,00 %	6,56 %	1,80 %	3,91 %	4,40 %	8,83 %	0,90 %	
		30,00 %	6,53 %	2,25 %	3,82 %	6,60 %	8,81 %	1,12 %	
Restbuchwert	Restwert des Gebäudes zu hoch geschätzt	-30,00 %	5,17 %	22,60 %	2,67 %	34,72 %	7,35 %	17,51 %	
		-20,00 %	5,74 %	14,07 %	3,19 %	22,00 %	7,91 %	11,22 %	
		-10,00 %	6,24 %	6,59 %	3,71 %	9,29 %	8,42 %	5,50 %	
	Restwert zu niedrig geschätzt, Wertsteigerung	10,00 %	7,09 %	6,14 %	4,47 %	9,29 %	9,27 %	4,04 %	
		20,00 %	7,47 %	11,83 %	4,90 %	19,80 %	9,71 %	8,98 %	
		30,00 %	7,81 %	16,92 %	5,16 %	26,16 %	10,04 %	12,68 %	
Eingangsgröße (Hauptmerkmal)	Änderung der Eingangsgröße	Rendite r_{EK} [%] (Mittelwert)	Abweichung zum Mittelwert	5 %-Quantil	Abweichung zum 5 %-Quantil	95 %-Quantil	Abweichung zum 95 %-Quantil		
Eigenkapitalanteil	0,00 %	15,87 %	137,57 %	11,30 %	176,28 %	19,90 %	123,34 %		
	5,00 %	11,48 %	71,86 %	7,20 %	76,04 %	14,80 %	66,11 %		
	10,00 %	9,37 %	40,27 %	5,69 %	39,12 %	12,31 %	38,16 %		
	15,00 %	8,51 %	27,40 %	5,24 %	28,12 %	11,29 %	26,71 %		
	20,00 %	7,73 %	15,72 %	4,79 %	17,11 %	10,26 %	15,15 %		
	25,00 %	7,14 %	6,89 %	4,34 %	6,11 %	9,52 %	6,85 %		
	30,00 %	6,68 %	0,00 %	4,09 %	0,00 %	8,91 %	0,00 %		
	35,00 %	6,31 %	5,54 %	3,86 %	5,62 %	8,40 %	5,72 %		
	40,00 %	6,00 %	10,18 %	3,77 %	7,82 %	7,99 %	10,33 %		

In Tabelle 6-13 und Tabelle 6-14 sind die Eingangsgrößen des vollständigen Finanzplanes nach den o.g. Vorgaben sensitiviert. Im ersten Ansatz wurden alle Eingangsgrößen sensitiviert. Die Eingangsgrößen mit geringem Einfluss auf den Zielwert wurden in der weiteren Sensitivitätsuntersuchung nicht berücksichtigt. Anhand des Beispiels der *Realisierungskosten Gesamt* in Tabelle 6-13 wird die Vorgehensweise der Sensitivitätsuntersuchung erläutert. Die Basis von $\pm 0,0 \%$ für den wahrscheinlichsten Wert (Mittelwert der Verteilung) stellen die Realisierungskosten in Höhe von ca. 12.231.000 € dar, die im Rahmen der Realisierungskostenermittlung in Abschnitt 6.2.3.1 ermittelt wurden. Die Absenkung des wahrscheinlichsten Wertes um -30% ergibt im Mittelwert Realisierungskosten in Höhe von 8.562.000 €. Der Anstieg des wahrscheinlichsten Wertes um $+30 \%$ ergibt im Mittelwert Realisierungskosten in Höhe von 15.900.000 €. Mit den jeweils geänderten Realisierungskosten wird anschließend die Simulation des VoFi's durchgeführt. Die Mittelwerte der Eigenkapitalrentabilitätsverteilungen ändern sich vom Basiswert $r_{EK} = 6,68 \%$ auf $r_{EK} = 8,60 \%$ bei Verringerung der Realisierungskosten um -30% und auf $r_{EK} = 5,13 \%$ bei Erhöhung der Realisierungskosten um $+30 \%$. In gleicher Weise ändern sich die zugehörigen Quantilswerte bei der Simulation. Analog wird mit allen Eingangsgrößen in den o.g. Tabellen verfahren. Lediglich bei der Variation des Eigenkapitalanteils (siehe Tabelle 6-14) wurde nicht die Basisgröße (30 % Eigenkapitalanteil) prozentual variiert, sondern der absolute Wert (30 %) durch alternative Eigenkapitalanteile von 0,0 % bis 40,0 % er-

setzt. Dies war notwendig, um den Einfluss realistischer Eigenkapitalanteile zu simulieren. Eine prozentuale Änderung des Basiswertes würde kaum zu Veränderungen in der Eigenkapitalrendite führen.

Für die Auswertung der Sensitivitätsanalysen sind in Tabelle 6-13 und Tabelle 6-14 die Werte der Eingangsgrößen mit den größten Abweichungen zum Mittelwert fett hervorgehoben. Zu diesen Eingangsgrößen zählen im *Szenario der geringen Variabilität mit Umnutzung zu Hotel* in absteigender Rangfolge:

- die Realisierungskosten Gesamt,
- der Restbuchwert,
- die Erlöse Hotel,
- der Vermietungsgrad Hotel,
- die Erlöse Gewerbe,
- der Kreditzins und
- die Fassadenkosten (als Einzelanteil der Realisierungskosten).

In Abbildung 6-6 wird zusammenfassend für dieses Szenario (geringen Variabilität mit Umnutzung zu Hotel) der Verlauf der Mittelwerte für die Eigenkapitalrentabilitäten der Eingangsgrößen mit den stärksten Einflüssen grafisch dargestellt. Dabei ist ersichtlich, dass die zwei Eingangsgrößen mit den stärksten Einflüssen die umhüllenden Kurven der Grafik darstellen. Weiterhin kann beispielsweise aus der grafischen Darstellung entnommen werden, dass die Verschiebung der Realisierungskostenverteilung zu Mittelwerten zwischen $r_{EK} = 5,13 \%$ und $r_{EK} = 8,60 \%$ führt. Demzufolge steigt der Mittelwert auf einen Wert von $r_{EK} = 8,60 \%$ wenn die Parameter der Realisierungskostenverteilung um -30% im Vergleich zu den ursprünglichen Parametern reduziert werden. Bei einer Steigerung der Parameter um $+30 \%$ sinkt die Eigenkapitalrentabilität auf $r_{EK} = 5,13 \%$.

Die grafischen Darstellungen für die einflussreichsten Eingangsgrößen aller anderen Szenarien sind nach den jeweiligen tabellarischen Auswertungen in Anlage C.4 enthalten. Aus den Sensitivitätsanalysen innerhalb der einzelnen Szenarien wurden die Eingangsgrößen ermittelt, die bei ihrer Änderung den stärksten Einfluss auf die Eigenkapitalrentabilität ausüben. Deshalb sind die Verteilungsparameter dieser Eingangsgrößen im Vorfeld der VoFi-Untersuchung besonders genau zu analysieren.

Nach der Sensitivitätsauswertung innerhalb der einzelnen Szenarien, sind anschließend die wesentlichen Eingangsgrößen (Hüllkurven) szenarienübergreifend zu vergleichen. Nachfolgend wird dieser Vergleich am Beispiel der Realisierungskosten durchgeführt. Zunächst wird untersucht, welchen Einfluss die Realisierungskosten des jeweiligen Variabilitätsgrades innerhalb des Umbauszenarios *Wohnen* auf die Eigenkapitalrentabilität ausüben. In der

Tabelle 6-15 wurden graue Einfärbungen vorgenommen, um die Auswahl der Szenarien zu verdeutlichen.

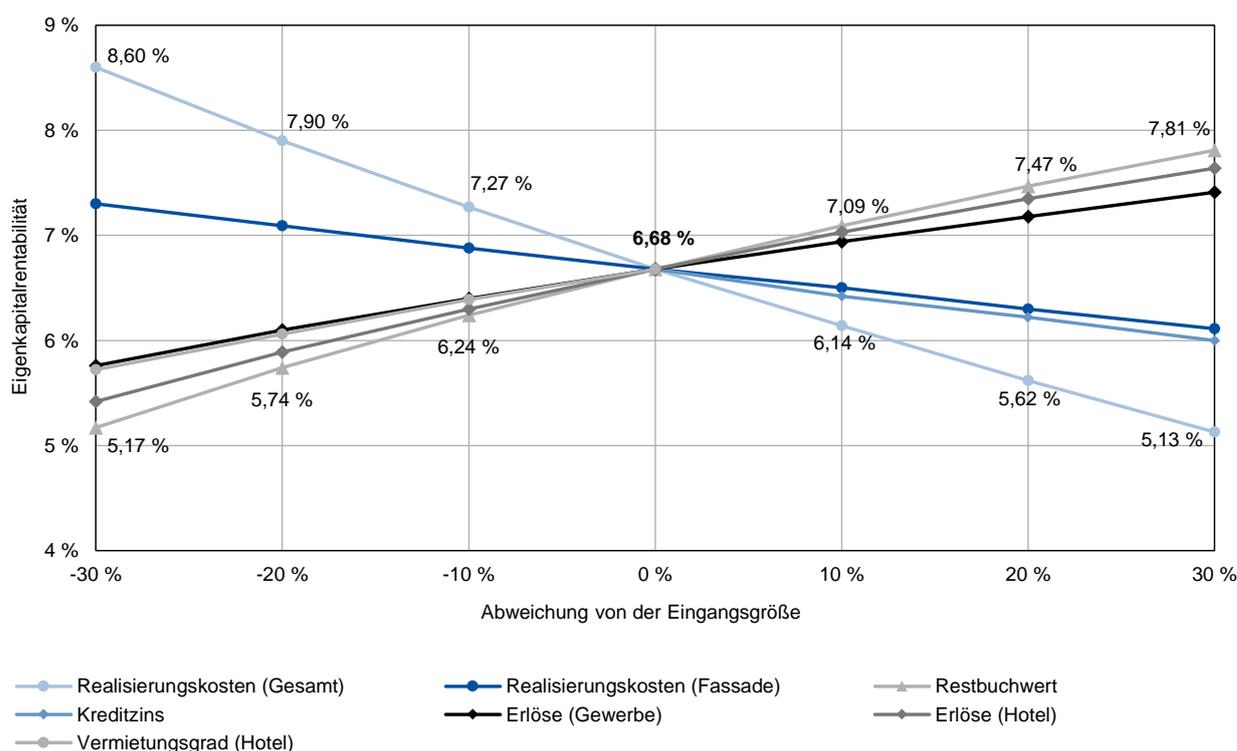


Abbildung 6-6: Sensitivitätsanalyse ausgewählter Eingangsgrößen innerhalb des Szenarios geringen Variabilität mit Umnutzung zu Hotel

Figure 6-6: Sensitivity analysis of selected input variables within the scenario of low variability with conversion to hotel

Tabelle 6-15: Szenarienübergreifende Auswertung der Ergebnisse innerhalb einer Umnutzungsart

Table 6-15: Cross-scenario evaluation of the results within one usage

Variabilität	Eigenkapitalrendite r_{EK} [%] (Mittelwert)	5%-Quantil	95%-Quantil	Eigenkapitaleinsatz
Bürogebäude geringe Variabilität / Basis	-8,44%	-100,93 %	6,02 %	3.675.870,00
Bürogebäude geringe Variabilität zu Hotel	6,68%	4,09 %	8,91 %	3.675.870,00
Bürogebäude mittlere Variabilität zu Hotel	6,84%	4,37 %	8,96 %	3.781.430,00
Bürogebäude hohe Variabilität zu Hotel	5,84%	3,39 %	7,91 %	4.155.570,00
Bürogebäude geringe Variabilität zu Wohnen	4,56%	0,82 %	7,61 %	3.675.870,00
Bürogebäude mittlere Variabilität zu Wohnen	4,76%	1,44 %	7,57 %	3.781.430,00
Bürogebäude hohe Variabilität zu Wohnen	3,25%	-0,48 %	6,31 %	4.155.570,00
Bürogebäude mittlere Variabilität zu gemischte Nutzung	5,60%	2,79 %	8,13 %	3.781.430,00
Bürogebäude hohe Variabilität zu gemischte Nutzung	3,99%	0,65 %	6,70 %	4.155.570,00

In Abbildung 6-7 ist die Sensitivitätsanalyse der Realisierungskosten zu den in Tabelle 6-15 markierten Szenarien dargestellt. Es wird ersichtlich, dass das Szenario *mittlere Variabilität zu Wohnen*, die höchste Eigenkapitalrendite ausweist. Bei steigenden Realisierungskosten sinkt die Eigenkapitalrendite des Szenarios *hohe Variabilität* vergleichsweise stärker als es bei den anderen Szenarien der Fall ist. Dadurch sinkt bei 30 % höheren Realisierungskosten die Eigenkapitalrendite in diesem Szenario auf einen negativen Wert von $r_{EK} = -1,24 \%$.

In einer weiteren Untersuchung wird verglichen, wie die Realisierungskosten die Rendite bei verschiedenen Umnutzungsarten innerhalb eines Variabilitätsgrades beeinflussen. Dazu wurden in der

Tabelle 6-16 abermals der relevanten Szenarien grau eingefärbt.

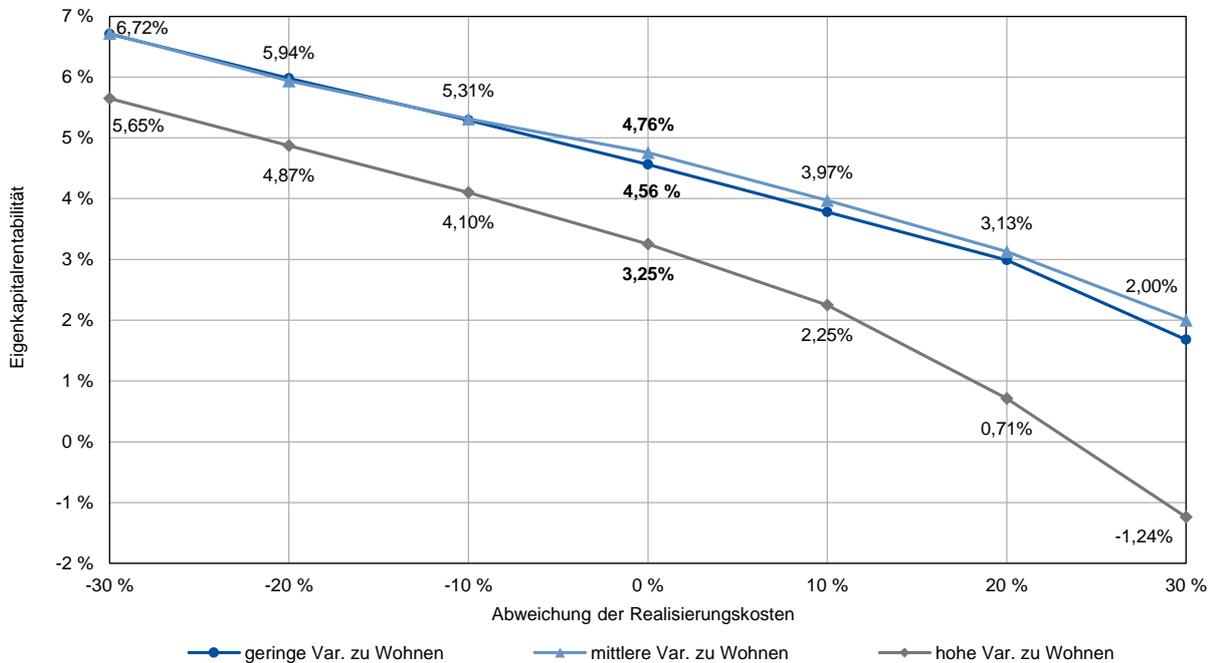


Abbildung 6-7: Szenarienübergreifende Sensitivitätsanalyse der Realisierungskosten mit Umnutzung zu Wohnen

Figure 6-7: Scenario-spreading sensitivity analysis of the realisation costs with conversion to living

Tabelle 6-16: Szenarienübergreifende Auswertung der Ergebnisse innerhalb der mittleren Variabilität

Table 6-16: Cross-scenario evaluation of the results within the middle degree of variability

Variabilität	Eigenkapitalrendite r_{EK} [%] (Mittelwert)	5%-Quantil	95%-Quantil	Eigenkapitaleinsatz
Bürogebäude geringe Variabilität / Basis	-8,44%	-100,93 %	6,02 %	3.675.870,00
Bürogebäude geringe Variabilität zu Hotel	6,68%	4,09 %	8,91 %	3.675.870,00
Bürogebäude mittlere Variabilität zu Hotel	6,84%	4,37 %	8,96 %	3.781.430,00
Bürogebäude hohe Variabilität zu Hotel	5,84%	3,39 %	7,91 %	4.155.570,00
Bürogebäude geringe Variabilität zu Wohnen	4,56%	0,82 %	7,61 %	3.675.870,00
Bürogebäude mittlere Variabilität zu Wohnen	4,76%	1,44 %	7,57 %	3.781.430,00
Bürogebäude hohe Variabilität zu Wohnen	3,25%	-0,48 %	6,31 %	4.155.570,00
Bürogebäude mittlere Variabilität zu gemischte Nutzung	5,60%	2,79 %	8,13 %	3.781.430,00
Bürogebäude hohe Variabilität zu gemischte Nutzung	3,99%	0,65 %	6,70 %	4.155.570,00

In Abbildung 6-8 ist die Sensitivitätsanalyse der Realisierungskosten zu den in Tabelle 6-16 markierten Szenarien dargestellt. Es wird ersichtlich, dass sich bei allen drei Szenarios eine ähnliche Renditeerwartung abzeichnet. Bei steigenden Realisierungskosten sinkt die Eigenkapitalrendite des Szenarios *mittlere Variabilität zu Wohnen* vergleichsweise am stärksten. Dadurch sinkt bei 30 % höheren Realisierungskosten die Eigenkapitalrendite in diesem Szenario auf ein Minimum von $r_{EK} = 2,00 \%$.

Durch die Variation des Eigenkapitalanteils kann die Renditeerwartung weitaus mehr beeinflusst werden, als es durch Änderungen einzelner Kosten- oder Erlösbestandteile der Fall ist. In Abbildung 6-9 ist die Sensitivitätsanalyse des Eigenkapitaleinsatzes und den daraus resultierenden Renditen grafisch dargestellt. Dabei ist anzumerken, dass Eigenkapitalanteile unter 10 % bei Investitionsobjekten, wie sie im vorliegenden Modell untersucht wurden, nicht üblich sind.

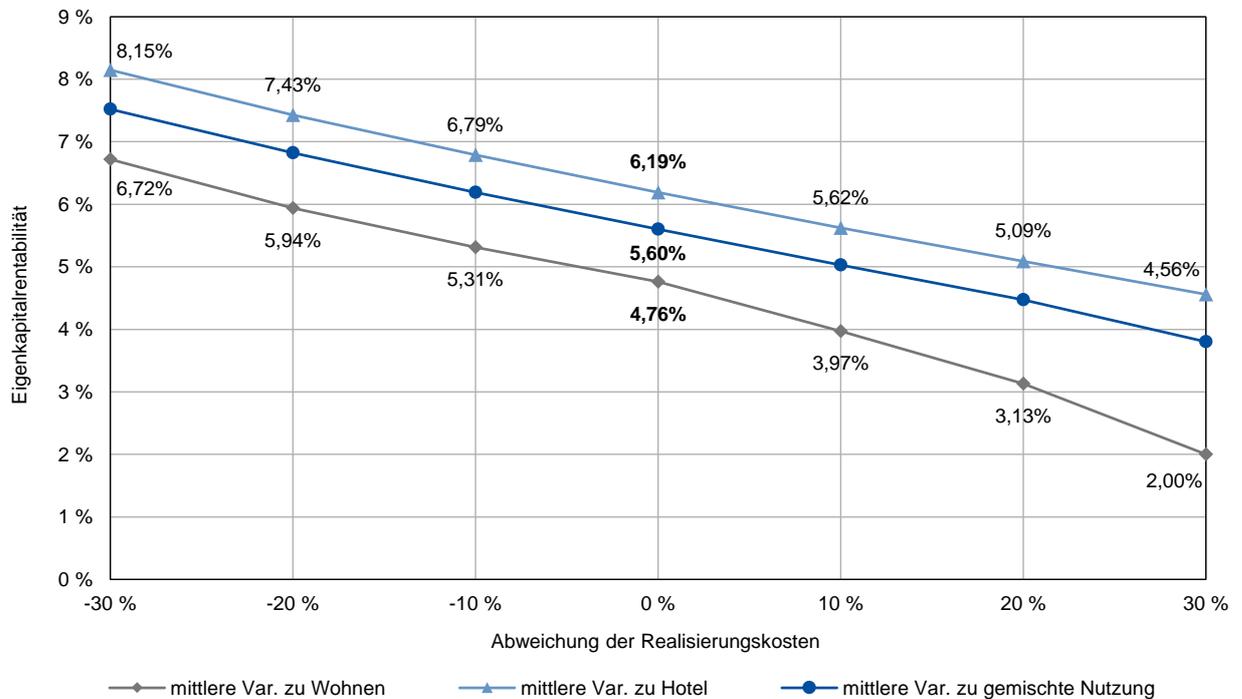
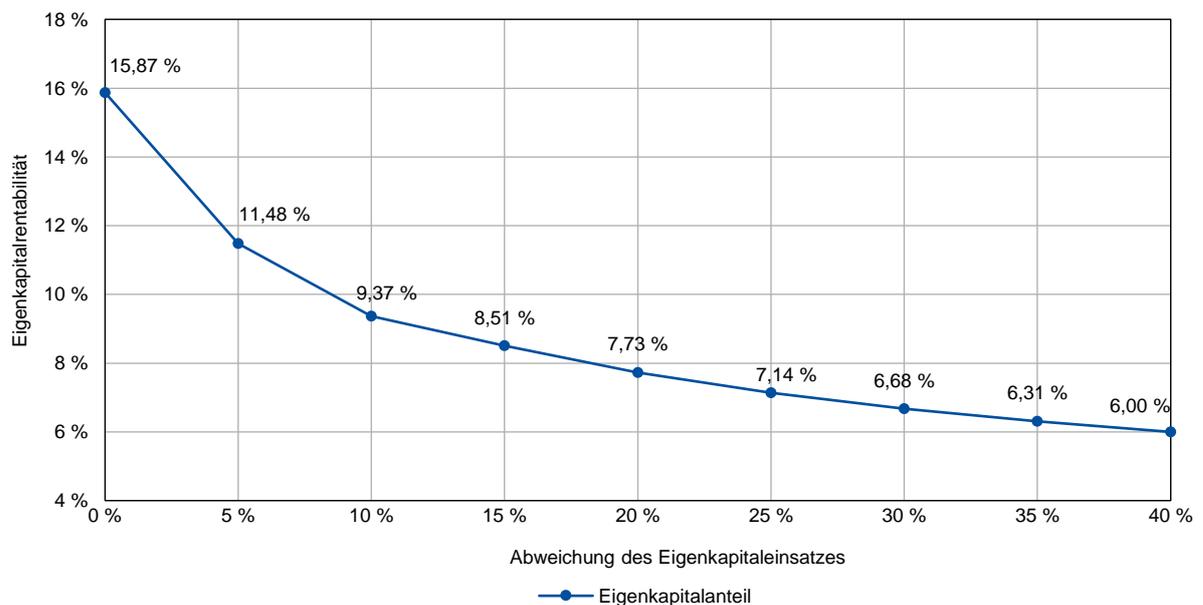


Abbildung 6-8: Szenarienübergreifende Sensitivitätsanalyse der Realisierungskosten mit mittlerer Variabilität in alle Nutzungsarten

Figure 6-8: Cross-scenario sensitivity analysis of realisation costs with middle variability in all types of use



Modellbasierte Bewertung der Wirtschaftlichkeit

Model-based evaluation of the economic feasibility

Abbildung 6-9: Sensitivitätsanalyse des Eigenkapitaleinsatzes bei geringer Variabilität mit Umnutzung zu Hotel

Figure 6-9: Sensitivity analysis of the equity investment with low variability with conversion to hotel

In einer weiteren Sensitivitätsbetrachtung wurden die Kosten für die Tragkonstruktion (Stützen und Decken)¹⁸¹ variiert. Der Einfluss dieser Variationen auf die Eigenkapitalrentabilität ist in Tabelle 6-17 und der darauffolgenden Abbildung 6-10 zu entnehmen.

Tabelle 6-17: Sensitivitätsanalyse der Kosteneingangsgrößen für Elemente der Tragkonstruktion

Table 6-17: Sensitivity analysis of cost inputs for elements of the supporting structure

Abweichung von Eingangsgröße	Mittelwerte Eigenkapitalrentabilität							
	gering zu Hotel	gering zu Wohnen	mittel zu Hotel	mittel zu Wohnen	mittel zu gem. Nutzung	hoch zu Hotel	hoch zu Wohnen	hoch zu gem. Nutzung
-30 %	7,03 %	4,98 %	7,16 %	5,11 %	5,93 %	6,08 %	3,62 %	4,27 %
-20 %	6,91 %	4,87 %	7,06 %	4,96 %	5,82 %	6,00 %	3,48 %	4,17 %
-10 %	6,80 %	4,72 %	6,95 %	4,81 %	5,70 %	5,92 %	3,31 %	4,09 %
0 %	6,68 %	4,56 %	6,84 %	4,76 %	5,60 %	5,84 %	3,25 %	3,99 %
10 %	6,57 %	4,38 %	6,74 %	4,51 %	5,49 %	5,77 %	3,13 %	3,89 %
20 %	6,47 %	4,33 %	6,63 %	4,34 %	5,39 %	5,69 %	3,04 %	3,80 %
30 %	6,36 %	4,25 %	6,53 %	4,13 %	5,29 %	5,61 %	2,99 %	3,73 %

Prozentuale Abweichung zur Eigenkapitalrentabilität $r_{EK=0}$								
-30 %	0,35 %	0,42 %	0,32 %	0,35 %	0,33 %	0,24 %	0,37 %	0,28 %
-20 %	0,23 %	0,31 %	0,22 %	0,20 %	0,22 %	0,16 %	0,23 %	0,18 %
-10 %	0,12 %	0,16 %	0,11 %	0,05 %	0,10 %	0,08 %	0,06 %	0,10 %
0 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
10 %	-0,11 %	-0,18 %	-0,10 %	-0,25 %	-0,11 %	-0,07 %	-0,12 %	-0,10 %
20 %	-0,21 %	-0,23 %	-0,21 %	-0,42 %	-0,21 %	-0,15 %	-0,21 %	-0,19 %
30 %	-0,32 %	-0,31 %	-0,31 %	-0,63 %	-0,31 %	-0,23 %	-0,26 %	-0,26 %

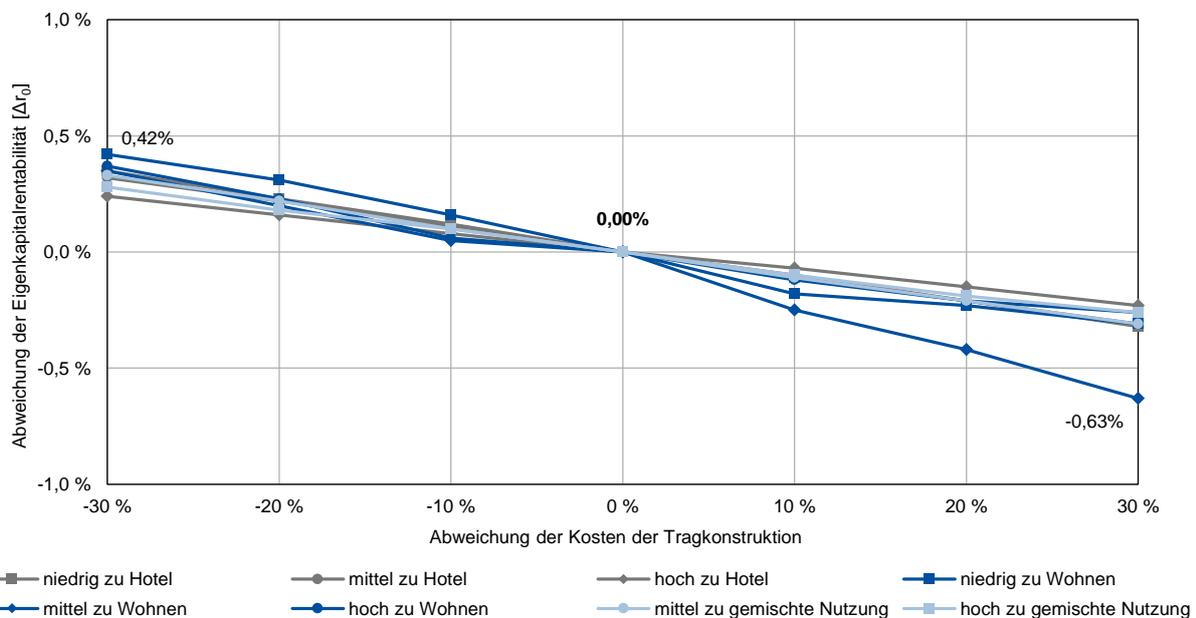


Abbildung 6-10: Grafische Darstellung der Sensitivitätsanalyse Kosteneingangsgrößen für Elemente der Tragkonstruktion

¹⁸¹ Die variierten Kostenbestandteile sind KG 333, LP Stahlstütze; KG 343, LP Stahlstütze; KG 351, LP Decke; KG 361, LP Decke (vgl. Kapitel 5, Abschnitt 5.6.3)

Figure 6-10: Graphical representation of sensitivity analysis of cost inputs for elements of the supporting structure

Es ist festzustellen, dass die Variation der Eingangsgrößen von -30 % bis +30 % für alle Leitpositionen der Tragkonstruktion (Außenstützen, Innenstützen, Decken) über alle Szenarien zu einer Abweichung der Mittelwerte von 0,42 % bis -0,63 % führt. Damit ist eine detaillierte Kostenvoruntersuchung der Tragkonstruktionspositionen für den VoFi von untergeordneter Bedeutung. Geringe monetäre Abweichungen der Eingangsparameter für diese Leitpositionen beeinflussen nur geringfügig die Eigenkapitalrendite im Lebenszyklusmodell.

6.5 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen

Summary and guidance

6.5.1 Zusammenfassung

Summary

Die wirtschaftliche Problemstellung des Forschungsprojektes war es, dass zunehmend Büro- und Geschäftshäuser als kostenoptimierte Renditeobjekte für spezielle Nutzungen mit einer frühen Amortisierung errichtet werden. Die daraus resultierenden negativen Folgen sind die mangelnde Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Anforderungen sowie die rückläufige Vermarktungsfähigkeit bis hin zum strukturellem Leerstand. Ziel einer nachhaltigen, langlebigen und ressourceneffizienten Bauweise muss es daher sein, Gebäude zu errichten, die ein Optimum an Variabilität bei akzeptablen Investitions- und Nutzungskosten aufweisen. Als ein wesentlicher Forschungsschwerpunkt war zu untersuchen, ob die Transformation bestehender Bürogebäudestrukturen in andere Nutzungen eine Möglichkeit darstellt, dem strukturellen Wandel zu begegnen und Renditen langfristig zu sichern.

Für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung wurden in Kapitel 5 zunächst die Grundlagen der wirtschaftlichen Bewertung von Gebäudealternativen in einem Lebenszyklusmodell erörtert. Dabei wurden die Marktsituation, das Berechnungsmodell in der Lebenszyklusbetrachtung, Szenarienanalysen sowie Kosten-, Erlös- und Risikoeinflüsse untersucht und projektbezogen festgelegt. In Kapitel 6 werden die Ergebnisse der Szenarienuntersuchungen im Investitionsrechenmodell vorgestellt. Für die festgelegten Variabilitätsgrade (gering, mittel, hoch) und Umnutzungsszenarien werden die Realisierungskosten, Umbaukosten, Erlöse aus Mieteinnahmen und Eigenkapitalrenditen über den definierten Nutzungszeitraum von 25 Jahren vorgestellt. Die Auswertung der Realisierungs- und Umbaukosten zeigt, dass bei allen Nutzungsarten, der Errichtung von Gebäuden mit einer höheren Variabilität zu geringen Kosten in der Umbauphase führt. Dieser Einfluss ist durch die höheren Anfangsinvestitionen in eine flexiblere Gebäudestruktur (vgl. Kapitel 3 und 4) bei den hoch variablen Gebäuden am stärksten ausgeprägt. Dem gegenüber hat die Variabilität des Gebäudes kaum Einfluss auf die Nutzungskosten. Diese werden maßgeblich von der Nutzungsart und den zugehörigen Nettoraumflächen bestimmt. Ebenso variieren die Mieterlöse kaum bei unterschiedlichen Variabilitäten. Vielmehr sind der Auslastungsgrad und die Nutzungsart für die Höhe der Mieterlöse ausschlaggebend. Die Auswertung der Eigenkapitalrentabilitäten

zeigt über alle untersuchten Nutzungsarten, dass die höchste Rendite bei einer mittleren Variabilität erreicht wird. Dies ist maßgeblich durch die geringfügig höheren Realisierungskosten der mittleren Variabilität gegenüber der geringen Variabilität zu begründen. Dem gegenüber sind weitaus höhere Realisierungskosten zur Errichtung eines hoch variablen Gebäudes aufzuwenden. Deshalb ist die Rendite für hoch variable Gebäude in allen Nutzungsarten geringer als bei gering und mittel variablen Gebäuden.

In abschließenden Sensitivitätsuntersuchungen wurden in allen Nutzungsszenarien die wesentlichen Eingangsgrößen und Kostentreiber hinsichtlich ihres Einflusses auf die Stabilität der Renditeerwartung untersucht. Dabei haben die Realisierungskosten und der Restbuchwert den größten Einfluss auf die Eigenkapitalrentabilität. Deshalb sollten diese Eingangsgrößen bei Investitionsentscheidungen besonders genau bestimmt und ggf. mit Risikozuschlägen belegt werden. Außerdem wurde festgestellt, dass die Kosten für die Tragkonstruktion im Stahlbau die Renditeerwartung in der Lebenszyklusbeurteilung nur in geringem Maße beeinflussen.

6.5.2 Handlungsempfehlungen **Guidance**

In der durchgeführten Wirtschaftlichkeitsuntersuchung wurden Gebäude mit unterschiedlichen Variabilitätsgraden in verschiedenen Nutzungsszenarien über den festgelegten Betrachtungszeitraum von 27 Jahren miteinander verglichen. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen lassen sich Handlungsempfehlungen für Investitionsentscheidungen ableiten. Diese Handlungsempfehlen sind jedoch nicht allgemeingültig, sondern nur im Kontext der projektspezifischen Randbedingungen des vorliegenden Forschungsberichtes einzuordnen. So können schon geringfügige Änderungen des Standortes oder der Gebäudestruktur die Rendite stark beeinflussen.

Jeder Investor muss sich die Frage stellen, entweder ein kostengünstiges und wenig variables Gebäude zu errichten oder in ein kostenintensiveres aber höher variables Gebäude zu investieren. Bei wenig variable Gebäude führen die relativ geringen Investitionskosten zu einer hohen Anfangsrendite. Damit steigt jedoch gleichzeitig das Risiko, dass das Gebäude langfristig nicht mehr Nutzungsgerecht ist und der Leerstand ansteigt. Dies führt zu sinkenden Mieteinnahmen bis hin zum kompletten Ausstieg aus der Nutzung. Um den Rückgang von Mieteinnahmen oder sogar strukturelle Leerständen entgegenzuwirken, ist es nachhaltig, Bürogebäude einer anderen Nutzung zuzuführen. Hierfür eignen sich besonders Spezialimmobilien, wie die Nutzung als Hotel. Im Forschungsprojekt wurde aufgezeigt, dass mit der Umnutzung von Büro in Hotel die höchsten Renditen erzielt werden. Es ist jedoch anzumerken, dass dies nur ein realistisches Szenario sein kann, wenn:

- die Standortfaktoren die Hotelnutzung zulassen und begünstigen,
- ein Betreibervertrag zwischen Eigentümer und Hotelbetreiber über die dem Investitionsmodell zugrundeliegende Nutzungsdauer geschlossen wird und
- die relevanten Marktfaktoren die Hotelnutzung gegenüber anderen Nutzungsarten begünstigen.

Bedingt durch andere technische, architektonische und rechtliche Anforderungen sind für solche Umnutzungen bereits bei der ursprünglichen Realisierung die höheren Anforderungen an die Umnutzungsfähigkeit zu berücksichtigen.

Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung des Forschungsprojektes zeigen, dass Konstellationen möglich sind, bei denen Bürogebäude mit mittlerer Variabilität langfristig zur höchsten Eigenkapitalrentabilität führen. Im Ergebnis ist daher jedem Investor anzuraten, sich mit der die Variabilität eines geplanten Investitionsobjektes auseinanderzusetzen. Die Berechnungen zeigen, dass zahlreiche Varianten möglich sind, bei denen durch eine höhere Anfangsinvestition das langfristige Leerstandsrisiko reduziert und eine höhere Rendite erzielt wird. Weiterhin zeigen die Untersuchungen, dass in Zeiten von niedrigen Darlehenszinsen die Renditen bei sinkendem Eigenkapitaleinsatz steigen. Damit sollte ein Investor bei der Projektfinanzierung einen möglichst hohen Fremdkapitaleinsatz bei kurzen Laufzeiten anstreben.

In Kapitel 4 wird untersucht, wie Büro- und Geschäftshäuser mit verhältnismäßig wenig Materialeinsatz effizient in Stahl- und Verbundbauweise realisiert werden können. Die Kosten für die Tragkonstruktion in Stahl- und Verbundbauweise haben im Vergleich zu den Fassadenkosten einen geringeren Einfluss auf die Eigenkapitalrendite. Daher ist jedem Investor zu empfehlen die qualitativen Vorteile der Stahl- und Verbundbauweise bei Entscheidungen in der Objektplanung für Büro- und Geschäftshäuser zu berücksichtigen.

7 Zusammenfassung Summary

7.1 Variable Gebäudestrukturen zur Verlängerung der Nutzungsdauer Variable building structures for a life-cycle-extension

Die Tragkonstruktionen heutiger Geschossbauten sind für einen Nutzungszeitraum von weit über 50 Jahre geeignet. Wie sich die Bedürfnisse von Nutzern über diesen Zeitraum verändern werden, ist für die nähere Zukunft vorstellbar jedoch langfristig nicht abzusehen. Es ist davon auszugehen, dass aktuell errichtete Büro- und Geschäftshäuser aufgrund lokaler, regionaler und globaler wirtschaftlicher Entwicklungen, den gesellschaftlichen Veränderungen und sich ändernden Anforderungen an die Arbeitswelten einen mehrfachen Wechsel in der Art der Nutzung erfahren und die Anforderungen an diese Gebäude, deren Grundrisse und Nutzerausbauten jeweils neu definiert werden müssen. Schon heute erfordern immer kürzere Nutzungszyklen im Bürobau eine hohe Anpassungsfähigkeit der Gebäude. Diese Anforderungen sollten nicht durch auf den jeweiligen Bedarf zugeschnittene Neubauten erfüllt werden, die für einen schnellen „Return on Investment“ ausgelegt sind, nur eine kurze wirtschaftliche Lebensdauer erzielen und damit einen hohen Ressourcenverbrauch erzeugen.

Als Antwort auf nicht absehbare Entwicklungen sollten solide, anpassungsfähige Gebäudegrundstrukturen geplant und realisiert werden, bei denen über den jeweiligen Ausbau die Anforderungen aus heutigen und zukünftigen Nutzungen erfüllt werden. Adaptive Gebäudestrukturen zu entwickeln verursacht einen höheren Planungsaufwand. Neben den typologischen Entwurfskriterien einzelner Nutzungen muss auch der Nachweis der Vereinbarkeit der jeweiligen Strukturen erbracht werden, ohne dass die Funktionalität der Gebäude und die räumlichen Qualitäten nachteilig beeinflusst werden. Die hier vorgestellten Untersuchungen und Ergebnisse zur Objektplanung, Konstruktion, Ökonomie und Werthaltigkeit verdeutlichen, welche Kriterien frühzeitig im Planungsprozess multifunktionaler Geschäftshäuser berücksichtigt werden müssen und welche einen geringeren Einfluss auf die Anpassungsfähigkeit haben.

7.2 Objektplanung Building planning

Aus der Überlagerung der Planungen für die relevanten Nutzungsformen können die notwendigen Erkenntnisse für anpassungsfähige Gebäude entwickelt und Ausschlusskriterien für Folgenutzungen vermieden werden. Dabei sind vorrangig die Rohbaukonstruktionen zu beachten, die nur in begrenztem Maße mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand für eine Nachnutzung verändert werden können. Dies betrifft z. B. Entwurfparameter, wie die Gebäudebreite, die lichten Geschosshöhen, die Tragfähigkeit der Geschossdecken und lastabtragenden Konstruktionen, die Anzahl, Position und Gestaltung von Kernen für die vertikale Erschließung sowie den vorzuhaltenden Installationsraum für die technische Gebäudeausstattung. Die Rohbaukonstruktionen sollten für hohe zu erwartenden Anforderungen ausgelegt und mit entsprechenden Reserven geplant werden. Der ökologische und ökonomische Mehraufwand ist im Verhältnis zu

weiteren Aufwendungen, wie z. B. für die Fassadenkonstruktionen, im Allgemeinen gering und kann durch den erhöhten Nutzen kompensiert werden. Bestimmte Eingriffe beim Rohbau lassen sich auch auf einen späteren Nutzungszeitraum verlagern, wenn entsprechende Vorleistungen erbracht werden. Dies betrifft z. B. zusätzliche Erschließungskerne an den Außenseiten der Gebäude, wenn eine entsprechende Gründung und Anschlussmöglichkeiten an die primäre Tragkonstruktion eingeplant sind.

Für die Versorgung der Gebäude mit Medien der TGA sind entsprechende Räume zu schaffen, vertikale und horizontale Schächte sind mit ausreichenden Reserven zu dimensionieren. Je nach Konstruktion und Aufbau der Geschossdecken ist die horizontale Verteilung der Medien der TGA in der Konstruktionsebene oder im abgehängten bzw. aufgeständerten Deckenbereich möglich. Die Definition einer Mittelzone in der Grundrissgestaltung, in der untergeordnete Räume positioniert werden, ist für die Verteilung der Medien nützlich ohne die Funktionalität dieser Bereiche wesentlich einzuschränken. Mit leichten Trennwänden für den Ausbau lassen sich die Nutzeinheiten zonieren. Mit moderatem Aufwand können diese Wände kurzfristig rückgebaut oder versetzt werden.

Im Allgemeinen sollte über Maßnahmen zur Erhöhung der Anpassungsfähigkeit immer nach einer vorhergehenden Bewertung von Aufwand zu Nutzen entschieden werden. Der ökologische und ökonomische Mehraufwand sowie eventuelle Einschränkungen und Nachteile in der Flächeneffizienz sind der höheren und langfristigeren Vermarktungsfähigkeit gegenüberzustellen. Die objektplanerischen Untersuchungen im Forschungsvorhaben verdeutlichen, dass durch die Einbeziehung von Nachnutzungsszenarien im Entwurfsprozess monofunktionale Gebäudestrukturen vermieden werden können und sich die Mehraufwendungen durch geschickte Planungsansätze und Auswahl konstruktiver Lösungen auf ein moderates Maß beschränken lassen. Es ist ratsam, nicht grundsätzlich hoch adaptive Gebäude zu entwerfen, sondern mit Weitblick gezielt diejenigen Kriterien zu erfüllen, die für einen standort- und nutzungsspezifischen Mehrwert sorgen. Letztendlich wird erst durch die konstruktive Berücksichtigung von Folgenutzungen ein späterer kosten- und bauzeitreduzierter Umbau in die angedachte Nutzungsart ermöglicht. Dieser funktionale Vorteil erhöht die Werthaltigkeit von Gebäuden nachhaltig.

7.3 Konstruktion Construction

Zur Wahl und Bewertung der Deckensysteme, Integration der TGA und zum Einfluss der Nutzlasten auf die Kosten und die ökologische Gebäudebilanz enthält der Forschungsbericht zusammenfassende Erläuterungen. Darüber hinaus wurden weitere Aspekte, wie die Aufwendungen für den Brandschutz, die Auswirkung der Konstruktionshöhe auf die Aufwendungen für die Fassade sowie der Einfluss der Deckenlasten auf die Gründung untersucht.

Die Vorteile der Unterzugdecken mit Verbundträgern liegen beispielsweise in der stützenfreien Überspannung der Grundrisse und dem verfügbaren Raum für die technische Gebäudeausstattung. Ein enger Trägerabstand hat gegenüber einem weiten Abstand den Vorteil, dass das Deckengewicht deutlich niedriger ist und der Gebäudegrundriss mit moderater Konstruktionshöhe überspannt werden kann. Durch die Trägerhöhen

wird dennoch ausreichender Installationsraum geschaffen, der die Integration von Be- und Entlüftungssystemen sowie Entwässerungsleitungen ermöglicht. Mit den Einsparungen bei den Fassadenflächen, den lastabtragenden Stützen und Fundamenten können die Mehraufwendungen für die Decken durch den höheren Bedarf an Profilstahl und Brandschutzbekleidungen ausgeglichen werden. In ökologischer Hinsicht sind die Unterzugsdecken bei beiden untersuchten Trägerabständen gleichwertig und günstiger als die Flachdeckensysteme zu bewerten. Die Einbeziehung der Folgeaufwendungen für die Fassade und den weiteren Lastabtrag führt zum Ergebnis, dass Decken mit einem engeren Trägerabstand zu bevorzugen sind.

Im Rahmen der Untersuchungen zu den Fassaden wurden zunächst ausgewählte ökologische Indikatoren verschiedener Systeme gegenübergestellt. Unter den wenigen Systemen, für die die notwendigen ökologischen Daten zur Verfügung stehen, führte die Lochfassade mit Ziegelmauerwerk, EPD-Dämmung, Aluminiumfensterrahmen und Dreifachverglasung mit einem Fensteranteil von circa 30 % zum besten Ergebnis. Die Parameterstudie zu den Gebäudehöhen und Fassadenflächen für die unterschiedlichen Variabilitätsgrade und Deckensysteme ergab, dass durch die Wahl der lichten Geschosshöhen und Deckensysteme bei 6 Geschossen oberirdisch rund 4 m Unterschied in der Gebäudehöhe entstehen können. Da die Kosten der Fassaden im Verhältnis ein Vielfaches derjenigen von den Deckensystemen betragen, die ökologischen Belastungen erheblich und die Nutzungsdauern begrenzt sind, wird ihr Einfluss bei der Bilanzierung und Bewertung von Gebäuden dominierend. Bei Nutzungsdauern von mehr als 50 Jahren ist mit einem ein- bis zweifachen Austausch oder umfassender Sanierungen der Fassaden zu rechnen. Weiterhin konnte nachgewiesen werden, dass eine Minimierung der Konstruktionshöhen der Decken zu Lasten des Installationsraumes für die horizontale Erschließung mit Medien der TGA geht. Die Minimierung der lichten Geschosshöhen führt zu Einschränkungen in der Nutzungsvielfalt und im Komfort. Es ist also ein Kompromiss zu finden, der mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit der Fassade einer hohen Funktionalität der Geschossbauten und dem Wohlbefinden der Nutzer gerecht wird. Nicht zuletzt sind die städtebaulichen Rahmenbedingungen für die Anzahl der Obergeschosse und die zulässigen Traufhöhen entwurfsbestimmende Kriterien. Neben der zuvor beschriebenen Unterzugdecke ist die Flachdecke eine Alternative, die dann sinnvoll eingesetzt werden kann, wenn der Installationsraum auf die Mittelzone beschränkt bleibt und geringere Geschosshöhen erzielt werden.

Die Wahl der Deckentragsysteme hat einen wesentlichen Einfluss auf die Eigenlasten der Gebäude und die Dimensionen der Gründung. Können Flachgründungen ausgeführt werden, ist der Anteil der Kosten für die Gründung noch vergleichsweise untergeordnet. Bei gering tragfähigem Baugrund, wie z. B. Tonböden, steigen mit der Belastung die Dimensionierung, der Baustoffbedarf und die Kosten der Gründung erheblich an. Ab einer bestimmten Geschoszahl werden Tiefgründungen mit Pfählen und Pfahlkopfplatten erforderlich, deren Anteil bis zu 30 % der Rohbaukosten ausmachen kann. Leichte Verbunddecken mit Verbundträgern in engerem Abstand können bei üblicher Dimensionierung trotz größerer Spannweiten mehr als das Dreifache des Eigengewichtes abtragen, während bei konventionelle Stahlbetonbauweisen und mittleren Stützwei-

ten das Zweifache und weniger die Regel sind. Daher können diese Verbunddeckensysteme insbesondere bei großen Stützweiten und schlechten Baugrundverhältnissen sehr vorteilhaft eingesetzt werden.

Die Erhöhung der wirtschaftlichen Nutzungsdauer durch die Schaffung anpassungsfähiger Gebäude ist eine gute Investition in die Zukunft, die sich bereits bei einer Verlängerung um wenige Jahre durch eine verbesserte Ökobilanz und Wirtschaftlichkeit der Rohbaukonstruktionen auszahlt. Die Aufwendungen für die Ausführung, Wartung und Instandhaltung der Fassaden sowie der hiervon beeinflusste Energiebedarf für die Klimatisierung und Belichtung der Gebäude haben einen dominierenden Einfluss auf die Ökologie und Ökonomie.

7.4 Ökonomie und Werthaltigkeit Economy and intrinsic value

Bei der Planung von Büro- und Geschäftshäusern ist die Entscheidung zu treffen, ob in ein auf die Errichtung und Erstnutzung optimiertes oder in ein für Folgenutzungen anpassungsfähiges Gebäude investiert wird. Im ersten Fall ist die Investitionssumme geringer und die Anfangsrendite höher. Aufgrund der fehlenden Anpassungsfähigkeit des Gebäudes bei sich ändernden Nutzeranforderungen ist jedoch eine lange wirtschaftliche Nutzungsdauer nicht zu erwarten. Das Risiko von Verlusten durch Mietausfälle ist höher zu bewerten. Das Beispiel des durch monofunktionale Bürogebäude geprägten Stadtteils Frankfurt-Niederrad macht deutlich, dass sich Markteinflüsse erheblich auf die Vermietbarkeit und Erlöse für Büroimmobilien auswirken und der Abriss oder Umbau der Gebäude mit erheblichen zusätzlichen Investitionen verbunden sein kann. Bei anpassungsfähigen Gebäuden ist die anfängliche Investitionssumme höher und die Anfangsrendite entsprechend geringer. Die Vorteile liegen jedoch in einer besseren Vermarktungsfähigkeit und Wertstabilität, sodass in der langfristigen Perspektive Investitionen in eine bessere Bausubstanz lohnend sind. In der Lebenszyklusbetrachtung lassen sich bei anpassungsfähigen Gebäuden durch ihre Umnutzungsfähigkeit höhere Erlöseinnahmen sichern und Erlösausfälle in Umbauphasen durch kurze Umbauzeiten reduzieren.

Bei den im Rahmen des Forschungsprojektes untersuchten Referenzgebäuden mit Büronutzung konnte nachgewiesen werden, dass eine „mittlere Variabilität“ in allen untersuchten Nutzungsänderungen (Umnutzung in Hotel, Wohnen, gemischte Nutzung) mit den vorgenannten konstruktiven Maßnahmen zur Schaffung der Anpassungsfähigkeit langfristig zu den höchsten Renditen führt. Es ist daher jedem Investor anzuraten, die Variabilität seiner Gebäudeentwürfe für einen langen Nutzungshorizont qualitativ und monetär zu bewerten. Maßgebende Kriterien dazu sind die Kosten für die Herstellung des Gebäudes, mögliche Umbauszenarien und die Umbaukosten, die Kosten der Gebäudenutzung und die erzielbaren Erlöse aus Vermietung. Weiterhin sind Mietausfälle und steuerliche Aspekte in der Bewertung zu berücksichtigen. Mit Hilfe einer Sensitivitätsanalyse können darauf aufbauend die signifikanten Einflussparameter der Rendite nachgewiesen werden. In dem hier gegenständlichen Referenzszenario waren dies insbesondere die Herstellkosten, die Höhe der erzielbaren Erlöse und der Vermietungsgrad.

In weiteren Forschungsaktivitäten sollten insbesondere Standortbedingungen untersucht werden. Da diese maßgeblich die anzusetzenden Kosten und Erlöse in einer Lebenszyklusbetrachtung von Gebäuden beeinflussen können.

8 Zusammenstellung aller Arbeiten, die im Zusammenhang mit dem Vorhaben veröffentlicht wurden oder in Kürze veröffentlicht werden sollen

List of publications related to the project

Bereits veröffentlichte Dokumente

- Stroetmann R., Faßl T., Hüttig L.: *Nachhaltige Geschossbauten in Stahl- und Verbundbauweise*. In *Stahlbau Kalender 2016*, Hrsg. Kuhlmann U., Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KG, 2016. S. 571–665.
- Hüttig L., Stroetmann R.: *Multifunktionale Geschäftshäuser in Stahl- und Verbundbauweise*. In *20. DAST-Forschungskolloquium in Essen*, Deutscher Ausschluß für Stahlbau DAST, Duisburg/Essen, 09.03 2016. S. 157–161.
- Stroetmann R., Hüttig L.: *Multifunctional Commercial Buildings in Steel and Composite Construction*. In *Challenges in Design and Construction of an Innovative and Sustainable Built Environment*, IABSE c/o ETH Höggerberg, Stockholm, 23.09 2016.
- Stroetmann R., Hüttig L.: *Resource Efficient Steel and Composite Structures for Multifunctional Commercial Buildings*. In *Steel and Aluminium Structures*, Hrsg. Young B., Cai Y., Department of Civil Engineering, The University of Hong Kong, China, Hong Kong, China, 9.12 2016.
- Stroetmann R., Hüttig L.: *Multifunctional commercial buildings in steel and composite construction*, CCVIII Conference on Composite Construction in steel and concrete, Spring Creek Ranch in Jackson Hole, WY (USA), 30.07. - 02.08.2017.
- Stroetmann R., Eisele J., Otto J., Hüttig L., Trautmann B., Harzdorf A. Weller C.: *Multifunktionale Geschäftshäuser in Stahl- und Verbundbauweise Teil1 - Grundlagen zur Bewertung, Planung und Konstruktion* - gewidmet Herrn Prof. Dr.-Ing. habil *Joachim Lindner* zur Vollendung seines 80. Lebensjahres Stahlbau 87. Jahrgang, Heft 4, April 2018, S. 363-381, Ernst & Sohn Verlag
- Stroetmann R., Eisele J., Otto J., Hüttig L., Trautmann B., Harzdorf A. Weller C.: *Multifunktionale Geschäftshäuser in Stahl- und Verbundbauweise Teil2 -Planung und Bewertung am Beispiel von Referenzgebäuden* - gewidmet Herrn Prof. Dr.-Ing. *Jörg Lange* zur Vollendung seines 60. Lebensjahres Stahlbau 87. Jahrgang, Heft 5, April 2018, S. 456-475, Ernst & Sohn Verlag
- Stroetmann R., Hüttig L.: *Sustainable steel and composite constructions for multifunctional commercial buildings*, 12th International Conference on Advances in Steel-Concrete Composite Structures (ASCCS 2018), Universität Politecnica de Valencia, Valencia, Spain, 27.06.-29.06.2018.
- Harzdorf, A.: *Grundlagen der ökonomischen Betrachtung von variablen Bürogebäuden*. In: Tagungsband zum 27. BBB-Assistententreffen, Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Bereiche Baubetrieb, Bauwirtschaft und Bauverfahrenstechnik, 18. bis . 20. Mai 2015, Technische Universität Dresden, 2016, S. 117-130

Zusammenstellung aller Arbeiten, die im Zusammenhang mit dem Vorhaben veröffentlicht wurden oder in Kürze veröffentlicht werden sollen
List of publications related to the project

- Harzdorf, A.; Weller, C.: *Lebenszykluskostenmodell für umnutzungsfähige Gebäude*. In: Tagungsband 28. BBB-Assistententreffen Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Bereiche Bauwirtschaft, Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik, Tagung vom 27.06. bis 29.06.2017 an der Technischen Universität Kaiserslautern, S. 103-112
- Schach, R.; Harzdorf, A.; Weller, C.: *Ökonomische Betrachtung variabler Bürogebäude*. In: Fenner, Jörg (Hrsg.): Festschrift zum 60. Geburtstag von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko, Darmstadt, 2017, S. 677-692
- Schach, R.; Harzdorf, A.; Weller, C.: *Economic Evaluation of Variable Office Buildings*. In: ICCREM2017, Real Estate and Urbanization, Proceedings of the International Conference on Construction and Real Estate Management 2017, November 10-12 2017, Guangzhou, China, 2017, pp. 1-8

Geplante Veröffentlichungen

- Stroetmann R., Hüttig L.: *Resource efficient multifunctional commercial buildings*, 40th IABSE Symposium, Nantes, France, 19.09.-21.09.2018.
- Hüttig, L.: *Dissertation zur Entwicklung multifunktionaler Gebäude in Stahl- und Verbundbauweise*, Stroetmann, R (Hrsg.), Institut für Stahl- und Holzbau der Technischen Universität Dresden, voraussichtliche Abgabe: Dez. 2018.
- Stroetmann R., Eisele J., Otto J., Trautmann B., Hüttig L., Harzdorf A. Weller C.: *Handbuch multifunktionale Gebäude in Stahl- und Verbundbauweise*, voraussichtliche Veröffentlichung: 2. Quartal 2019.

9 Ergebnistransfer in die Wirtschaft Transfer to economy

Maßnahmen während der Projektlaufzeit

Maßnahme A: Projektbegleitender Ausschuss PbA

Ziel	Rahmen	Zeitraum
Die genauen Forschungs- details sowie die For- schungsergebnisse wur- den fortlaufend im PbA ausführlich diskutiert.	A1 1. PbA-Sitzung in Dresden	21.04.2015
	A2 2. PbA-Sitzung in Darmstadt	03.11.2015
	A3 3. PbA-Sitzung in Düsseldorf	26.04.2016
	A4 4. PbA-Sitzung in Düsseldorf	30.09.2016
	A5 5. PbA-Sitzung in Düsseldorf	07.02.2017
	A6 6. PbA-Sitzung in Dresden	28.09.2017
	A7 7. PbA-Sitzung in Bielefeld	16.03.2018

Maßnahme B: Ansprache interessierter Unternehmen außerhalb des PbA

Kontinuierlicher und ziel- gerichteter Transfer der Ergebnisse durch den en- gen Kontakt der For- schungsstellen zu einer Vielzahl von Unterneh- men, Behörden und Pla- nungsbüros.	B1 Der Kontinuierlicher und zielgerichteter Transfer der Ergebnisse zu einer Vielzahl von Unternehmen, Behörden und Pla- nungsbüros wurde durch Vorstellung des Forschungsprojektes auf verschiedenen Fachkonferenzen erreicht. u. a.: 12. Stahlbau-Kalender-Tag, Stuttgart; IABSE Konferenzen, Stockholm und Nan- tes; 3. Zukunft-Bau Workshop der TU Dresden; 28. Fachkongress der wissen- schaftlichen Mitarbeiter der Bereiche Bau- betrieb, Bauwirtschaft und Bauverfahrens- technik, Kaiserslautern; Dresdner Werk- stoffwoche 2017	2016–2018
--	---	-----------

Maßnahme C: Publikation der Ergebnisse durch Veröffentlichungen in Zeitschriften und Fachbüchern

Ergebnistransfer in Wirtschaft und Wissenschaft	C1 Veröffentlichung in „Stahlbaukalender 2016“	März 2016
	C2 Veröffentlichung in Zeitschrift Stahlbau	April 2018 Mai 2018

Maßnahme D: Publikation der Ergebnisse auf Tagungen und Kongressen

Ergebnistransfer in Wirtschaft und Wissenschaft	D1 Präsentation des Forschungsthemas auf dem 20. DAST-Forschungskolloquium, Duisburg/Essen	März. 2016
	D2 Präsentation des Forschungsthemas auf dem 12. Stahlbau-Kalender-Tag Stuttgart	Mai. 2016
	D3 Präsentation des Forschungsthemas auf der 19. internationalen IABSE Konferenz, Stockholm, Schweden	Sept. 2016
	D4 Präsentation des Forschungsthemas auf der 8. internationalen ICSAS Konferenz, Hong Kong, China	Dez. 2016
	D5 Präsentation zum 3. Zukunft-Bau Workshop der TU Dresden	Jan. 2017
	D5 Präsentation des Forschungsthemas auf dem 28. Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Bereiche Baubetrieb, Bauwirtschaft und Bauverfahrenstechnik, Kaiserslautern	Juni 2017
	D6 Präsentation des Forschungsthemas auf der 8. internationalen Composite Construction Konferenz, Jackson Hole, USA	Juli 2017
	D7 Präsentation des Forschungsthemas auf der Dresdner Werkstoffwoche	Sept. 2017
	D8 Präsentation des Forschungsthemas auf der internationalen Konferenz IC-CREM2017, Guangzhou, China	Nov. 2017
D9 Präsentation des Forschungsthemas auf der 12. ASCCS Konferenz, Valencia, Spanien	Juni 2018	

Maßnahme E: Publikation der Ergebnisse auf der Projekthomepage

Ergebnistransfer in Wirtschaft und Wissenschaft	E1 Präsentation des Forschungsthemas auf der Homepage des Instituts für Stahl- und Holzbau	seit Juni 2015
	E2 Präsentation des Forschungsthemas auf der Homepage des Instituts für Baubetriebswesen	seit Juni 2015

Maßnahme F: Übernahme in Lehre und Ausbildung

Die TU Dresden und die TU Darmstadt bilden Ingenieure und Architekten in Bachelor-, Master-, und Diplomstudiengängen aus. Die Ergebnisse wurden in den entsprechenden Vorlesungen vorgestellt. Weiterhin wurden mehrere Bachelor- und Master-, Projekt- und Diplomarbeiten im Verlauf des Projektes erstellt.	F1 Diplomarbeit Alexandra Sommer, „Nachhaltige Tragwerke für multifunktionale Büro- und Geschäftshäuser in Stahl- und Verbundbauweise“	Juli 2015
	F2 Projektarbeit Cara Hoffmann, „Bemessung und Optimierung von Flachdeckensystemen“	Jan. 2016
	F3 Projektarbeit Thomas Dinnebier, „Entwurf eines multifunktionalen, nachhaltigen Büro- und Geschäftshauses“	Jan. 2016
	F4 Masterarbeit Etienne Mattern, „Typologische Untersuchung städtischer Nutzungen“	Okt. 2015
	F5 Masterarbeit Laura Gärtner, „Anforderungen an die vertikale Erschließung multifunktionaler Büro- und Geschäftshäuser“, Forschungsmodul des Masterstudiengangs	Feb. 2016
	F6 Diplomarbeit Sarah Menzer, „Multifunktionale Nutzung von Bürogebäuden“	Nov. 2015
	F7 Diplomarbeit Patrick Renger, „Nachhaltigkeit von flexiblen Bürogebäuden“, Abgabe 11/2015	Nov. 2015
	F8 Diplomarbeit Johannes Gaenge, „Analyse der Lebenszykluskosten von Büroimmobilien“	März 2016
	F9 Diplomarbeit Cara Hoffmann, „Einfluss verschiedener Stahl- und Verbundkonstruktionen auf die Nachhaltigkeit eines multifunktionalen Geschäftshauses“	Jan. 2017

	F10 Diplomarbeit Luisa Sauerhammer, „Konstruktion von multifunktionalen Gebäuden in Stahl- und Verbundbauweise“	März 2017
	F11 Masterarbeit Johannes Kalieb, „Anforderungen an die Gestaltung und Konstruktion der Gebäudehülle multifunktionaler Büro- und Geschäftshäuser“, Forschungsmodul des Masterstudiengangs	März 2017
	F12 Diplomarbeit Ulrich Mann, „Instandhaltungsmaßnahmen im „Lebenszyklus von Bürogebäuden“	Okt. 2016
	F13 Diplomarbeit Maximilian Frye, „Projektfinanzierung in Immobilienwirtschaft“	Okt. 2016
	F14 Diplomarbeit Dennis Poroffscheck, „Untersuchung des vorbeugenden Brandschutzes multifunktionaler Geschäftshäuser in Stahl- und Verbundbauweise“	Sept. 2017
	F15 project work Abhineet Saxena, “International comparison of building rating systems and recyclability of building materials”	März 2018
	F16 Projektarbeit Isabel Ajour, „Nachhaltigkeit und Marktpotenzial multifunktionaler Deckensysteme“	Jan. 2018
	F17 Projektarbeit Lucas Lange, „Nachhaltigkeit konventioneller und innovativer Bauweisen von Büro- und Geschäftshäusern“	Jan. 2018
	F18 Diplomarbeit Luisa Kaltegärtner, „Instandhaltungsstrategien für Bürogebäude“	Jan 2018
	F19 Diplomarbeit Friederike Puls, „Nutzungskosten von Bürogebäuden – Aktuell verfügbare Kennwerte und wichtige Einflussgrößen“	April 2018
	F20: Diplomarbeit Liu Zhejun „Wirtschaftlichkeitsuntersuchung von Bodenbelägen in Bürogebäuden“, voraussichtliche Abgabe 10/2018	vorrauss. Okt. 2018
	F21: Diplomarbeit Lydia Scholz „Verfahren zur Wertermittlung von Immobilien“, voraussichtliche Abgabe 12/2018	vorrauss. Dez. 2018

Maßnahmen (G) Nutzung und Industrialisierung der Projektergebnisse

Bereitstellung der Ergebnisse an die Industriepartner, die die Ergebnisse zur Verbesserung Ihrer Produkte nutzen können	G1 Weitergabe der Ergebnisse im Rahmen von PbA Treffen	seit April 2015
---	---	-----------------

Maßnahmen nach der Projektlaufzeit

Maßnahme B: Ansprache interessierter Unternehmen außerhalb des PbA

Kontinuierlicher und zielgerichteter Transfer der Ergebnisse durch den engen Kontakt der Forschungsstellen zu einer Vielzahl von Unternehmen, Behörden und Planungsbüros.	B1 Ausgabe des Abschlussberichtes an interessierte Unternehmen, die im Bereich der Forschungsschwerpunkte tätig sind.	Ab Juli 2018
---	--	--------------

Maßnahme C: Publikation der Ergebnisse durch Veröffentlichungen in Zeitschriften und Fachbüchern

Ergebnistransfer in Wirtschaft und Wissenschaft	C1 Handbuch für die Entwicklung multifunktionaler Gebäude in Stahl- und Verbundbauweise	2. Quartal 2019 ...
---	--	------------------------

Maßnahme D: Publikation der Ergebnisse durch Beiträge bei Tagungen und Kongressen

Ergebnistransfer in Wirtschaft und Wissenschaft	D1 Präsentation der Forschungsergebnisse auf dem 40. IABSE Symposium, Nantes, Frankreich	Sept. 2018
---	---	------------

Maßnahme E: Publikation der Ergebnisse auf der Projekthomepage

Ergebnistransfer in Wirtschaft und Wissenschaft	E1 Information über Ende des Forschungsprojekts auf der Homepage des Instituts für Stahl- und Holzbau	ab August 2018
	E2 Information über Ende des Forschungsprojekts auf der Homepage des Instituts für Baubetriebswesen	ab August 2018

Maßnahme F: Übernahme in Lehre und Ausbildung

<p>Die TU Dresden und die TU Darmstadt bilden Ingenieure und Architekten in Bachelor-, Master-, und Diplomstudiengängen aus. Die Ergebnisse wurden in den entsprechenden Vorlesungen vorgestellt. Weiterhin wurden mehrere Bachelor- und Master-, Projekt- und Diplomarbeiten im Verlauf des Projektes erstellt.</p>	<p>F1 Dissertation zum Thema multifunktionale Gebäude in Stahl- und Verbundbauweise F2 Vergabe von Projekt- und Diplomarbeiten zur weiterführenden Forschung</p>	<p>Vorrausichtl. Dez. 2018 ab Juli 2018</p>
--	--	--

Einschätzung zur Realisierbarkeit des vorgeschlagenen und aktualisierten
Transferkonzepts
Estimation of the feasibility of the suggested transfer concept

10 Einschätzung zur Realisierbarkeit des vorgeschlagenen und aktualisierten Transferkonzepts Estimation of the feasibility of the suggested transfer concept

Aufgrund der oben genannten vielfältigen Transfermaßnahmen in die Wirtschaft werden die Anforderungen zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft und insbesondere zu kleinen und mittleren Unternehmen erfüllt.

11 Darstellung des wissenschaftlich-technischen und wirtschaftlichen Nutzens der erzielten Ergebnisse insbesondere für KMU sowie ihres innovativen Beitrages und ihrer industriellen Anwendungsmöglichkeiten

Presentation of the scientific-technological and economical benefits of the results achieved especially for SME, innovative contribution, and possibilities for application in industry

Von den Forschungsergebnissen profitieren kleine und mittelständische Unternehmen (KMU), wie Projektentwickler, professionelle Bauherren, Architektur- und Ingenieurbüros, Bauunternehmen im Allgemeinen und Stahlbauunternehmen sowie Generalunternehmen für schlüsselfertiges Bauen im Speziellen. Wegen des vielschichtigen Nutzens für Investoren, Planungsbüros, Bauunternehmen und deren Zulieferer sind die Ergebnisse des Forschungsvorhabens systemrelevant. Die Bedeutung und Häufigkeit des untersuchten Gebäudetypus lässt eine breite Anwendung der Forschungsergebnisse erhoffen.

Ein wesentliches Innovationspotenzial liegt darin, dass systematisch die Objektanforderungen für verschiedene Nutzungsformen unter den Gesichtspunkten der Funktionalität, der sozialen Verträglichkeit, späterer Umbauaufwendungen und des Baurechtes für unterschiedliche Grade der Funktionalität erarbeitet worden sind. Mit der „Übersetzung“ dieser Anforderungen in Baukonstruktionen aus Stahl- und Verbundbauweise liegt die Grundlage für die monetäre Bewertung und die Beurteilung späterer Anpassungen an sich ändernden Nutzeranforderungen vor. Durch anpassungsfähige Strukturen erhöht sich die Lebensdauer der Gebäude. Die Aufwendungen für Umbaumaßnahmen, den Abriss und Neubau aufgrund fehlender Anpassungsfähigkeit gehen zurück. Damit werden in hohem Maße Ressourcen eingespart, die Vermarktungsfähigkeit der Gebäude gesteigert und Ausfallzeiten bei der Nutzung vermieden. Durch ressourceneffizientes Bauen werden die volkswirtschaftlich und gesellschaftspolitischen Ziele, der Energieeinsparung und Reduzierung von Emissionen und Abfall, in hohem Maße unterstützt.

Der Marktanteil an Stahl- und Stahlverbundkonstruktionen ist mit weniger als 10 % am gesamten Bauvolumen in Deutschland, verglichen mit vielen anderen europäischen Ländern, seit Jahren sehr klein, dies trotz der erwiesenermaßen hohen Materialeffizienz und Recyclingfähigkeit. Die ganzheitliche Bewertung der Bauweise unter Berücksichtigung von Aspekten der Nachhaltigkeit verdeutlicht die Vorteile der Stahl- und Stahlverbundbauweise hinsichtlich ihrer Materialeffizienz, Variabilität und Flexibilität. Die konsequente Umsetzung der Forschungsergebnisse führt zu einer Vergrößerung des Marktanteils von Verbundkonstruktionen bei Büro- und Geschäftshäusern.

Projektentwickler und professionelle Bauherren haben die Möglichkeit, sich über das Projekthandbuch, die Veröffentlichungen in den Fachzeitschriften und dem Stahlbau-

Darstellung des wissenschaftlich-technischen und wirtschaftlichen Nutzens der erzielten Ergebnisse insbesondere für KMU sowie ihres innovativen Beitrages und ihrer industriellen Anwendungsmöglichkeiten

Presentation of the scientific-technological and economical benefits

kalender, sowie vertiefend über den Forschungsbericht über den Entwurf, die Ausführung und die wirtschaftlichen Vorteile von multifunktional nutzbaren Büro- und Geschäftshäusern zu informieren und dies in ihre Entscheidungen über die anstehenden Investitionen in Gewerbeimmobilien einzubeziehen. Sie erhalten Mittel zur Beurteilung, welche Mehraufwendungen und welchen Nutzen sie durch die Schaffung der Variabilität und Flexibilität erwarten können. Ferner profitieren sie davon, dass bei Beachtung der Leitlinien und Handlungsempfehlungen im Projekthandbuch die Planungen zu ihrem Investitionsobjekt unter ganzheitlichen ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten erfolgen. Die Nachhaltigkeit besteht unter anderem darin, dass durch die Multifunktionalität der Gebäude Änderungen der Nutzung mit sehr moderaten Eingriffen und Ausfallzeiten verbunden sind, sodass die über lange Zeiträume bewirtschafteten Immobilien an die sich ändernden Anforderungen angepasst werden können.

Architektur- und Ingenieurbüros erhalten mit dem Projekthandbuch, den Publikationen und weiteren Maßnahmen zum Wissenstransfer Planungsgrundlagen, Leitlinien und Handlungsempfehlungen zur Planung multifunktional nutzbarer Büro- und Geschäftshäuser in Stahl- und Verbundbauweise. Sie werden unterstützt, die gestalterischen, funktionalen, technischen und baurechtlichen Zusammenhänge zu überschauen und in ihren Planungen zu berücksichtigen. Ferner erhalten sie Informationen über ökonomische und ökologische Konsequenzen aus Entscheidungen für Bauweisen, Gebäudedeckformen, Konstruktionsraster, Deckenspannweiten, Deckenauf- und Unterbauten, horizontale und vertikale Versorgungsschächte. Sie können Abhängigkeiten der Konstruktions- und Geschosshöhen, der Fassadenflächen und deren Gestaltung, der Gebäudemassen und Aufwendungen für den Lastabtrag bis zum Baugrund abschätzen und beurteilen.

Bauunternehmen, Stahlbauer sowie Generalunternehmen, die Bauleistungen im Stahl- und Verbundbau anbieten, profitieren von der Förderung der Bauweise und der Vergrößerung ihres Marktanteils. Dies betrifft auch die Zuliefererindustrie, wie z. B. die Hersteller von Walzprofilen, Verbindungsmitteln (Schrauben, Kopfbolzendübel) und Schweißzusätzen sowie Hersteller und Applikatoren von Korrosionsschutzsystemen. Unternehmen und Komplettanbieter im Bereich des schlüsselfertigen Bauens, unter deren Verantwortung auch die Projektierung der Gewerbeimmobilien erfolgt, können ihre Wettbewerbsfähigkeit durch die Nutzung aufbereiteter Forschungsergebnisse steigern. Sie erhalten gegenüber ihren Bauherren und Auftraggebern Argumentationshilfen zur Entscheidung für multifunktional nutzbarer Büro- und Geschäftshäuser in Stahl- und Verbundbauweise.

Die überwiegende Zahl der Stahlbauunternehmen des Stahlhochbaus zählen strukturell zu den kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). Gleiches gilt für die Architektur- und Ingenieurbüros, die in diesen Bereichen tätig sind, sowie eine Vielzahl von Projektentwicklern im Bereich des Gewerbebaus. Durch die im Forschungsvorhaben entwickelten Instrumente können die Wettbewerbschancen dieser KMU deutlich gesteigert werden.

12 Literaturverzeichnisse Bibliography

12.1 Kapitel 1 Chapter 1

- [1-1] Mensinger M., Stroetmann R., Eisele J., Feldmann M., Pyschny D., Lang F., Trautmann B., Zink K. J., Baudach T., Fischer K., Lingnau V., Kokot K., Möller H., Huang L., Ritter F., Podgorski C., Scheller J., Faßl T.: *Nachhaltige Büro- und Verwaltungsgebäude in Stahl- und Stahlverbundbauweise*. Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH, Düsseldorf, 2016.
- [1-2] Stroetmann R., Faßl T., Hüttig L.: *Nachhaltige Geschossbauten in Stahl- und Verbundbauweise*. In *Stahlbau Kalender 2016*, Hrsg. Kuhlmann U., 18. Jahrgang. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 2016. S. 571–665.
- [1-3] Stroetmann R., Eisele J., Otto J., Hüttig L., Trautmann B., Harzdorf A., Weller C.: Multifunktionale Geschäftshäuser in Stahl- und Verbundbauweise, Teil 2 – Planung und Bewertung am Beispiel von Referenzgebäuden. In *Stahlbau 87*, 2018.
- [1-4] Stroetmann R., Eisele J., Otto J., Hüttig L., Trautmann B., Harzdorf A., Weller C.: Multifunktionale Geschäftshäuser in Stahl- und Verbundbauweise, Teil 1 – Grundlagen zur Bewertung, Planung und Konstruktion. In *Stahlbau 87*, 2018.
- [1-5] Stroetmann R., Hüttig L.: *Multifunctional Commercial Buildings in Steel and Composite Construction*. 19th IABSE Congress - Challenges in Design and Construction of an Innovative and Sustainable Built Environment, IABSE c/o ETH Höggerberg, Stockholm, Schweden, 23.09. 2016.
- [1-6] Stroetmann R., Hüttig L.: *Resource Efficient Steel and Composite Structures for Multifunctional Commercial Buildings*. 8th International Conference on Steel and Aluminium Structures, Hrsg. Young B., Cai Y., Department of Civil Engineering, The University of Hong Kong, China, Hong Kong, China, 9.12. 2016.
- [1-7] Stroetmann R., Hüttig L.: *Multifunctional commercial buildings in steel and composite construction*. CCVIII Conference on Composite Construction in steel and concrete, Spring Creek Ranch in Jackson Hole, WY, USA, 07.-02.08. 2017.
- [1-8] Harzdorf A.: *Grundlagen der ökonomischen Betrachtung von variablen Bürogebäuden*. In *Tagungsband zum 27. BBB-Assistententreffen*, Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Bereiche Baubetrieb, Bauwirtschaft und Bauverfahrenstechnik, Dresden, Mai. 2015. S. 117–130.
- [1-9] Harzdorf A., Weller C.: *Lebenszykluskostenmodell für umnutzungsfähige Gebäude*. In *Tagungsband 28. BBB-Assistententreffen* Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Bereiche Bauwirtschaft, Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik, Dresden, Juni. 2017. S. 103–112.
- [1-10] Schach R., Harzdorf A., Weller C.: *Ökonomische Betrachtung variabler Bürogebäude*. Festschrift zum 60. Geburtstag von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko, Hrsg. Fenner J., Darmstadt, 2017.
- [1-11] Schach R., Harzdorf A., Weller C.: *Economic Evaluation of Variable Office Buildings*. In *Festschrift zum 60. Geburtstag von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko*, Guangzhou, China, Nov. 2017. S. 1–8.

- [1-12] Henger R., Hebecker J.: *Immobilienbranche – (noch) kein Abschwung in Sicht*. Institut der deutschen Wirtschaft Köln, Köln, 2018.
- [1-13] Voigtländer M., Deschermeier P.: *Büroimmobilien: Erst arbeiten, dann wohnen*. Institut der deutschen Wirtschaft Köln, Köln, 2018.
- [1-14] Clamor T., Haas H., Voigtländer M.: Büroleerstand – ein zunehmendes Problem des deutschen Immobilienmarktes. In *IW-Trends* 38, 2011. S. 1–15.
- [1-15] Jones Lang LaSalle (Hrsg.): *Büromarktüberblick*. Big 7 | 4. Quartal 2017, Eigenverlag, 2018.
- [1-16] Deschermeier P., Voigtländer M.: Auswirkungen des demografischen Wandels auf die Büroimmobilienmärkte in Deutschland. In *IW-Trends* 44, 2017.
- [1-17] Wohin mit den Mitarbeitern? In Städten werden Büros knapp. <https://www.zeit.de/news/2018-02/02/wohin-mit-den-mitarbeitern-in-staedten-werden-bueros-knapp-180202-99-901602>, letzter Zugriff: 1. Feb. 2018.
- [1-18] Directorate-General for Research and Innovation (European Commission): *Evaluation of client demand, sustainability and future regulations on the next generation of building design in steel*. European Commission, 2007.
- [1-19] *Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung*. Bonn, 2013.
- [1-20] Hartmann R.: Chirurgischer Eingriff statt kosmetisches Facelifting – Umbau Bürogebäude der Helvetia Patria, Hohlstrasse 560, Zürich Altstetten. In *TEC21 – Schweizerische Bauzeitung* 2003.
- [1-21] Bohnenberger P.: Riese im Wandel – „The Silo“ in Kopenhagen (DK). <https://www.db-bauzeitung.de/db-metamorphose/the-silo-cobe/>, letzter Zugriff: 1. Juli. 2017.
- [1-22] Brüggermann M.: Metamorphose in Weiß – Wohnhaus Quant, Stuttgart. http://www.dbz.de/artikel/dbz_Metamorphose_in_Weiss_Wohnhaus_Quant_Stuttgart_59751.html, letzter Zugriff: 1. Juni. 2018.
- [1-23] Umwandlung von Büroimmobilien in Wohnraum – Bremen Innenstadt 2025. <https://www.bauumwelt.bremen.de/sixcms/media.php/13/Umwandlung+von+B%FCroimmobilien+in+Wohnraum.pdf>, 2014.

12.2 Kapitel 2 Chapter 2

12.2.1 Literaturen Literatures

- [2-1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): *Klimaschutzplan 2050 - Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung*. 1. Auflage, Berlin, Nov. 2016.
- [2-2] Umweltbundesamt Sachgebiet I 2.2: *Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung - Diskussionsbeitrag des Umweltbundesamtes*. Dessau-Roßlau, Apr. 2016.
- [2-3] United Nations Environment Programme (UNEP): *The Emissions Gap Report 2017 - A UN Environment Synthesis Report*. Nov. 2017.
- [2-4] Zinke T., Ummenhofer T., Hauke B., Siebers R.: *Nachhaltigkeit und Normung*. In *Stahlbau Kalender 2016*, Hrsg. Kuhlmann U., Wilhelm Ernst & Sohn, 2016.
- [2-5] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMVBS): Informationsportal Nachhaltiges Bauen. <http://www.nachhaltiges-bauen.de/>, letzter Zugriff: 3. Mai. 2018.

- [2-6] Stroetmann R., Faßl T., Hüttig L.: *Nachhaltige Geschossbauten in Stahl- und Verbundbauweise*. In *Stahlbau Kalender 2016*, Hrsg. Kuhlmann U., 18. Jahrgang. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 2016. S. 571–665.
- [2-7] Europäische Kommission: Datenbank zum Abfallaufkommen (env_wasgen). <http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/waste/database>, letzter Zugriff: 26. Apr. 2018.
- [2-8] Europäische Kommission: Datenbank zur Abfallbehandlung (env_wastrt). <http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/waste/database>, letzter Zugriff: 26. Apr. 2018.
- [2-9] ARGE Kreislaufwirtschaftsträger Bau: *1. Monitoring-Bericht Bauabfälle – Erhebung 1996*. Berlin, Düsseldorf, Duisburg, März. 2000.
- [2-10] ARGE Kreislaufwirtschaftsträger Bau: *3. Monitoring-Bericht Bauabfälle – Erhebung 2000*. Berlin, Düsseldorf, Duisburg, Okt. 2003.
- [2-11] ARGE Kreislaufwirtschaftsträger Bau: *4. Monitoring-Bericht Bauabfälle – Erhebung 2002*. Berlin, Düsseldorf, Duisburg, Okt. 2005.
- [2-12] ARGE Kreislaufwirtschaftsträger Bau: *5. Monitoring-Bericht Bauabfälle – Erhebung 2004*. Berlin, Düsseldorf, Duisburg, Feb. 2007.
- [2-13] Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e.V.: *Mineralische Bauabfälle Monitoring 2006*. Berlin, 2011.
- [2-14] Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e.V.: *Mineralische Bauabfälle Monitoring 2008*. Berlin, 2011.
- [2-15] Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e.V.: *Mineralische Bauabfälle Monitoring 2010*. Berlin, 2013.
- [2-16] Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e.V.: *Mineralische Bauabfälle Monitoring 2012*. Berlin, 2015.
- [2-17] Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e.V.: *Mineralische Bauabfälle Monitoring 2014*. Berlin, 2017.
- [2-18] Moynihan M. C., Allwood J. M.: The flow of steel into the construction sector. In *Resources, Conservation and Recycling* 68, 2012. S. 88–95.
- [2-19] Yellishetty M., Mudd G. M., Ranjith P. G., Tharumarajah A.: Environmental life-cycle comparisons of steel production and recycling: sustainability issues, problems and prospects. In *Environmental Science & Policy* 14, 2011. S. 650–663.
- [2-20] Zuo J., Zhao Z.-Y.: Green building research– current status and future agenda: A review. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30, 2014. S. 271–281.
- [2-21] Burgan B. A., Sansom M. R.: Sustainable steel construction. In *Journal of Constructional Research* 62, 2006. S. 1178–1183.
- [2-22] Cho Y. S., Kim J. H., Hong S. U., Kim Y.: LCA application in the optimum design of high rise steel structures. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, 2012. S. 3146–3153.
- [2-23] FOSTA - Forschungseinigung Stahlanwendung e. V. M. (Hrsg.): *Aktuelle Entwicklungen im Gewerbebau*. P764 Aufl., Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH, Düsseldorf, 2008.
- [2-24] Ungermann D., Brune B., Preckwinkel E., Hassler U.: Nachhaltige Verwendung von Stahl im Gebäudebestand. In *Stahlbau* 79, 2010. S. 434–438.
- [2-25] Ranzi G., Leoni G., Zandonini R.: State of the art on the time-dependent behaviour of composite steel–concrete structures. In *Journal of Constructional Steel Research* 80, 2013. S. 252–263.
- [2-26] Mensinger M., Stroetmann R., Eisele J., Feldmann M., Pyschny D., Lang F., Trautmann B., Zink K. J., Baudach T., Fischer K., Lingnau V., Kokot K., Möller H., Huang L., Ritter F., Podgorski C., Scheller J., Faßl T.: *Nachhaltige Büro- und*

- Verwaltungsgebäude in Stahl- und Stahlverbundbauweise*. Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH, Düsseldorf, 2016.
- [2-27] Stroetmann R., Podgorski C.: Zur Nachhaltigkeit von Stahl- und Verbundkonstruktionen bei Büro- und Verwaltungsgebäuden – Teil 1: Tragkonstruktionen. In *Stahlbau* 83, Apr. 2014. S. 245–256.
- [2-28] Sobek W., Trumpf H., Heinlein F.: Recyclinggerechtes Konstruieren im Stahlbau. In *Stahlbau* 79, Juni. 2010. S. 424–433.
- [2-29] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg: Verwertung von Altholz. <http://www.themenpark-umwelt.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/40457/?path=3968;40120;&btID=9>, letzter Zugriff: 2. Mai. 2018.
- [2-30] InformationsZentrum Beton GmbH: *Erläuterungen zu den Umweltproduktdeklarationen für Beton*. Erkrath, 2014.
- [2-31] AFNOR Normalisation: CEN TC 350 „sustainability of construction works“. http://portailgroupe.afnor.fr/public_espacenormalisation/CENTC350/index.html, letzter Zugriff: 3. Mai. 2018.
- [2-32] Fischer M., Albrecht S., Ilg R., Held M., Jäger M., Leistner P.: *Grundlagen der ökologischen Bilanzierung*. In *Stahlbau Kalender 2016*, Hrsg. Kuhlmann U., Wilhelm Ernst & Sohn, 2016.
- [2-33] Jurleit A.: Think Global Certify Local, HafenCity Universität Hamburg, (2013).
- [2-34] USGBC Statistics | U.S. Green Building Council. <http://www.usgbc.org/articles/usgbc-statistics>, letzter Zugriff: 4. Mai. 2018.
- [2-35] Bernardi E., Carlucci S., Cornaro C., Bohne R. A.: An Analysis of the Most Adopted Rating Systems for Assessing the Environmental Impact of Buildings. In *Sustainability* 9, Juli. 2017. S. 1226.
- [2-36] Ebert T., Eßig N., Hauser G.: *Zertifizierungssysteme für Gebäude: Nachhaltigkeit bewerten, Internationaler Systemvergleich, Zertifizierung und Ökonomie*. 1. Aufl., Institut für internationale Architektur-Dokumentation, München, 2010.
- [2-37] Dirlich S.: A Comparison of Assessment and Certification Schemes for Sustainable Building and Suggestions for an International Standard System. In *THE IMRE Journal* Volume 5, 2011.
- [2-38] The Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP): Operational Guidance for Life Cycle Assessment Studies of the Energy Efficient Buildings Initiative - EeBGuide. <https://www.eebguide.eu/>, letzter Zugriff: 8. Mai. 2018.
- [2-39] Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB): 10 Jahre DGNB. http://www.dgnb.de/de/10_jahre/Chronik_10_Jahre_DGNB/index_2017.php, letzter Zugriff: 8. Mai. 2018.
- [2-40] Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB e.V. (Hrsg.): *DGNB System - Kriterienkatalog Gebäude Neubau*. 2. Auflage, 2018.
- [2-41] Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI): Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB). <https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/>, letzter Zugriff: 8. Mai. 2018.
- [2-42] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hrsg.): letzter Zugriff: 17. Aug. 2017.
- [2-43] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): *Leitfaden Nachhaltiges Bauen - Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden*. 2. aktualisierte Auflage, Berlin, Feb. 2016.
- [2-44] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hrsg.): Jan. 2014.

- [2-45] Stroetmann R., Eisele J., Otto J., Hüttig L., Trautmann B., Harzdorf A., Weller C.: Multifunktionale Geschäftshäuser in Stahl- und Verbundbauweise, Teil 1 – Grundlagen zur Bewertung, Planung und Konstruktion. In *Stahlbau* 87, 2018.
- [2-46] DGNB GmbH: DGNB Navigator. <http://www.dgnb-navigator.de/>, letzter Zugriff: 10. Mai. 2018.
- [2-47] Institut Bauen und Umwelt e.V.: Veröffentlichte EPDs | Institut Bauen und Umwelt e.V. <https://ibu-epd.com/veroeffentlichte-epds/>, Veröffentlichte EPDs | Institut Bauen und Umwelt e.V., *IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V.*
- [2-48] Home - Eco Platform en. <http://www.eco-platform.org/>, Home - Eco Platform en,
- [2-49] Ritter F.: Dissertation zur Lebensdauer von Bauteilen und Bauelementen - Modellierung und praxisnahe Prognose, Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie der Technischen Universität Darmstadt, (2011).
- [2-50] Kurzrock B.-M.: *Lebenszyklus von Immobilien*. In Immobilienwirtschaftslehre - Management, Hrsg. Rottke N. B., Thomas M., Springer Gabler, Wiesbaden, 2017. S. 421–446.
- [2-51] Bahr C., Lennerts K.: *Lebens- und Nutzungsdauer von Bauteilen*. Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) und Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR), 2010.
- [2-52] Kalusche W.: *Technische Lebensdauer von Bauteilen und wirtschaftliche Nutzungsdauer eines Gebäudes*. Festschrift zum 60. Geburtstag von Professor Dr. Hansruedi Schalcher, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich, 2004.
- [2-53] Stoy C.: *Benchmarks und Einflussfaktoren der Baunutzungskosten*. Zürich : vdf Hochschulverl., 2005.
- [2-54] Bundesinstitut für Bau, Stadt und Raumforschung: *BBSR-Tabelle „Nutzungsdauern von Bauteilen zur Lebenszyklusanalyse nach BNB“*. Feb. 2017.
- [2-55] Ritter F., Kalusche W., Kalusche J.: *BKI Baukosten 2016 Neubau - Statistische Kostenkennwerte für Bauelemente*. Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH, Stuttgart, 2016.
- [2-56] *Lebensdauer von bauteilen und Bauteilschichten*. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Berlin, 2006.
- [2-57] Asam C., Dorn S., Hänel M., Mann B.: *Nutzungsdauerangaben von ausgewählten Bauteilen und Bauteilschichten des Hochbaus für den Leitfaden „Nachhaltiges Bauen“*. Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU Berlin, Berlin, Sep. 2007.
- [2-58] Agethen U., Frahm K.-J., Renz K., Thees E. P.: *Lebensdauer von Bauteilen, Zeitwerte*. Bund Technischer Experten e.V., 2005.
- [2-59] Zimmermann K.: *Anwendung des Leitfadens Nachhaltiges Bauen und des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB) in den Bundesbauverwaltungen - Zusatzmodul Lebenszyklusanalysen nach BNB „Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus (LCC)“*. Öko-Zentrum NRW GmbH, Feb. 2012.
- [2-60] Schach R., Otto J.: *Baustelleneinrichtung*. 3. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2017.
- [2-61] Fretzer R., Luther J., Letsch J., Wagner A.: *BKI Baukosten 2015 Neubau - Statistische Kostenkennwerte für Positionen*. Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH, Stuttgart, 2016.
- [2-62] Berner F., Köchendorfer B., Schach R.: *Grundlagen der Baubetriebslehre 1 – Baubetriebswirtschaft*. 2., aktualisierte Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2017.

12.2.2 Ökobilanzdaten LCA-data

- [2-63] bauforumstahl e.V.: *Baustähle: Offene Walzprofile und Grobbleche*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-BFS-20130094-IBG1-DE, gültig bis: 24.10.2018. Institut Bauen und Umwelt e.V., Gladbeck, Okt. 2013.
- [2-64] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Ökobaudat - Informationsportal nachhaltiges Bauen. <http://www.oekobaudat.de/>, letzter Zugriff: 18. Mai. 2016.
- [2-65] InformationsZentrum Beton GmbH: *Beton der Druckfestigkeitsklasse C 20/25*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-IZB-2013411-D, gültig bis: 25.07.2018. Institut Bauen und Umwelt e.V., Erkrath, Juli. 2013.
- [2-66] InformationsZentrum Beton GmbH: *Beton der Druckfestigkeitsklasse C 30/37*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-IZB-2013431-D, gültig bis: 25.07.2018. Institut Bauen und Umwelt e.V., Erkrath, Juli. 2013.
- [2-67] InformationsZentrum Beton GmbH: *Beton der Druckfestigkeitsklasse C 50/60*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-IZB-2013461-D, gültig bis: 25.07.2018. Institut Bauen und Umwelt e.V., Erkrath, Juli. 2013.
- [2-68] European Association for Panels and Profiles: *Profiled sheets made of steel for roof, wall and deck constructions*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-EPQ-20130236-CBE1-EN, gültig bis: 23.10.2018. Institut Bauen und Umwelt e.V., Fichtenhain, Okt. 2013.
- [2-69] DW Systembau GmbH: *Spannbeton-Fertigteildecken*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-DWS-20140158-IAA1-DE, gültig bis: 15.02.2020. Institut Bauen und Umwelt e.V., Schneverdingen, Gladbeck, Feb. 2015.
- [2-70] Podleschny R.: *Persönliche Korrespondenz zur Verlängerung der verbandsspezifischen EPDs für Profiltafeln aus Stahl*. IFBS, Mai. 2018.
- [2-71] Siebers R.: *Persönliche Korrespondenz zur Verlängerung der verbandsspezifischen EPDs des bauforumstahl für feuerverzinkte und unverzinkte offene Walzprofile und Grobbleche*. bauforumstahl e. V., Mai. 2018.

12.2.3 Normen, Richtlinien und Verordnungen Standards, directives and regulations

- [2-72] *RICHTLINIE 2008/98/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien (Abfallrahmenrichtlinie – 2008/98/EG)*. Nov. 2008.
- [2-73] Europäisches Parlament und der Rat der europäischen Union: *Verordnung (EG) Nr. 2150 vom 25. November 2002 zur Abfallstatistik*. Dez. 2002.
- [2-74] DIN EN 15643-1: *Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden – Teil 1: Allgemeine Rahmenbedingungen*. Dez. 2010.
- [2-75] DIN EN 15643-2: *Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden – Teil 2: Rahmenbedingungen für die Bewertung der umweltbezogenen Qualität*. Mai. 2011.
- [2-76] DIN EN 15643-3: *Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden – Teil 3: Rahmenbedingungen für die Bewertung der sozialen Qualität*. Apr. 2012.
- [2-77] DIN EN 15643-4: *Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden – Teil 4: Rahmenbedingungen für die Bewertung der ökonomischen Qualität*. Apr. 2012.

- [2-78] DIN EN 15643-5: *Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden und Ingenieurbauwerken – Teil 5: Leitfaden zu den Grundsätzen für und den Anforderungen an Ingenieurbauwerke*. Mai. 2018.
- [2-79] DIN EN 15978: *Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode*. Okt. 2012.
- [2-80] DIN EN 16309: *Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der sozialen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethoden*. Dez. 2014.
- [2-81] DIN EN 16627: *Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der ökonomischen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethoden*. Juli. 2013.
- [2-82] DIN EN 15804: *Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte*. Juli. 2014.
- [2-83] DIN EN ISO 14040: *Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen*. Nov. 2009.
- [2-84] DIN EN ISO 14044: *Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen*. Okt. 2006.
- [2-85] *Bekanntmachung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit über die Nutzung und die Anerkennung von Bewertungssystemen für das nachhaltige Bauen vom 23. Juni 2015*.

12.3 Kapitel 3

Chapter 3

- [3-1] Krausse, J.; Lichtenstein, C: *Your private sky - R. Buckminster Fuller, Design als Kunst einer Wissenschaft*. Zürich: Verlag Lars Müller, Museum für Gestaltung Zürich, 2001.
- [3-2] Kähler, G.; Kritzmann, B.; Venus, C.: *Redevelopment. Möglichkeiten und Chancen, unrentabel und unfunktionell gewordener, innerstädtischen Bürohausbau der Fünfziger, Sechziger und Siebziger zu Wohnraum umnutzen*. Stuttgart: Frauenhofer IRB Verlag, 2009.
- [3-3] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: *Stadumbau/Stadterneuerung*. URL: https://www.bbr.bund.de/BBSR/DE/Stadtentwicklung/StadtentwicklungDeutschland/StadumbauStadterneuerung/StadumbauStadterneuerung_node.html, Juni 2018.
- [3-4] Plagaro Cowee, N.; Schwehr, P.: *Die Typologie der Flexibilität im Hochbau*. Luzern: Hochschule Luzern – Technik & Architektur Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP), 2008.
- [3-5] Qu, C.: *Gemischtfunktionale Hochhäuser in China und Deutschland – Eine vergleichende Untersuchung und die mögliche Übertragbarkeit der chinesischen Erfahrung*. Darmstadt: 2003.
- [3-6] Schwarz, J.: *Frankfurter Fundamente der Kunstgeschichte, Band XII – Architektur und Kommerz*. Frankfurt: Kunstgeschichtliches Institut der Goethe-Universität, 1995.
- [3-7] Linke, S.; Nagel, S.: *Bauten des Handels – Läden Warenhäuser Einkaufszentren*. Gütersloh/Düsseldorf: Bertelsmann Fachverlag, 1973.
- [3-8] Bott, H.; Grassl, G. C.; Anders, S.: *Nachhaltige Stadtplanung – Konzepte für nachhaltige Quartiere*. München: DETAIL – Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG, 2013.
- [3-9] Posener, J.: *Ebenezer Howard Gartenstädte von morgen - Das Buch und seine Geschichte*. Berlin, Frankfurt am Main, Wien: Verlag Ullstein GmbH, 1968.

- [3-10] Hilpert, T.: Le Corbusiers „Charta von Athen“ – Texte und Dokumente, Kritische Neuausgabe. Braunschweig, Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, 1984.
- [3-11] Hoffmann-Axthelm, D.: Das Berliner Stadthaus – Geschichte und Typologie. 1200 bis 2010. Berlin: DOM publishers, 2011.
- [3-12] intosens ag + urban solutions: Die Wiederentdeckung der Mischnutzung. URL: <http://www.intosens.ch/urbansolutions/mischnutzung.php>, Juni 2018.
- [3-13] Savills: Die Mischnutzung wird salonfähig. URL: http://www.savills.de/_news/article/64899/205318-0/7/2016/die-mischnutzung-wird-salonfahig, Juli 2016.
- [3-14] Leeb, F.: Hotel- und Bürohochhaus in Innsbruck – Kopf mit Hirn. Wien: architektur aktuell – the art of building, Heft 10, 2013.
- [3-15] Architektur Online: The Mountain Dwellings von der Bjarke Ingels Group (BIG). URL: <http://www.architektur-online.com/projekte/the-mountain-dwellings-von-der-bjarke-ingels-group-big>, März 2011.
- [3-16] Meyhöfer, D.: Hinauf in neue architektonische Höhen – Mountain Dwellings in Kopenhagen / DK. URL: http://www.dbz.de/artikel/dbz_Hinauf_in_neue_architektonische_Hoehen_Mountain_Dwellings_in_Kopenhagen_59595.html, Dezember 2008.
- [3-17] Fuchs, C.: Sporthalle mit Wohnungen in Kopenhagen. München: DETAIL – Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG, 2017
- [3-18] Schoof, J.: Alles, was die Stadt braucht: Multifunktionsgebäude in Kopenhagen. URL: <https://www.detail.de/artikel/alles-was-die-stadt-braucht-multifunktionsgebaeude-in-kopenhagen-27712/>, Juni 2016.
- [3-19] Spix, S.: Rathaus Rotterdam – Gestapelte Kisten in rigidem Raster: Das Timmerhuis im Zentrum der Hafenstadt fügt sich als Mixed-Use Komplex in die experimentelle Stadtlandschaft. URL: <http://www.bauwelt.de/themen/bauten/Timmerhuis-Rathaus-Rotterdam-OMA-2514212.html>, August 2016.
- [3-20] Baunetz_Wissen: Timmerhuis in Rotterdam – Kolossaler Kistenstapel aus Isolierglas. URL: <https://www.baunetzwissen.de/glas/objekte/bueroverwaltung/timmerhuis-in-rotterdam-4907962>, Juni 2018.
- [3-21] Hagmann, L.: Ein Haus zum Leben und Sterben. URL: <https://www.nzz.ch/zuerich/diakonie-bethanien-ein-haus-zum-leben-und-sterben-ld.127763>, November 2016.
- [3-22] Fuchs, C.: Vitale Stadtbausteine – Innovative Konzepte für Mischnutzungen. München: DETAIL – Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG, 2017.
- [3-23] Koppitz, H.-J.; Schwarting, G.: Der Flächennutzungsplan in der kommunalen Praxis – Grundlagen, Verfahren, Wirkungen. Berlin: Erich Schmidt Verlag, 2005.
- [3-24] Boeddinghaus, G.: BauNVO Baunutzungsverordnung – Kommentar. München, Berlin: Verlagsgruppe Jehle Rehm GmbH, 2000.
- [3-25] Bauministerkonferenz IS-ARGEBAU, Hrsg., Musterbauordnung - MBO, November 2002, geändert 13.05.2016.
- [3-26] Reichel, G. H.; Schulte, B. H.: Handbuch Bauordnungsrecht. Verlag C. H. Beck, München 2004.
- [3-27] Richthammer, E.; Meinert, S.: Nutzungsänderung von Gewerbeimmobilien. URL: <https://www.deutscheranwaltspiegel.de/nutzungsaenderungen-bei-gewerbeimmobilien/>, Juni 2018.

- [3-28] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Energiekonzept - für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), September 2010.
- [3-29] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV). Berlin, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Ausfertigungsdatum: 24.07.2007, geändert 24.10.2015.
- [3-30] Jungmann, U.; Lambrecht, K.: EnEV 2014 im Bild. Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH&Co.KG, 2014.
- [3-31] Rottke, N. B.: Immobilienarten. Immobilienwirtschaftslehre – Management, Rottke, N. B., Thomas, N. (Herausgeber). Wiesbaden: Verlag Springer Gabler, 2017.
- [3-32] M. Mensinger *u. a.*: Nachhaltige Büro- und Verwaltungsgebäude in Stahl- und Stahlverbundbauweise“ – Forschungsbericht P881. Düsseldorf: Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH Düsseldorf, 2016.
- [3-33] Eisele, J.; Staniek, B.: Bürobauatlas - Grundlagen, Planung, Technologie, Arbeitsplatzqualitäten. München: Verlag Georg D.W. Callwey GmbH & Co.KG, 2005.
- [3-34] Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG: Büro Office - best of DETAIL. München: Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG, 2013.
- [3-35] Knirsch, J.: Büroräume Bürohäuser - Gelingt der Wandel zum Lebensraum Büro? Leinfelden-Echterdingen: Verlagsanstalt Alexander Koch, 2002.
- [3-36] Wietzorrek, U.: Raumkonzeptionen als Ausdruck sozialer Verhältnisse. München: Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG, Heft 3, 2014.
- [3-37] Schneider, F.: Grundrißatlas Wohnungsbau. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser – Verlag für Architektur, 1997.
- [3-38] Feddersen, E.; Lüdtke, I.: Entwurfsatlas - Wohnen im Alter. Basel. Boston, Berlin: Birkhäuser Verlag AG, 2009.
- [3-39] Herrgott, B. S.: Handbuch und Planungshilfe - Altengerechtes Wohnen. Berlin: DOM publishers, 2012.
- [3-40] Architektur + Wettbewerbe – Das internationale Architekturmagazin mit thematischem Schwerpunkt: Wohnheime und Herbergen. Stuttgart: Karl Krämer Verlag GmbH & Co, Heft 206, Juni 2006.
- [3-41] Mutius von, A.; Nußberger, J.: Bauen für Studenten – Wohnanlagen in Deutschland seit 1990. Basel, Berlin, Boston: Birkhäuser Verlag, 1994.
- [3-42] Ronstedt, M.; Frey, T.: Handbuch und Planungshilfe – Hotelbauten. Berlin: DOM publishers, 2014.
- [3-43] Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz: Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Versammlungsstätten (Muster-Versammlungsstättenverordnung – MVStättVO) – Fassung Juni 2005, zuletzt geändert durch Beschluss der Fachkommission Bauaufsicht vom Juli 2014. Berlin: 2014.
- [3-44] Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz: Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Verkaufsstätten (Muster-Verkaufsstättenverordnung – MVKVO) – Fassung September 1995, zuletzt geändert durch Beschluss der Fachkommission Bauaufsicht vom Juli 2014. Berlin: 2014.

- [3-45] Irmscher, I.: Handbuch und Planungshilfe – Parkhäuser und Tiefgaragen, Band 1: Grundlagen für die Planung. Berlin: DOM publishers, 2013.
- [3-46] Fachkommission Bauaufsicht: Muster einer Verordnung über den Bau und Betrieb von Garagen (Muster-Garagenverordnung – M-GarVO) – Fassung Mai 1993, geändert durch Beschlüsse vom 19.09.1996, 18.09.1997 und 30.05.2008. Berlin: 2008.
- [3-47] Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH&Co.KG: Büro/Office – best of DETAIL. München: Edition DETAIL, 2013.
- [3-48] Bundesministerium für Arbeit und Soziales: Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV) – Ausfertigungsdatum: 12.08.2004, zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 30. November 2016. Berlin: 2016.
- [3-49] Fachkommission Bauaufsicht: Muster - Verordnung über den Bau und Betrieb von Beherbergungsstätten (Muster-Beherbergungsstätte – MBeVO) – Fassung Dezember 2000, zuletzt geändert durch Beschluss der Fachkommission Bauaufsicht vom Mai 2014. Berlin: 2014.
- [3-50] Deutsche Hotelklassifizierung: Kriterienkatalog 2015-2020. Berlin, 2015.
- [3-51] Schittich, C. (Hrsg.): Im Detail: Erschließungsräume – Treppen, Rampen, Aufzüge, Wegeführung Entwurfsgrundlagen. München: Edition DETAIL – Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG, 2013.
- [3-52] Habermann, K. J.: Treppen – Entwurf und Konstruktion. Basel. Boston, Berlin: Birkhäuser – Verlag für Architektur, 2003.
- [3-53] Hausladen, G.; Tichelmann, K.: Ausbau Atlas – Integrale Planung, Innenausbau, Haustechnik. München: Edition DETAIL – Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG, 2009.

12.4 Kapitel 4 Chapter 4

12.4.1 Literaturen Literatures

- [4-1] Fingerloos F.: *Normen und Regelwerke*. In BetonKalender 2016: Beton im Hochbau, Silos und Behälter, Hrsg. Bergmeister K., Fingerloos F., Wörner J.-D., Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 2016.
- [4-2] Mensinger M., Stroetmann R., Eisele J., Feldmann M., Pyschny D., Lang F., Trautmann B., Zink K. J., Baudach T., Fischer K., Lingnau V., Kokot K., Möller H., Huang L., Ritter F., Podgorski C., Scheller J., Faßl T.: *Nachhaltige Büro- und Verwaltungsgebäude in Stahl- und Stahlverbundbauweise*. Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH, Düsseldorf, 2016.
- [4-3] Kuhlmann U. (Hrsg.): *Stahlbaukalender 2018 - Verbundbau, Fertigung*. 20. Jahrgang, Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 2018.
- [4-4] Friedrich R.: Nachweis der Gebrauchstauglichkeit von Bauteilen aus Stahlbeton nach DIN 1045 und nach EC 2. In *Bautechnik* 84, 2007. S. 721–729.
- [4-5] Schießl P., Reuter C.: Bemessungsgrundlagen zur Beschränkung von Durchbiegungen: Bemessungshilfen zu Eurocode 2, Teil 1 (DIN V ENV 1992 Teil 1 - 2, Ausgabe 06.92: Planung von Stahlbeton und Spannbetonwerken. In *DAfStb-Heft* 1992. S. 122–124.

- [4-6] Rieg A.: *Verformungsbezogene mittragende Breite niedriger Verbundträger: Mitteilung des Institutes für Konstruktion und Entwurf*. Institutes für Konstruktion und Entwurf, Universität Stuttgart, Stuttgart, 2006.
- [4-7] Rieg A., Kuhlmann U.: Verformungsbezogene mittragende Breite niedriger Verbundträger. In *Stahlbau* 76, 2007. S. 794–804.
- [4-8] Hauf G., Kuhlmann U.: Verformungsverhalten von Slim-Floor Trägern. In *Stahlbau* 80, 2011. S. 904–910.
- [4-9] Feldmann M., Heinemeyer C., Butz C., Caetano E., Cunha A., Galanti F., Goldack A., Hechler O., Hicks S., Keil A., Lukic M., Obiala R., Schlaich M., Sedlacek G., Smith A., Waarts P.: *Design of floor structures for human induced vibrations: Background document in support to the implementation, harmonization and further development of the Eurocodes: Joint Report*. European Commission Joint Research Centre and European Convention for Constructional Steelworks, 2009.
- [4-10] Schaumann P., Mensinger M., Meyer N.: *Verbundträger und Deckensysteme - brandschutztechnische Bemessung*. In *Stahlbau Kalender 2018*, Hrsg. Kuhlmann U., 20. Jahrgang. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 2018.
- [4-11] Witt K. J. (Hrsg.): *Grundbau - Taschenbuch Teil 3: Gründungen und geotechnische Bauwerke*. 7. Auflage, Ernst & Sohn, Berlin, 2009.
- [4-12] Kolymbas D. (Hrsg.): *Geotechnik - Bodenmechanik, Grunbau und Tunnelbau*. 3. Aufl., Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2011.
- [4-13] Boley C.: *Handbuch Geotechnik - Grundlagen, Anwedungen, Praxiserfahrungen*. 1. Aufl., Vieweg und Teubner Verlag, Wiesbaden, 2012.
- [4-14] Rütz D., Witt K. J., Noak M., Rütz J.: *Wissensspeicher Geotechnik*. 18. Auflage, Eigenverlag Geotechnik Weimar, Weimar, 2011.
- [4-15] DIN Deutsches Institut für Normung e. V.: *Handbuch Spezialtiefbau - Gesamtausgabe*. 1. Aufl., Beuth Verlag, Berlin, Wien, Zürich, 2013.
- [4-16] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e. V. (Hrsg.): *Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ - EA-Pfähle*. 2. Aufl., Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 2012.
- [4-17] TOPfloorINTEGRAL Ihr innovatives Deckensystem. <http://www.topfloorintegral.ch>, letzter Zugriff: 30. Jan. 2018.
- [4-18] van der Zanden G. C. M.: *Sustainable buildings with the INFRFA+ Space floor*. In *System-based Vision for Strategie and Creative Design*, Hrsg. Bontempi F., Lisse, Netherlands, 2003.
- [4-19] Friedrich T., Kornadt O., Kurz W., Schnell J.: Entwicklung eines weitgespannten Sandwichdeckensystems mit integrierter Haustechnik in Verbundbauweise. In *Beton und Stahlbetonbau* 109. Jahrgang, 2014. S. 678–688.
- [4-20] Hegger J., Claßen M., Feldmann M., Pyschny D., Schaumann P., Weisheim W., Bohne D., Hargus S.: *Integrierte und nachhaltigkeitsorientierte Deckensysteme im Stahl- und Verbundbau*. Düsseldorf, Apr. 2016.
- [4-21] Olipitz M.: Die CLC-Multifunktionsdecke. In *Stahlbau* 86, 2017. S. 399–407.
- [4-22] Stroetmann R., Faßl T., Hüttig L.: *Nachhaltige Geschossbauten in Stahl- und Verbundbauweise*. In *Stahlbau Kalender 2016*, Hrsg. Kuhlmann U., 18. Jahrgang. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 2016. S. 571–665.
- [4-23] Stroetmann R., Podgorski C.: Zur Nachhaltigkeit von Stahl- und Verbundkonstruktionen bei Büro- und Verwaltungsgebäuden – Teil 1: Tragkonstruktionen. In *Stahlbau* 83, Apr. 2014. S. 245–256.
- [4-24] Schäfer M., Braun M., Hauf G.: *Flachdecken in Verbundbauweise*. In *Stahlbau Kalender 2018*, Hrsg. Kuhlmann U., 20. Jahrgang. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 2018.

- [4-25] Braun M., Hechler O., Obiala R., Kuhlmann U., Eggert F., Hauf G., Konrad M.: Experimentelle Untersuchungen von Slim-Floor Trägern in Verbundbauweise. In *Stahlbau* 83, 2014. S. 746–754.
- [4-26] Braun M.: Slim-Floor Verbundträger für große Spannweiten – CoSFB. In *Bauingenieur VDI-Bautechnik Jahresausgabe 2014/2015*, 2014. S. 123–127.
- [4-27] Braun M., Hechler O., Obiala R.: Untersuchungen zur Verbundwirkung von Betondübeln. In *Stahlbau* 83, 2014. S. 302–308.
- [4-28] Braun M.: CoSFB mit Cofraplus 220®-Decke – Bemessungsbeispiel. In *Stahlbau* 83, 2014. S. 18–31.
- [4-29] Mensinger M., Fontana M., Frangi A.: Entwicklung eines multifunktionalen Deckensystems mit erhöhter Ressourceneffizienz. In *Stahlbau* 79, 2010. S. 282–297.
- [4-30] Frangi A., Mensinger M., Fontana M.: *Design of composite slab system with integrated installation floor*. High Rise Towers and Tall Buildings, Munich, 2010.
- [4-31] bauforumstahl e.V. (Hrsg.): *Kosten im Stahlbau 2017 - Basisinformation zur Kalkulation*. 2017.
- [4-32] Geburtig G.: Ausreichend (lange) geschützt? In *FeuerTRUTZ Magazin* 2017.
- [4-33] Thewes V.: Farben für langlebigen Brandschutz. 2016. S. 4.
- [4-34] Bundesinstitut für Bau, Stadt und Raumforschung: *BBSR-Tabelle „Nutzungsdauern von Bauteilen zur Lebenszyklusanalyse nach BNB“*. Feb. 2017.
- [4-35] Ritter F., Kalusche W., Kalusche J.: *BKI Baukosten 2016 Neubau - Statistische Kostenkennwerte für Bauelemente*. Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH, Stuttgart, 2016.
- [4-36] Fretzer R., Luther J., Letsch J., Wagner A.: *BKI Baukosten 2015 Neubau - Statistische Kostenkennwerte für Positionen*. Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH, Stuttgart, 2016.
- [4-37] Mensinger M.: *Persönliche Korrespondenz zur konstruktiven Ausbildung und Bemessung des TOPfloor Integral Systems*. TU München, Lehrstuhl für Metallbau, Dresden, März. 2018.

12.4.2 Ökobilanzdaten

LCA-data

- [4-38] Fermacell GmbH: *AESTUVER und AESTUVER T Brandschutzplatte*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-FMC-2012111-D, gültig bis: 07.06.2017. Institut Bauen und Umwelt e.V., Düsseldorf, Juni. 2012.
- [4-39] Deutsche ROCKWOOL Mineralwoll GmbH & Co. OHG: *Steinwolle-Dämmstoffe im hohen Rohdichtebereich*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-DRW-20120113-IBC2-DE, gültig bis: 17.12.2017. Institut Bauen und Umwelt e.V., Gladbek, Dez. 2012.
- [4-40] Bundesverband der Gipsindustrie e.V.: *Gipsplatte - Feuerschutz*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-BVG-20140076-IAG1-DE, gültig bis: 19.08.2019. Institut Bauen und Umwelt e.V., Berlin, Aug. 2014.
- [4-41] Bundesverband der Gipsindustrie e.V.: *Gipsputz*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-BVG-20140073-IAG1-DE, gültig bis: 12.11.2019. Institut Bauen und Umwelt e.V., Berlin, Nov. 2014.
- [4-42] Industrieverband WerkMörtel e.V. (IWM): *Mineralische Werkmörtel: Putzmörtel-Leichtputz*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-IWM-20130244-IBG1-DE, gültig bis: 06.02.2019. Institut Bauen und Umwelt e.V., Duisburg, Feb. 2014.

- [4-43] Rudolf Hensel GmbH: *HENSOTHERM® 410 KS, HENSOTHERM® 420 KS*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-RHG-20140057-IAA1-DE, gültig bis: 22.06.2019. IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V., Börsen, Juni. 2014.
- [4-44] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: *Ökobaudat - Informationsportal nachhaltiges Bauen*. <http://www.oekobaudat.de/>, letzter Zugriff: 18. Mai. 2016.
- [4-45] Deutsche Bauchemie e.V. (DBC), Industrieverband Klebstoffe e.V. (IVK), Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie e.V. (VdL): *Dispersionsbasierte Grundierungen und Haftvermittler der Klasse a für Beton und Estriche*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-DIV-20140090-IBG1-DE, gültig bis: 03.04.2019. Institut Bauen und Umwelt e.V., Berlin, Apr. 2014.
- [4-46] Verein Deutscher Zementwerke e.V.: *Zement*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-VDZ-20120001-IAG1-DE, gültig bis: 15.03.2017. Institut Bauen und Umwelt e.V., Düsseldorf, März. 2012.
- [4-47] Jansen AG: *EPD Stahl-/Edelstahlfassaden*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: M-EPD-SFA-000003, gültig bis: 01.11.2017. ift Rosenheim GmbH, Oberriet, Nov. 2012.
- [4-48] Schüco International KG: *Schüco FWS 50 B x H: 3050 mm x 3050 mm Beispiel Fassade - FWS 50.HI*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-SÜC-20170131-IBC1-DE, gültig bis: 20.07.2022. Institut Bauen und Umwelt e.V., Bielefeld, Juli. 2017.
- [4-49] Glas Fandel GmbH & Co. KG: *EPD Mehrscheibenisoliertes Glas*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: M-EPD-MIG-002002, gültig bis: 18.12.2022. ift Rosenheim GmbH, Bitburg, Dez. 2017.
- [4-50] Schüco International KG: *Schüco AWS 75.SI+ B x H: 1230 mm x 1480 mm EPD für Beispiel Fenster- [DK 3-fach Verglasung]*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-SÜC-20170129-IBC1-DE, gültig bis: 20.07.2022. Institut Bauen und Umwelt e.V., Bielefeld, Juli. 2017.
- [4-51] Kalzip GmbH: *Kalzip® - FC Fassadensystem aus Aluminium*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-KAL-20160283-IBC1-DE, gültig bis: 08.03.2022. Institut Bauen und Umwelt e.V., Koblenz, März. 2017.

12.4.3 Normen, Zulassungen und Richtlinien **Standards, approvals and directives**

- [4-52] DIN EN 1991-1-7 (A1, NA): *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-7: Allgemeine Einwirkungen - Außergewöhnliche Einwirkungen*. Dez. 2010.
- [4-53] DIN EN 1991-1-1 (NA, NA/A1): *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*. Dez. 2010.
- [4-54] DIN EN 1990 (NA): *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*. Dez. 2010.
- [4-55] DIN EN 1992-1-1 (A1, NA, NA/A1): *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*. Jan. 2011.
- [4-56] DIN EN 1994-1-1 (NA): *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Anwendungsregeln für den Hochbau*. Dez. 2010.
- [4-57] ISO 4356: *Bases for design of structures - Deformations of buildings at the serviceability limit states*. 1977.

- [4-58] DIN EN 1993-1-1 (A1, NA): *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*. Dez. 2010.
- [4-59] ISO 10137: *Bases for design of structures - Serviceability of buildings and walkways against vibrations*. 2007.
- [4-60] DIN 4150-2: *Erschütterungen im Bauwesen - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen und Gebäude*. Juni. 1999.
- [4-61] DIN EN 1993-1-2 (NA): *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall*. Dez. 2010.
- [4-62] DIN EN 1994-1-2 (A1, NA): *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall*. Dez. 2010.
- [4-63] DIN 4102-4: *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile*. Mai. 2016.
- [4-64] DIN EN 1997-1 (NA): *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln*. März. 2014.
- [4-65] DIN 1054: *Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1*. Dez. 2010.
- [4-66] ArcelorMittal Belval & Differdange S.A: *CoSFB-Betondübel*. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, Nr.: Z-26.4-59, Geltungsdauer von 29. Jul. 2014 bis 29. Jul. 2019. Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Esch-Sur-Alzette (Luxemburg), Juli. 2014.
- [4-67] Daussan S A S: *Brandschutz-Putzbekleidung „DOSSOLAN 3000“*. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, Nr.: Z-19.16-316, Geltungsdauer von 01. Sep. 2016 bis 01. Sep. 2021. Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Woippy, Frankreich, Jan. 2016.
- [4-68] Daussan S A S: *Brandschutz-Putzbekleidung „DOSSOLAN-HOECO D II/1“*. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, Nr.: Z-19.16-65, Geltungsdauer von 12. Sep. 2016 bis 12. Sep. 2021. Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Woippy, Frankreich, Dez. 2016.
- [4-69] Reinische Vermiculite GmbH: *Brandschutz-Putzbekleidung „Birocat S“*. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, Nr.: Z-19.16-35, Geltungsdauer von 17. Nov. 2014 bis 01. Okt. 2019. Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Düsseldorf, Nov. 2014.
- [4-70] Rudolf Hensel GmbH: *HENSOTHERM® 420 KS*. Europäische Technische Bewertung, Nr.: ETA-12/0050, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Bornsen, Mai. 2016.
- [4-71] Deutsches Institut für Bautechnik (Hrsg.): *Leitlinie für die europäische technische Zulassung für Brandschutzprodukte Teil 2: Reaktive Brandschutzbeschichtungen auf Stahlbauteile*. In *Schriften des Deutschen Instituts für Bautechnik* Reihe LL, 2012.
- [4-72] Fermacell GmbH: *„AESTUVER“ Brandschutzplatte*. Europäische Technische Bewertung, Nr.: ETA-11/0458, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Duisburg, Sep. 2014.
- [4-73] Deutsche ROCKWOOL Mineralwoll GmbH & Co. OHG: *Conlit Steelprotect Board und Conlite Steelprotect Board Alu*. Allgemeines bauaufsichtliche Prüfzeugnis, Nr.: P-SAC-02 III-664, Geltungsdauer bis 01.04.2019. MFPA Leipzig GmbH, Gladbeck, Apr. 2014.

- [4-74] DIN 4102-2: *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Bauteile Begriffe, Anforderungen und Prüfungen*. Sep. 1977.
- [4-75] Bauministerkonferenz (Hrsg.): *Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Systemböden (Muster-Systembödenrichtlinie MSysBöR)*. Sep. 2005.
- [4-76] Arbeitskreis Technische Gebäudeausrüstung der Fachkommission Bauaufsicht der BMK: *Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen (Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie MLAR)*. Feb. 2015.

12.5 Kapitel 5 und Kapitel 6 Chapter 5 and Chapter 6

- ABS Safety GmbH (2009): Planung von Dachabsturzsicherungen.
http://www.safetyprofessional.it/wp-content/uploads/2013/06/aufbauempfehlung_09_abs.pdf, zuletzt geprüft am 22.05.2018.
- Arens, J. (2016): Unterscheidung nach Immobilienarten, In: Schulte, K.-W./Bone-Winkel, S./Schäfers, W. (Hrsg.): *Immobilienökonomie I. Betriebswirtschaftliche Grundlagen*, Berlin, S. 83–107.
- Beichelt, F. (1995): *Stochastik für Ingenieure. Eine Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und mathematische Stochastik*, Stuttgart.
- Berner, F./Kochendörfer, B./Schach, R. (2013): *Grundlagen der Baubetriebslehre 1. Baubetriebswirtschaft*, Wiesbaden.
- Betge, P. (2000): *Investitionsplanung. Methoden, Modelle, Anwendungen*, München.
- BKI Baukosteninformationszentrum (2014): *BKI Nutzungskosten Gebäude 2014/2015. Statistische Kostenkennwerte von Bestandsimmobilien*, Stuttgart.
- BKI Baukosteninformationszentrum (2015): *BKI Baukosten Gebäude Neubau 2015. Statistische Kostenkennwerte*, Stuttgart.
- BKI Baukosteninformationszentrum (2016): *BKI Baukosten Gebäude Neubau 2016. Statistische Kostenkennwerte für Gebäude*, Köln.
- BKI Baukosteninformationszentrum (2017): *BKI Baukosten Gebäude Altbau 2017. Statistische Kostenkennwerte*, Stuttgart.
- BKI Baukosteninformationszentrum (2018): *Baukosten Gebäude + Bauelemente + Positionen Neubau 2018. Statistische Kostenkennwerte Teil 1 + Teil 2 + Teil 3*, Stuttgart.
- Blohm, H./Lüder, K./Schaefer, C. (2012): *Investition. Schwachstellenanalyse des Investitionsbereichs und Investitionsrechnung*, München.
- Boeger, M. (2015): *Plötz Immobilienführer Deutschland 2015*, Köln.
- Böttcher, J./Blattner, P. (2013): *Projektfinanzierung. Risikomanagement und Finanzierung*, München.
- Brauer, K.-U. (2013): *Grundlagen der Immobilienwirtschaft. Recht - Steuern - Marketing - Finanzierung - Bestandsmanagement - Projektentwicklung*, Wiesbaden.
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2003): *Wohnflächenverordnung. WoFIV*.
- Bundesrepublik Deutschland (1992): *Solidaritätszuschlaggesetz. SolZG*.
- Bundesrepublik Deutschland (2017a): *Einkommensteuergesetz. EStG*.
- Bundesrepublik Deutschland (2017b): *Gewerbesteuergesetz. GewStG*.

- Bundesrepublik Deutschland (2017c): Körperschaftssteuergesetz. KStG.
- Busch, T. A. (2005): Holistisches und probabilistisches Risikomanagement-Prozessmodell für projektorientierte Unternehmen der Bauwirtschaft. Zugl.: Zürich, Diss., Technische Wissenschaften, Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich, Nr. 16298, 2005, Zürich.
- Busch, T. A./Girmscheid, G. (Hrsg.) (2003): Risikomanagement in Generalunternehmungen. Identifizierung operativer Projektrisiken und Methoden zur Risikobewertung, Zürich.
- Cottin, C./Döhler, S. (2013): Risikoanalyse. Modellierung Beurteilung und Management von Risiken mit Praxisbeispielen, Wiesbaden.
- Deutsche Bundesbank (2018): Zeitreihe BBK01.SUD118. Effektivzinssätze Banken DE/Neugeschäft/Wohnungsbaukredite an private Haushalte, anfängliche Zinsbindung über 5 bis 10 Jahre.
https://www.bundesbank.de/Navigation/DE/Statistiken/Zeitreihen_Datenbanken/Makrooekonomische_Zeitreihen/its_details_value_node.html?tsld=BBK01.SUD118, zuletzt geprüft am 30.05.2018.
- Deutsches Institut für Normung e. V. (2008): Nutzungskosten im Hochbau. DIN 18960, Berlin.
- Deutsches Institut für Normung e. V. (2008): Kosten im Bauwesen – Teil 1: Hochbau. Ersatz für DIN 276-1:2006-11 und DIN 276-1 Berichtigung 1:2007-02 = Building construction = Bâtiment, Berlin.
- Deutsches Institut für Normung e. V. (2016): Grundflächen und Rauminhalte im Bauwesen - Teil 1: Hochbau, Berlin.
- Dietrich, R. (2005): Entwicklung werthaltiger Immobilien. Einflussgrößen - Methoden - Werkzeuge, Stuttgart.
- Dorffmeister, L./Steininger, M. (2018): Aktuelle Entwicklungen auf dem deutschen Büroimmobilienmarkt, in: ifo Schnelldienst 71, 7, S. 65–73.
- Dürr, W./Mayer, H. (2017): Wahrscheinlichkeitsrechnung und schließende Statistik, München.
- Fahrmeir, L., et al. (2011): Statistik. Der Weg zur Datenanalyse, Berlin, Heidelberg.
- Fang, K./Li, R.-z./Sudjianto, A. (2006): Design and modeling for computer experiments, Boca Raton, FL.
- Feld, L., et al. (Hrsg.) (2017): Frühjahrsgutachten Immobilienwirtschaft 2017 des Rates der Immobilienweisen, Berlin.
- German Facility Management Association e. V. (2004): Facility Management - Grundlagen, o. O.
- German Facility Management Association e. V. (2010): Lebenszykluskosten - Ermittlung im FM, o. O.
- Gesellschaft für immobilienwirtschaftliche Forschung e. V. (2012): Richtlinie zur Berechnung der Mietfläche für Wohnraum (MF/W), Wiesbaden.
- Gesellschaft für immobilienwirtschaftliche Forschung e. V. (2017): Richtlinie zur Berechnung der Mietfläche für gewerblichen Raum (MF/G), Wiesbaden.
- Girmscheid, G./Lunze, D. (2008): Paradigmenwechsel in der Bauwirtschaft - Lebenszyklusleistungen, in: Bauingenieur Nr. 83/2008, S. 87–97.

- Girmscheid, G./Motzko, C. (2013): Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft. Produktionsprozessorientierte Kostenberechnung und Kostensteuerung, Berlin.
- Glatte, T. (2014): Entwicklung betrieblicher Immobilien. Beschaffung und Verwertung von Immobilien im Corporate Real Estate Management, Wiesbaden.
- Gleißner, W. (2011): Grundlagen des Risikomanagements im Unternehmen. Controlling, Unternehmensstrategie und wertorientiertes Management, München.
- Gohs, A. (2014): Wertentwicklungen von Immobilienanlagen und ihre Risiken. Ein Vorschlag zur Evaluierung von Korrekturverfahren für bewertungsbasierte Immobilienindices, Regensburg.
- Götze, U. (2014): Investitionsrechnung. Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben, Berlin.
- Grob, H. L. (2006): Einführung in die Investitionsrechnung. Eine Fallstudien-geschichte, München.
- Gürtler, V. (2007): Stochastische Risikobetrachtung bei PPP-Projekten, Renningen.
- Handschumacher, J. (2014): Immobilienrecht praxisnah. Basiswissen für Planer, Wiesbaden.
- Hildenbrand, K. (1988): Systemorientierte Risikoanalyse in der Investitionsplanung, Berlin.
- Hölscher, R./Kalhöfer, C. (2015): Mathematik und Statistik in der Finanzwirtschaft. Grundlagen, Anwendungen, Fallstudien, Berlin, München, Boston.
- Hotelstars (2018): Anzahl der klassifizierten Betriebe in Deutschland. <https://www.hotelstars.eu/de/deutschland/system/statistik/>, zuletzt geprüft am 30.05.2018.
- Hotelverband Deutschland (IHA) e.V. (2013): Hotelmarkt Deutschland 2013, Berlin.
- Institut der deutschen Wirtschaft Köln e. V. (2017): Immobilienpreisindex. <https://www.deutschlandinzahlen.de/tab/deutschland/finanzen/preise/immobilienpreisindex>, zuletzt geprüft am 04.05.2018.
- International Standard Organization (2008): Life Cycle Costing, Genf.
- Jones Lang LaSalle (2016): OSCAR - Büronebenkostenanalyse, Frankfurt am Main.
- Just, T. (2013): Demografie und Immobilien, in: Demografie und Immobilien 2013.
- Kautt, G./Wieland, F. (2001): Modeling the future. The full Monte, the Latin Hypercube and other Curiosities, in: Journal of Financial Planning 2001, S. 78–88.
- Kegel, K.-P. (1991): Risikoanalyse von Investitionen. Ein Modell für die Praxis, Darmstadt.
- Koch, J./Gebhardt, P./Riedmüller, F. (2016): Marktforschung. Grundlagen und praktische Anwendungen.
- Kosow, H., et al. (2008): Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse. Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien, Berlin.
- Kruschwitz, L. (2014): Investitionsrechnung, Berlin.
- Kurzrock, B.-M. (2016): Einflussfaktoren auf die Performance von Immobilien-Direktanlagen, Wiesbaden.
- Kuß, A./Wildner, R./Kreis, H. (2014): Marktforschung. Grundlagen der Datenerhebung und Datenanalyse, Wiesbaden.
- Lemaitre, C. (2012): Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude. DGNB Handbuch für nachhaltiges Bauen; Version 2012, Stuttgart.

- Möller, D.-A./Kalusche, W. (2013): Planungs- und Bauökonomie. Wirtschaftslehre für Bauherren und Architekten, Berlin, Boston.
- Nemuth, T. (2006): Risikomanagement bei internationalen Bauprojekten, Renningen.
- Perridon, L./Steiner, M./Rathgeber, A. W. (2017): Finanzwirtschaft der Unternehmung, München.
- Ropeter, S.-E. (1998): Investitionsanalyse für Gewerbeimmobilien, Köln.
- Rose, P. M. (2017): Szenario-Analyse, In: Zerres, C. (Hrsg.): Handbuch Marketing-Controlling. Grundlagen - Methoden - Umsetzung, Berlin, S. 113–121.
- Rotermund, U. (2016): fm.benchmarking Bericht 2016, Höxter.
- Rottke, N. B./Thomas, M. (2017): Immobilienwirtschaftslehre - Management, Wiesbaden.
- Rubinstein, R. Y./Kroese, D. P. (2017): Simulation and the Monte Carlo method, Hoboken, New Jersey.
- Schach, R./Weller, C./Krause, M. (2016): Risikomanagement und Eskalationsvermeidung bei Bauprojekten, in: ETR Eisenbahntechnische Rundschau 65, 1+2, S. 39–46.
- Schäfers, W./Wurstbauer, D. (2016): Immobilien-Risikomanagement, In: Schulte, K.-W./Bone-Winkel, S./Schäfers, W. (Hrsg.): Immobilienökonomie I. Betriebswirtschaftliche Grundlagen, Berlin, S. 1035–1062.
- Schmuck, M. (2016): Wirtschaftliche Umsetzbarkeit saisonaler Wärmespeicher.
- Scholz, S., et al. (2017): Architekturpraxis Bauökonomie. Grundlagenwissen für die Planungs-, Bau- und Nutzungsphase sowie Wirtschaftlichkeit im Planungsbüro, Wiesbaden.
- Schulte, K.-W., et al. (2016): Immobilieninvestition, In: Schulte, K.-W./Bone-Winkel, S./Schäfers, W. (Hrsg.): Immobilienökonomie I. Betriebswirtschaftliche Grundlagen, Berlin, S. 579–649.
- Schulte, K.-W./Bone-Winkel, S./Schäfers, W. (Hrsg.) (2016): Immobilienökonomie I. Betriebswirtschaftliche Grundlagen, Berlin.
- Schulten, A., et al. (2017): Frühjahrsgutachten Büro-, Unternehmens-, Logistik- und Hotelimmobilien, In: Feld, L., et al. (Hrsg.): Frühjahrsgutachten Immobilienwirtschaft 2017 des Rates der Immobilienweisen, Berlin, S. 83–195.
- SIRADOS (2016): Baupreishandbuch 2016. Gebäudetechnik, Kissing.
- Statista (2018): Entwicklung der Leerstandsquote auf dem deutschen Wohnungsmarkt in den Jahren von 2001 bis 2016.
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/74463/umfrage/wohnungsleerstand-in-deutschland-seit-2001/>, zuletzt geprüft am 30.05.2018.
- Statistisches Bundesamt (2017): Erwerbstätigenrechnung.
<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Arbeitsmarkt/Erwerbstaetigkeit/TabellenErwerbstaetigenrechnung/InlaenderInlandskonzept.html>, zuletzt geprüft am 04.05.2018.
- Statistisches Bundesamt (2018a): Preisindizes für die Bauwirtschaft.
https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Baupreise/BauwirtschaftPreise2170400183214.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 04.05.2018.
- Statistisches Bundesamt (2018b): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Bruttoinlandsprodukt, Bruttonationaleinkommen, Volkseinkommen.

- https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/VGR/Inlandsprodukt/Tabellen/Volkseinkommen1925_pdf.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 04.05.2018.
- Stiefl, J. (2018): Wirtschaftsstatistik, Berlin.
- Stroetmann, R., et al. (2018a): Multifunktionale Geschäftshäuser in Stahl- und Verbundbauweise. Teil 1 – Grundlagen zur Bewertung, Planung und Konstruktion, in: Stahlbau 87, 4, S. 363–381.
- Stroetmann, R., et al. (2018b): Multifunktionale Geschäftshäuser in Stahl- und Verbundbauweise. Teil 2 – Planung und Bewertung am Beispiel von Referenzgebäuden, in: Stahlbau 87, 5, S. 456–475.
- Swoboda, N. (2015): Parkbauten in Stahlbeton: Hinweise zu Oberflächenschutz und Gefälle. <http://www.bi-medien.de/artikel-5461-bm-parkbauten-in-stahlbetonbauweise.bi>, zuletzt geprüft am 22.05.2018.
- Vornholz, G. (2014): VWL für die Immobilienwirtschaft, Berlin.
- Zwerenz, K. (2015): Statistik. Einführung in die computergestützte Datenanalyse, Berlin, München, Boston.

13 Danksagung Acknowledgement

Das IGF-Vorhaben 18659BG / P1118 Einflüsse der Stahl- und Verbundbauweise auf die Lebenszykluskosten und Vermarktungsfähigkeit multifunktionaler Büro- und Geschäftshäuser der FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V., Düsseldorf, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Das Vorhaben wurde am Institut für Stahl- und Holzbau der TU Dresden, dem Fachgebiete Entwerfen und Baugestaltung der TU Darmstadt sowie dem Institut für Baubetriebswesen der TU Dresden durchgeführt. Darüber hinaus wurde es von zahlreichen Projektpartnern aus den Bereichen Architektur, Ingenieurwesen, Stahlerzeugung und -verarbeitung sowie Projektentwicklung durch nützliche Informationen und Praxiserfahrungen unterstützt. Zu den Unternehmen gehören:

Baumüller & Co. AG,
BEOS AG Berlin,
Dreßler Bau GmbH,
Dussmann Service Deutschland GmbH,
EISELE STANIEK architekten + ingenieure,
Goldbeck Bauelemente GmbH,
HPM Henkel Projektmanagement GmbH,
IFBS Internationaler Verband für den Metallleichtbau,
Oelschläger Immobilien GmbH,
RSB Rudolstädter Systembau GmbH,
s.boehme & co.,
stahl+verbundbau gesellschaft für industrielles bauen und
SWECO GmbH.

Den Förderern sei herzlich für die Unterstützung und den Forschungspartnern für die gute Kooperation gedankt. Ein besonderer Dank gilt Herrn Dr. *Gregor Nüsse* von der FOSTA, der das Projekt in seiner Vorbereitung und über die gesamte Laufzeit beratend begleitet und den intensiven Austausch mit parallel laufenden Forschungsvorhaben gefördert hat.

Anhang zum Forschungsbericht P 1118

Einflüsse der Stahl- und Verbundbauweise auf die Lebenszykluskosten und Vermarktungsfähigkeit multifunktionaler Büro- und Geschäftshäuser

Anhangsverzeichnis / Annex Contents

Anhang A zu Kapitel 2 Annex A to Chapter 2.....	24
A.1 Verursachten und behandelten Abfälle der EU-28-Staaten Caused and treated waste from EU-28 countries.....	24
A.2 Ökologische Daten der Baustoffe und Produkte Ecological data of building materials and products.....	25
A.3 Ökonomischen Kriterien nach BNB und DGNB-System Economic criteria according to BNB and DGNB-System.....	27
A.4 Kostenansätze Cost estimations.....	31
A.5 Literaturverzeichnis Anhang A Bibliography Annex A.....	33
Anhang B zu Kapitel 3 Annex B to Chapter 3.....	35
B.1 Referenzgebäude mit geringer Variabilität in Schnitt und Grundriss Reference building with low variability as sections and floor plans.....	35
B.2 Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität in Schnitt und Grundriss Reference building with medium variability as sections and floor plans	44
B.3 Referenzgebäude mit hoher Variabilität in Schnitt und Grundriss Reference building with high variability as sections and floor plans	53
Anhang C zu Kapitel 4 Annex C to Chapter 4	62
C.1 Nutzlastkategorien und Lastanforderungen verschiedener Nutzungsarten Imposed load categories and load requirements of different types of use.....	62
C.2 Ausführliche Ökobilanzdaten von Brandschutzprodukten und Hilfskonstruktionen Detailed LCA data of fire protection products and auxiliary building materials	64
C.3 Aufbau und Materialbedarf der untersuchten Brandschutzmaßnahmen Structure and material demand of the investigated fire protections.....	65
C.4 Literaturverzeichnis Anhang B Bibliography Annex B.....	66
Anhang D zu Kapitel 5 und Kapitel 6 Annex D to Chapter 5 and Chapter 6.....	67
D.1 Risikobewertung Risk evaluation	67
D.1.1 Voruntersuchung zur Modellierung unsicherer Eingangsgrößen Preliminary investigation for the modeling of uncertain input variables	67

D.2	Kosten und Erlöse	
	Costs and proceeds	72
D.2.1	Analytische Kalkulationen zur Ermittlung der Eingangsparameter für Verteilungsfunktionen der Leitpositionen	
	Analytical calculations to determine the input parameters for distribution functions of the lead positions	72
D.2.2	Bestimmung von prozentuale Kostenansätze	
	Determination of percentage cost estimates.....	77
D.2.3	Mengenermittlung für die Realisierungskosten	
	Quantity determination for the realisation costs.....	80
D.2.4	Mengenermittlung für die Umbaukosten	
	Quantity determination for the renovation costs	89
D.2.5	Ermittlung der Netto-Raumflächen	
	Determination of net room area	114
D.2.6	Ermittlung der Nutzungsflächen	
	Determination of use areas.....	128
D.2.7	Ermittlung der Realisierungskosten	
	Determination of realisation costs.....	170
D.2.8	Ermittlung der Umbaukosten	
	Determination of renovation costs	173
D.3	Simulationsergebnisse und Szenarienauswertung	
	Simulation results and scenario evaluation.....	181
D.3.1	Simulationsergebnisse der vollständigen Finanzpläne	
	Simulation results of the complete financial plans	181
D.4	Sensitivitätsuntersuchung	
	Sensitivity analysis.....	191
D.5	Literaturverzeichnis Anhang C	
	Bibliography Annex C	201

Abbildungsverzeichnis

Abbildung B-1: Schnitte quer Referenzgebäude mit geringer Variabilität.....	35
Abbildung B-2: Schnitt längs Referenzgebäude mit geringer Variabilität	36
Abbildung B-3: Grundrisse Regelgeschosse Referenzgebäude mit geringer Variabilität für eine Büronutzung	37
Abbildung B-4: Grundriss Erdgeschoss Referenzgebäude mit geringer Variabilität für eine Büronutzung	38
Abbildung B-5: Grundrisse Untergeschosse Referenzgebäude mit geringer Variabilität für eine Büronutzung	39
Abbildung B-6: Grundrisse Regelgeschoss und Erdgeschoss Referenzgebäude mit geringer Variabilität für eine Wohnnutzung.....	40
Abbildung B-7: Grundrisse Untergeschosse Referenzgebäude mit geringer Variabilität für eine Wohnnutzung	41
Abbildung B-8: Grundrisse Regelgeschoss und Erdgeschoss Referenzgebäude mit geringer Variabilität für eine Hotelnutzung.....	42
Abbildung B-9: Grundrisse Untergeschosse Referenzgebäude mit geringer Variabilität für eine Hotelnutzung	43
Abbildung B-10: Schnitte quer Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität	44
Abbildung B-11: Schnitt längs Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität.....	45
Abbildung B-12: Grundrisse Regelgeschosse Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität für eine Büronutzung	46
Abbildung B-13: Grundriss Erdgeschoss Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität für eine Büronutzung	47
Abbildung B-14: Grundrisse Untergeschosse Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität für eine Büronutzung	48
Abbildung B-15: Grundrisse Regelgeschoss und Erdgeschoss Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität für eine Wohnnutzung	49
Abbildung B-16: Grundrisse Untergeschosse Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität für eine Wohnnutzung	50
Abbildung B-17: Grundrisse Regelgeschoss und Erdgeschoss Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität für eine Hotelnutzung.....	51

Abbildung B-18: Grundrisse Untergeschosse Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität für eine Hotelnutzung	52
Abbildung B-19: Schnitte quer Referenzgebäude mit hoher Variabilität	53
Abbildung B-20: Schnitt längs Referenzgebäude mit hoher Variabilität.....	54
Abbildung B-21: Grundrisse Regelgeschosse Referenzgebäude mit hoher Variabilität für eine Büronutzung.....	55
Abbildung B-22: Grundriss Erdgeschoss Referenzgebäude mit hoher Variabilität für eine Büronutzung	56
Abbildung B-23: Grundrisse Untergeschosse Referenzgebäude mit hoher Variabilität für eine Büronutzung.....	57
Abbildung B-24: Grundrisse Regelgeschoss und Erdgeschoss Referenzgebäude mit hoher Variabilität für eine Wohnnutzung	58
Abbildung B-25: Grundrisse Untergeschosse Referenzgebäude mit hoher Variabilität für eine Wohnnutzung	59
Abbildung B-26: Grundrisse Regelgeschoss und Erdgeschoss Referenzgebäude mit hoher Variabilität für eine Hotelnutzung	60
Abbildung B-27: Grundrisse Untergeschosse Referenzgebäude mit hoher Variabilität für eine Hotelnutzung.....	61
Abbildung D-1: Grafische Auswertung der Sensitivitätsanalyse geringe Variabilität ohne Umnutzung.....	191
Abbildung D-2: Grafische Auswertung der Sensitivitätsanalyse geringe Variabilität zu Hotel.....	193
Abbildung D-3: Grafische Auswertung der Sensitivitätsanalyse geringe Variabilität zu Wohnen.....	194
Abbildung D-4: Grafische Auswertung der Sensitivitätsanalyse mittlere Variabilität zu Hotel.....	195
Abbildung D-5: Grafische Auswertung der Sensitivitätsanalyse mittlere Variabilität zu Wohnen.....	196
Abbildung D-6: Grafische Auswertung der Sensitivitätsanalyse mittlere Variabilität zu gemischte Nutzung	197
Abbildung D-7: Grafische Auswertung der Sensitivitätsanalyse hohe Variabilität zu Hotel	198

Verzeichnisse
Lists

Abbildung D-8: Grafische Auswertung der Sensitivitätsanalyse hohe Variabilität
zu Wohnen 199

Abbildung D-9: Grafische Auswertung der Sensitivitätsanalyse hohe Variabilität
zu gemischte Nutzung 200

List of figures

Figure B-1: Cross sections of the reference building with low variability	35
Figure B-2: Section longitudinal of the reference building with low variability	36
Figure B-3: Floor plans standard floor of the reference building with low variability for an office use	37
Figure B-4: Floor plan ground floor of the reference building with low variability for an office use	38
Figure B-5: Floor plans basement of the reference building with low variability for an office use	39
Figure B-6: Floor plan standard floor and ground floor of the reference building with low variability for a residential use.....	40
Figure B-7: Floor plan basement of the reference building with low variability for a residential use	41
Figure B-8: Floor plan standard floor and ground floor of the reference building with low variability for a hotel use	42
Figure B-9: Floor plan basement of the reference building with low variability for a hotel use	43
Figure B-10: Cross sections of the reference building with medium variability	44
Figure B-11: Section longitudinal of the reference building with medium variability.....	45
Figure B-12: Floor plans standard floor of the reference building with medium variability for an office use	46
Figure B-13: Floor plan ground floor of the reference building with medium variability for an office use	47
Figure B-14: Floor plans basement of the reference building with medium variability for an office use	48
Figure B-15: Floor plan standard floor and ground floor of the reference building with medium variability for a residential use	49
Figure B-16: Floor plan basement of the reference building with medium variability for a residential use	50
Figure B-17: Floor plan standard floor and ground floor of the reference building with medium variability for a hotel use	51

Figure B-18: Floor plan basement of the reference building with medium variability for a hotel use.....	52
Figure B-19: Cross sections of the reference building with high variability	53
Figure B-20: Section longitudinal of the reference building with high variability	54
Figure B-21: Floor plans standard floor of the reference building with high variability for an office use.....	55
Figure B-22: Floor plan ground floor of the reference building with high variability for an office use.....	56
Figure B-23: Floor plans basement of the reference building with high variability for an office use.....	57
Figure B-24: Floor plan standard floor and ground floor of the reference building with high variability for a residential use	58
Figure B-25: Floor plan basement of the reference building with high variability for a residential use	59
Figure B-26: Floor plan standard floor and ground floor of the reference building with high variability for a hotel use	60
Figure B-27: Floor plan basement of the reference building with high variability for a hotel use	61
Figure D-1: Graphical evaluation of the sensitivity analysis low variability without conversion.....	191
Figure D-2: Graphical evaluation of the sensitivity analysis low variability to hotel .	193
Figure D-3: Graphical evaluation of the sensitivity analysis low variability to residential use	194
Figure D-4: Graphical evaluation of the sensitivity analysis middle variability to hotel	195
Figure D-5: Graphical evaluation of the sensitivity analysis middle variability to residential use	196
Figure D-6: Graphical evaluation of the sensitivity analysis middle variability to mixed use.....	197
Figure D-7: Graphical evaluation of the sensitivity analysis high variability to hotel	198
Figure D-8: Graphical evaluation of the sensitivity analysis high variability to residential use	199

Figure D-9: Graphical evaluation of the sensitivity analysis high variability to
mixed use200

Tabellenverzeichnis

Tabelle A-1: Abfälle aus wirtschaftlichen Tätigkeiten und von Haushalten in kg/Einwohner und Gesamt in Tausend Tonnen im Jahr 2014 aller EU-28-Staaten sowie die Anteile der 10 Länder mit dem größten Gesamtabfallaufkommen [A-1].....	24
Tabelle A-2: Abfallbehandlung der EU-28 in tausend Tonnen im Jahr 2014 [A-2]	25
Tabelle A-3: Ökobilanzdaten der Baustoffe in den einzelnen Lebenszyklusphasen.....	25
Tabelle A-4: Ökobilanzdaten für Prozesse [A-11]	27
Tabelle A-5: Anforderungsniveaus der Flächeneffizienz nach BNB Neubau von Büro- und Verwaltungsgebäuden 2015 [A-13]	27
Tabelle A-6: Anforderungsniveaus der Teilkriterien der Anpassungsfähigkeit nach BNB Neubau von Büro- und Verwaltungsgebäuden 2015 [A-13]	28
Tabelle A-7: Anforderungsniveaus der Teilkriterien Flächeneffizienz, Raumhöhe, Gebäudetiefe und vertikale Erschließung nach DGNB-System 2018 für ausgewählte Nutzungsarten [A-14]	29
Tabelle A-8: Anforderungsniveaus der Teilkriterien Grundrissaufteilung, Konstruktion und TGA nach DGNB-System 2018 für ausgewählte Nutzungsarten [A-14]	29
Tabelle A-9: Materialkosten für Additivbleche	31
Tabelle A-10: Realisierungskosten von Kammerbetonträgern	31
Tabelle A-11: Realisierungskostenansätze für Gründungen, Kellerwände und Gebäudekerne auf Basis des BKI [A-16].....	31
Tabelle C-1: Zuordnung der Nutzlastkategorien zu den Flächennutzungsarten nach EC1-1-1/NA [B-1].....	62
Tabelle C-2: Zuordnung der Nutzlasten zu den Flächennutzungsarten nach EC1-1-1/NA [B-1] mit Flächenlasten q_k in kN/m ² und Einzellasten $[Q_k]$ in kN.....	63
Tabelle C-3: Ökologische Indikatoren von Brandschutzprodukten für Stahlkonstruktionen je kg Materialgewicht	64
Tabelle C-4: Ökologische Indikatoren von Hilfsbaustoffen für Brandschutzprodukte je kg Materialgewicht	64

Tabelle C-5: Übersicht der untersuchten Brandschutzsysteme mit Bekleidungs- dicken oder Materialbedarf in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse	65
Tabelle D-1: Voruntersuchung Verteilungsfunktion – Rechteckverteilung	68
Tabelle D-2: Voruntersuchung Verteilungsfunktion – Dreiecksverteilung	69
Tabelle D-3: Voruntersuchung Verteilungsfunktion – Pertverteilung	70
Tabelle D-4: Voruntersuchung Verteilungsfunktion – Betaverteilung.....	71
Tabelle D-5: Kalkulation der Leitposition: Stahlstütze mit Brandschutz	72
Tabelle D-6: Kalkulation der Leitposition: Fassadenfertigteilelement	73
Tabelle D-7: Kalkulation der Leitposition: Hohlraumboden.....	74
Tabelle D-8: Kalkulation der Leitposition: Lichtkuppel	75
Tabelle D-9: Kalkulation der Leitposition: Rauch-/Wärmeabzugsanlage (RWA)	76
Tabelle D-10: Prozentuale Kostenansätze nach BKI für Realisierungs- und Umbaukosten	77
Tabelle D-11: Prozentuale Kostenansätze nach BKI für zusätzliche Umbaukosten	79
Tabelle D-12: Mengenermittlung – Realisierung geringe Variabilität (Teil 1 von 3) ...	80
Tabelle D-13: Mengenermittlung – Realisierung geringe Variabilität (Teil 2 von 3) ...	81
Tabelle D-14: Mengenermittlung – Realisierung geringe Variabilität (Teil 3 von 3) ...	82
Tabelle D-15: Mengenermittlung – Realisierung mittlere Variabilität (Teil 1 von 3) ...	83
Tabelle D-16: Mengenermittlung – Realisierung mittlere Variabilität (Teil 2 von 3) ...	84
Tabelle D-17: Mengenermittlung – Realisierung mittlere Variabilität (Teil 3 von 3) ...	85
Tabelle D-18: Mengenermittlung – Realisierung hohe Variabilität (Teil 1 von 3)	86
Tabelle D-19: Mengenermittlung – Realisierung hohe Variabilität (Teil 2 von 3)	87
Tabelle D-20: Mengenermittlung – Realisierung hohe Variabilität (Teil 3 von 3)	88
Tabelle D-21: Mengenermittlung – Umbau geringe Variabilität in Wohnen (Teil 1 von 3)	89
Tabelle D-22: Mengenermittlung – Umbau geringe Variabilität in Wohnen (Teil 2 von 3)	90
Tabelle D-23: Mengenermittlung – Umbau geringe Variabilität in Wohnen (Teil 3 von 3)	91
Tabelle D-24: Mengenermittlung – Umbau geringe Variabilität in Hotel (Teil 1 von 3)	92

Tabelle D-25: Mengenermittlung – Umbau geringe Variabilität in Hotel (Teil 2 von 3)	93
Tabelle D-26: Mengenermittlung – Umbau geringe Variabilität in Hotel (Teil 3 von 3)	94
Tabelle D-27: Mengenermittlung – Umbau mittlere Variabilität in Wohnen (Teil 1 von 3)	95
Tabelle D-28: Mengenermittlung – Umbau mittlere Variabilität in Wohnen (Teil 2 von 3)	96
Tabelle D-29: Mengenermittlung – Umbau mittlere Variabilität in Wohnen (Teil 3 von 3)	97
Tabelle D-30: Mengenermittlung – Umbau mittlere Variabilität in Hotel (Teil 1 von 3)	98
Tabelle D-31: Mengenermittlung – Umbau mittlere Variabilität in Hotel (Teil 2 von 3)	99
Tabelle D-32: Mengenermittlung – Umbau mittlere Variabilität in Hotel (Teil 3 von 3)	100
Tabelle D-33: Mengenermittlung – Umbau mittlere Variabilität in gemischte Nutzung (Teil 1 von 3)	101
Tabelle D-34: Mengenermittlung – Umbau mittlere Variabilität in gemischte Nutzung (Teil 2 von 3)	102
Tabelle D-35: Mengenermittlung – Umbau mittlere Variabilität in gemischte Nutzung (Teil 3 von 3)	103
Tabelle D-36: Mengenermittlung – Umbau hohe Variabilität in Wohnen (Teil 1 von 3)	104
Tabelle D-37: Mengenermittlung – Umbau hohe Variabilität in Wohnen (Teil 2 von 3)	105
Tabelle D-38: Mengenermittlung – Umbau hohe Variabilität in Wohnen (Teil 3 von 3)	106
Tabelle D-39: Mengenermittlung – Umbau hohe Variabilität in Hotel (Teil 1 von 3)	107
Tabelle D-40: Mengenermittlung – Umbau hohe Variabilität in Hotel (Teil 2 von 3)	108

Tabelle D-41: Mengenermittlung – Umbau hohe Variabilität in Hotel (Teil 3 von 3)	109
Tabelle D-42: Mengenermittlung – Umbau hohe Variabilität in gemischte Nutzung (Teil 1 von 4)	110
Tabelle D-43: Mengenermittlung – Umbau hohe Variabilität in gemischte Nutzung (Teil 2 von 4)	111
Tabelle D-44: Mengenermittlung – Umbau hohe Variabilität in gemischte Nutzung (Teil 3 von 4)	112
Tabelle D-45: Mengenermittlung – Umbau hohe Variabilität in gemischte Nutzung (Teil 4 von 4)	113
Tabelle D-46: Ermittlung der Netto-Raumfläche Büro, geringe Variabilität	114
Tabelle D-47: Ermittlung der Netto-Raumfläche Wohnen, geringe Variabilität	115
Tabelle D-48: Ermittlung der Netto-Raumfläche Hotel, geringe Variabilität	116
Tabelle D-49: Ermittlung der Netto-Raumfläche Büro, mittlere Variabilität	117
Tabelle D-50: Ermittlung der Netto-Raumfläche Wohnen, mittlere Variabilität	118
Tabelle D-51: Ermittlung der Netto-Raumfläche Hotel, mittlere Variabilität	119
Tabelle D-52: Ermittlung der Netto-Raumfläche gemischte Nutzung, mittlere Variabilität (Teil 1 von 2)	120
Tabelle D-53: Ermittlung der Netto-Raumfläche gemischte Nutzung, mittlere Variabilität (Teil 2 von 2)	121
Tabelle D-54: Ermittlung der Netto-Raumfläche Büronutzung, hohe Variabilität	122
Tabelle D-55: Ermittlung der Netto-Raumfläche Wohnen, hohe Variabilität	123
Tabelle D-56: Ermittlung der Netto-Raumfläche Hotel, hohe Variabilität (Teil 1 von 2)	124
Tabelle D-57: Ermittlung der Netto-Raumfläche Hotel, hohe Variabilität (Teil 2 von 2)	125
Tabelle D-58: Ermittlung der Netto-Raumfläche gemischte Nutzung, hohe Variabilität (Teil 1 von 2)	126
Tabelle D-59: Ermittlung der Netto-Raumfläche gemischte Nutzung, hohe Variabilität (Teil 2 von 2)	127
Tabelle D-60: Nutzungsflächenermittlung Büro, geringe Variabilität (Teil 1 von 3) ..	128
Tabelle D-61: Nutzungsflächenermittlung Büro, geringe Variabilität (Teil 2 von 3) ..	129
Tabelle D-62: Nutzungsflächenermittlung Büro, geringe Variabilität (Teil 3 von 3) ..	130

Tabelle D-63: Nutzungsflächenermittlung Hotel, geringe Variabilität (Teil 1 von 3).....	131
Tabelle D-64: Nutzungsflächenermittlung Hotel, geringe Variabilität (Teil 2 von 3).....	132
Tabelle D-65: Nutzungsflächenermittlung Hotel, geringe Variabilität (Teil 3 von 3).....	133
Tabelle D-66: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, geringe Variabilität (Teil 1 von 4)	134
Tabelle D-67: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, geringe Variabilität (Teil 2 von 4)	135
Tabelle D-68: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, geringe Variabilität (Teil 3 von 4)	136
Tabelle D-69: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, geringe Variabilität (Teil 4 von 4)	137
Tabelle D-70: Nutzungsflächenermittlung Büro, mittlere Variabilität (Teil 1 von 3)..	138
Tabelle D-71: Nutzungsflächenermittlung Büro, mittlere Variabilität (Teil 2 von 3)..	139
Tabelle D-72: Nutzungsflächenermittlung Büro, mittlere Variabilität (Teil 3 von 3)..	140
Tabelle D-73: Nutzungsflächenermittlung Hotel, mittlere Variabilität (Teil 1 von 3).	141
Tabelle D-74: Nutzungsflächenermittlung Hotel, mittlere Variabilität (Teil 2 von 3).	142
Tabelle D-75: Nutzungsflächenermittlung Hotel, mittlere Variabilität (Teil 3 von 3).	143
Tabelle D-76: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, mittlere Variabilität (Teil 1 von 4)	144
Tabelle D-77: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, mittlere Variabilität (Teil 2 von 4)	145
Tabelle D-78: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, mittlere Variabilität (Teil 3 von 4)	146
Tabelle D-79: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, mittlere Variabilität (Teil 4 von 4)	148
Tabelle D-80: Nutzungsflächenermittlung gemischte Nutzung, mittlere Variabilität (Teil 1 von 5).....	149
Tabelle D-81: Nutzungsflächenermittlung gemischte Nutzung, mittlere Variabilität (Teil 2 von 5).....	150

Tabelle D-82: Nutzungsflächenermittlung gemischte Nutzung, mittlere Variabilität (Teil 3 von 5)	151
Tabelle D-83: Nutzungsflächenermittlung gemischte Nutzung, mittlere Variabilität (Teil 4 von 5)	152
Tabelle D-84: Nutzungsflächenermittlung gemischte Nutzung, mittlere Variabilität (Teil 5 von 5)	153
Tabelle D-85: Nutzungsflächenermittlung Büro, hohe Variabilität (Teil 1 von 3)	154
Tabelle D-86: Nutzungsflächenermittlung Büro, hohe Variabilität (Teil 2 von 3)	155
Tabelle D-87: Nutzungsflächenermittlung Büro, hohe Variabilität (Teil 3 von 3)	156
Tabelle D-88: Nutzungsflächenermittlung Hotel, hohe Variabilität (Teil 1 von 3)	157
Tabelle D-89: Nutzungsflächenermittlung Hotel, hohe Variabilität (Teil 2 von 3)	158
Tabelle D-90: Nutzungsflächenermittlung Hotel, hohe Variabilität (Teil 3 von 3)	159
Tabelle D-91: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, hohe Variabilität (Teil 1 von 5)	160
Tabelle D-92: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, hohe Variabilität (Teil 2 von 5)	161
Tabelle D-93: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, hohe Variabilität (Teil 3 von 5)	162
Tabelle D-94: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, hohe Variabilität (Teil 4 von 5)	163
Tabelle D-95: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, hohe Variabilität (Teil 5 von 5)	164
Tabelle D-96: Nutzungsflächenermittlung gemischte Nutzung, hohe Variabilität (Teil 1 von 5)	165
Tabelle D-97: Nutzungsflächenermittlung gemischte Nutzung, hohe Variabilität (Teil 2 von 5)	166
Tabelle D-98: Nutzungsflächenermittlung gemischte Nutzung, hohe Variabilität (Teil 3 von 5)	167
Tabelle D-99: Nutzungsflächenermittlung gemischte Nutzung, hohe Variabilität (Teil 4 von 5)	168
Tabelle D-100: Nutzungsflächenermittlung gemischte Nutzung, hohe Variabilität (Teil 5 von 5)	169

Verzeichnisse
Lists

Tabelle D-101: Realisierungskosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, geringe Variabilität	170
Tabelle D-102: Realisierungskosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, mittlere Variabilität.....	171
Tabelle D-103: Realisierungskosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, hohe Variabilität	172
Tabelle D-104: Umbaukosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, geringe Variabilität in Wohnen	173
Tabelle D-105: Umbaukosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, geringe Variabilität in Hotel	174
Tabelle D-106: Umbaukosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, mittlere Variabilität zu Wohnen	175
Tabelle D-107: Umbaukosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, mittlere Variabilität zu Hotel	176
Tabelle D-108: Umbaukosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, mittlere Variabilität zu gemischte Nutzung	177
Tabelle D-109: Umbaukosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, hohe Variabilität zu Wohnen	178
Tabelle D-110: Umbaukosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, hohe Variabilität zu Hotel	179
Tabelle D-111: Umbaukosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, hohe Variabilität zu gemischte Nutzung	180
Tabelle D-112: VOFI des Szenarios: Bürogebäude geringe Variabilität zu Hotel....	182
Tabelle D-113: VOFI des Szenarios: Bürogebäude mittlere Variabilität zu Hotel....	183
Tabelle D-114: VOFI des Szenarios: Bürogebäude hohe Variabilität zu Hotel.....	184
Tabelle D-115: VOFI des Szenarios: Bürogebäude geringe Variabilität zu Wohnen.....	185
Tabelle D-116: VOFI des Szenarios: Bürogebäude mittlere Variabilität zu Wohnen.....	186
Tabelle D-117: VOFI des Szenarios: Bürogebäude hohe Variabilität zu Wohnen...	187
Tabelle D-118: VOFI des Szenarios: Bürogebäude mittlere Variabilität zu gemischte Nutzung	188

Tabelle D-119: VOFI des Szenarios: Bürogebäude hohe Variabilität zu gemischte Nutzung.....	189
Tabelle D-120: VOFI des Szenarios: Bürogebäude geringe Variabilität ohne Umnutzung (Basisszenario).....	190
Tabelle D-121: Sensitivitätsanalyse geringe Variabilität ohne Umnutzung (Basisszenario).....	191
Tabelle D-122: Sensitivitätsanalyse geringe Variabilität zu Hotel (Teil 1).....	192
Tabelle D-123: Sensitivitätsanalyse geringe Variabilität zu Hotel (Teil 2).....	193
Tabelle D-124: Sensitivitätsanalyse geringe Variabilität zu Wohnen	194
Tabelle D-125: Sensitivitätsanalyse mittlere Variabilität zu Hotel	195
Tabelle D-126: Sensitivitätsanalyse mittlere Variabilität zu Wohnen	196
Tabelle D-127: Sensitivitätsanalyse mittlere Variabilität zu gemischte Nutzung	197
Tabelle D-128: Sensitivitätsanalyse hohe Variabilität zu Hotel	198
Tabelle D-129: Sensitivitätsanalyse hohe Variabilität zu Wohnen	199
Tabelle D-130: Sensitivitätsanalyse hohe Variabilität zu gemischte Nutzung.....	200

List of tables

Table A-1: Waste from economic activity and households in kg/inhabitant and total in thousands of tonnes in 2014 of all EU-28 states and the 10 largest countries with the highest total waste amount [A-1]	24
Table A-2: Waste treatment of the EU-28 in thousands of tonnes in 2014 [A-2]	25
Table A-3: LCA-Data of building materials in the specific life cycle phases	25
Table A-4: LCA-Data for processes [A-11]	27
Table A-5: Requirement levels of space efficiency according to BNB new construction of office and administrative buildings in 2015 [A-13]	27
Table A-6: Requirement levels of sub-criteria of adaptability according to BNB New construction of office and administrative buildings in 2015[A-13]	28
Table A-7: Requirement levels of the sub-criteria area efficiency, room height, building depth and vertical accessibility according to DGNB-System 2018 for selected uses [A-14]	29
Table A-8: Requirement levels of the sub-criteria floor plan design, construction and Building equipment according to DGNB-System 2018 for selected types of use [A-14]	29
Table A-9: Cost estimates for additive sheets	31
Table A-10: Realisation costs of rolled girders with concrete cores	31
Table A-11: Realisation costs estimations for foundations, basement walls and building cores on base of BKI [A-16]	31
Table C-1: Allocation of the categories of use to the specific use according to EC1-1-1/NA [B-1]	62
Table C-2: Allocation the imposed loads to the categories of use by EC1-1-1/NA [B-1] with distributed load q_k in kN/m ² und single loads (Q_k) in kN	63
Table C-3: Ecological indicators of fire protection products for steel structures per kg material weight	64
Table C-4: Ecological indicators of auxiliary building materials for fire protection products per kg material weight	64
Table C-5: Overview of the investigated fire protection systems with layer thicknesses or material demand depending on the fire resistance class	65

Table D-1: Preliminary Investigation of Distribution Function – Rectangular Distribution.....	68
Table D-2: Preliminary Investigation of Distribution Function – Triangular Distribution.....	69
Table D-3: Preliminary Investigation of Distribution Function – Pert Distribution	70
Table D-4: Preliminary Investigation of Distribution Function – Beta Distribution	71
Table D-5: Calculation of the lead position: steel prop with fire protection	72
Table D-6: Calculation of the lead position: facade precast element	73
Table D-7: Calculation of the lead position: raised floor	74
Table D-8: Calculation of the lead position: roof light	75
Table D-9: Calculation of the lead position: smoke heat extraction system	76
Table D-10: Percentage cost estimates according to BKI for realisation and renovation costs	77
Table D-11: Percentage cost estimates according to BKI for additional renovation costs	79
Table D-12: Quantity determination - realisation of low variability (part 1 of 3).....	80
Table D-13: Quantity determination - realisation of low variability (part 2 of 3).....	81
Table D-14: Quantity determination - realisation of low variability (part 3 of 3).....	82
Table D-15: Quantity determination - realisation of medium variability (part 1 of 3)	83
Table D-16: Quantity determination - realisation of medium variability (part 2 of 3)	84
Table D-17: Quantity determination - realisation of medium variability (part 3 of 3)	85
Table D-18: Quantity determination - realisation of high variability (part 1 of 3)	86
Table D-19: Quantity determination - realisation of high variability (part 2 of 3)	87
Table D-20: Quantity determination - realisation of high variability (part 3 of 3)	88
Table D-21: Quantity determination - conversion low variability in residential use (part 1 of 3).....	89
Table D-22: Quantity determination - conversion low variability in residential use (part 2 of 3).....	90
Table D-23: Quantity determination - conversion low variability in residential use (part 3 of 3).....	91

Verzeichnisse
Lists

Table D-24: Quantity determination - conversion low variability in hotel (part 1 of 3).....	92
Table D-25: Quantity determination – conversion low variability in hotel (part 2 of 3).....	93
Table D-26: Quantity determination – conversion low variability in hotel (part 3 of 3).....	94
Table D-27: Quantity determination – conversion medium variability in residential use (part 1 of 3).....	95
Table D-28: Quantity determination – conversion medium variability in residential use (part 2 of 3).....	96
Table D-29: Quantity determination – conversion medium variability in residential use (part 3 of 3).....	97
Table D-30: Quantity determination – conversion medium variability in hotel (part 1 of 3).....	98
Table D-31: Quantity determination – conversion medium variability in hotel (part 2 of 3).....	99
Table D-32: Quantity determination – conversion medium variability in hotel (part 3 of 3).....	100
Table D-33: Quantity determination – conversion medium variability in mixed use (part 1 of 3).....	101
Table D-34: Quantity determination – conversion medium variability in mixed use (part 2 of 3).....	102
Table D-35: Quantity determination – conversion medium variability in mixed use (part 3 of 3).....	103
Table D-36: Quantity determination – conversion high variability in residential use (part 1 of 3).....	104
Table D-37: Quantity determination – conversion high variability in residential use (part 2 of 3).....	105
Table D-38: Quantity determination – conversion high variability in residential use (part 3 of 3).....	106
Table D-39: Quantity determination – conversion high variability in hotel (part 1 of 3).....	107

Table D-40: Quantity determination – conversion high variability in hotel (part 2 of 3)	108
Table D-41: Quantity determination – conversion high variability in hotel (part 3 of 3)	109
Table D-42: Quantity determination – conversion high variability in mixed use (part 1 of 4)	110
Table D-43: Quantity determination – conversion high variability in mixed use (part 2 of 4)	111
Table D-44: Quantity determination – conversion high variability in mixed use (part 3 of 4)	112
Table D-45: Quantity determination – conversion high variability in mixed use (part 4 of 4)	113
Table D-46: Determination of net room area of office use, low variability	114
Table D-47: Determination of net room area of residential use, low variability	115
Table D-48: Determination of net room area of hotel use, low variability	116
Table D-49: Determination of net room area of office use, medium variability	117
Table D-50: Determination of net room area of residential use, medium variability	118
Table D-51: Determination of net room area of hotel use, medium variability	119
Table D-52: Determination of net room area of mixed use, medium variability (part 1 of 2)	120
Table D-53: Determination of net room area of mixed use, medium variability (part 2 of 2)	121
Table D-54: Determination of net room area of office use, high variability	122
Table D-55: Determination of net room area of residential use, high variability	123
Table D-56: Determination of net room area of hotel use, high variability (part 1 of 2)	124
Table D-57: Determination of net room area of hotel use, high variability (part 2 of 2)	125
Table D-58: Determination of net room area of mixed use, high variability (part 1 of 2)	126
Table D-59: Determination of net room area of mixed use, high variability (part 2 of 2)	127

Verzeichnisse

Lists

Table D-60: Determination of office use, low variability (part 1 of 3)	128
Table D-61: Determination of office use, low variability (part 2 of 3)	129
Table D-62: Determination of office use, low variability (part 3 of 3)	130
Table D-63: Determination of use areas of hotel, low variability (part 1 of 3)	131
Table D-64: Determination of use areas of hotel, low variability (part 2 of 3)	132
Table D-65: Determination of use areas of hotel, low variability (part 3 of 3)	133
Table D-66: Determination of residential use, low variability (part 1 of 4)	134
Table D-67: Determination of residential use, low variability (part 2 of 4)	135
Table D-68: Determination of residential use, low variability (part 3 of 4)	136
Table D-69: Determination of residential use, low variability (part 4 of 4)	137
Table D-70: Determination of office use, medium variability (part 1 of 3)	138
Table D-71: Determination of office use, medium variability (part 2 of 3)	139
Table D-72: Determination of office use, medium variability (part 3 of 3)	140
Table D-73: Determination of hotel use, medium variability (part 1 of 3)	141
Table D-74: Determination of hotel use, medium variability (part 2 of 3)	142
Table D-75: Determination of hotel use, medium variability (part 3 of 3)	143
Table D-76: Determination of residential use, medium variability (part 1 of 4)	144
Table D-77: Determination of Residential Use, Medium Variability (Part 2 of 4)	145
Table D-78: Determination of Residential Use, Medium Variability (Part 3 of 4)	147
Table D-79: Determination of Residential Use, Medium Variability (Part 4 of 4)	148
Table D-80: Determination of Mixed Use, Medium Variability (Part 1 of 5)	149
Table D-81: Determination of Mixed Use, Medium Variability (Part 2 of 5)	150
Table D-82: Determination of Mixed Use, Medium Variability (Part 3 of 5)	151
Table D-83: Determination of Mixed Use, Medium Variability (Part 4 of 5)	152
Table D-84: Determination of Mixed Use, Medium Variability (Part 5 of 5)	153
Table D-85: Determination of Office Use, High Variability (Part 1 of 3)	154
Table D-86: Determination of Office Use, High Variability (Part 2 of 3)	155
Table D-87: Determination of Office Use, High Variability (Part 2 of 3)	156
Table D-88: Determination of Hotel Use, High Variability (Part 1 of 3)	157
Table D-89: Determination of Hotel Use, High Variability (Part 2 of 3)	158
Table D-90: Determination of Hotel Use, High Variability (Part 3 of 3)	159
Table D-91: Determination of Residential Use, High Variability (Part 1 of 5)	160
Table D-92: Determination of Residential Use, High Variability (Part 2 of 5)	161

Table D-93: Determination of Residential Use, High Variability (Part 3 of 5)	162
Table D-94: Determination of Residential Use, High Variability (Part 4 of 5)	163
Table D-95: Determination of Residential Use, High Variability (Part 5 of 5)	164
Table D-96: Determination of Mixed Use, High Variability (Part 1 of 5)	165
Table D-97: Determination of Mixed Use, High Variability (Part 2 of 5)	166
Table D-98: Determination of Mixed Use, High Variability (Part 3 of 5)	167
Table D-99: Determination of Mixed Use, High Variability (Part 4 of 5)	168
Table D-100: Determination of Mixed Use, High Variability (Part 5 of 5)	169
Table D-101: Realisation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, low variability	170
Table D-102: Realisation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, middle variability	171
Table D-103: Realisation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, high variability	172
Table D-104: Renovation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, low variability to residential use	173
Table D-105: Renovation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, low variability to hotel	174
Table D-106: Renovation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, middle variability to residential use	175
Table D-107: Renovation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, middle variability to hotel	176
Table D-108: Renovation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, middle variability to mixed use	177
Table D-109: Renovation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, high variability to residential use	178
Table D-110: Renovation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, high variability to hotel	179
Table D-111: Renovation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, high variability to mixed use	180
Table D-112: VOFI of the scenario: office building low variability to hotel	182
Table D-113: VOFI of the scenario: office building middle variability to hotel	183
Table D-114: VOFI of the scenario: office building high variability to hotel	184

Table D-115: VOFI of the scenario: office building low variability to residential use	185
Table D-116: VOFI of the scenario: office building middle variability to residential use	186
Table D-117: VOFI of the scenario: office building high variability to residential use	187
Table D-118: VOFI of the scenario: office building middle variability to mixed use .	188
Table D-119: VOFI of the scenario: office building high variability to mixed use	189
Table D-120: VOFI of the scenario: office building low variability without conversion (base scenario)	190
Table D-121: Sensitivity analysis of low variability without conversion (base scenario)	191
Table D-122: Sensitivity analysis of low variability to hotel (part 1)	192
Table D-123: Sensitivity analysis of low variability to hotel (part 2)	193
Table D-124: Sensitivity analysis of low variability to residential use	194
Table D-125: Sensitivity analysis of middle variability to hotel	195
Table D-126: Sensitivity analysis of middle variability to residential use	196
Table D-127: Sensitivity analysis of middle variability to mixed use	197
Table D-128: Sensitivity analysis of high variability to hotel	198
Table D-129: Sensitivity analysis of high variability to residential use	199
Table D-130: Sensitivity analysis of high variability to mixed use.....	200

Anhang A zu Kapitel 2 Annex A to Chapter 2

A.1 Verursachten und behandelten Abfälle der EU-28-Staaten Caused and treated waste from EU-28 countries

Tabelle A-1: Abfälle aus wirtschaftlichen Tätigkeiten und von Haushalten in kg/Einwohner und Gesamt in Tausend Tonnen im Jahr 2014 aller EU-28-Staaten sowie die Anteile der 10 Länder mit dem größten Gesamtabfallaufkommen [A-1]

Table A-1: Waste from economic activity and households in kg/inhabitant and total in thousands of tonnes in 2014 of all EU-28 states and the 10 largest countries with the highest total waste amount [A-1]

Land	Insgesamt		Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden	Herstel- lung von Waren	Energie- versor- gung	Bau	Sonstige wirtschaft- liche Tä- tigkeiten	Haushalte
	kg/Einw.	Tausend Tonnen						
EU-28	4.915	2.494.700	704.630	255.060	93.210	858.750	374.510	208.540
Deutschland	4.785	387.504	7.432	61.083	9.975	206.466	65.660	36.888
Frankreich	4.913	324.463	2.346	21.797	1.588	227.607	42.751	28.374
Großbritannien	3.885	251.037	26.291	8.167	3.140	120.394	65.330	27.715
Bulgarien	24.872	179.677	159.280	3.275	9.105	1.340	3.993	2.683
Polen	4.714	179.180	75.736	31.431	21.892	17.010	24.869	8.240
Rumänien	8.857	176.334	152.784	6.745	7.092	1.050	4.841	3.823
Schweden	17.226	167.027	138.898	5.726	1.895	8.867	7.468	4.173
Italien	2.617	159.107	982	26.645	3.195	51.684	46.941	29.660
Niederlande	7.901	133.250	132	13.452	1.671	90.735	18.736	8.523
Spanien	2.378	110.518	18.641	14.814	5.272	20.418	31.215	20.160

Tabelle A-2: Abfallbehandlung der EU-28 in tausend Tonnen im Jahr 2014 [A-2]

Table A-2: Waste treatment of the EU-28 in thousands of tonnes in 2014 [A-2]

Land	Insgesamt	Beseitigung	Recycling	Verfüllung	Energetische Verwertung	Verbrennung ohne energ. Verwertung
EU-28	2.320.650	1.100.220	840.980	236.890	107.950	34.610
Deutschland	370.741	71.217	158.205	93.953	38.987	8.378
Frankreich	299.663	87.723	160.491	32.003	13.384	6.062
Großbritannien	208.983	86.651	91.137	21.701	1.938	7.557
Polen	182.435	45.482	92.126	39.141	5.013	673
Bulgarien	175.705	171.932	3.560	0	194	19
Rumänien	172.204	162.638	6.307	1.029	2.162	68
Schweden	163.287	137.851	15.179	2.532	7.617	108
Niederlande	130.577	59.344	59.626	0	10.362	1.245
Italien	129.176	20.664	99.397	317	2.101	6.697
Spanien	103.397	49.534	37.298	13.021	3.535	8

A.2 Ökologische Daten der Baustoffe und Produkte Ecological data of building materials and products

Tabelle A-3: Ökobilanzdaten der Baustoffe in den einzelnen Lebenszyklusphasen

Table A-3: LCA-Data of building materials in the specific life cycle phases

Phase	GWP [kg CO ₂]	ODP [kg CFC-11]	POCP [kg C ₂ H ₄]	AP [kg SO ₂]	EP [kg PO ₄]	PE _{ne} (PENRT) [MJ]	PE _e (PERT) [MJ]	SE _{ne} (NRSF) [MJ]	SE _e (RSF) [MJ]
Beton alle Festigkeitsklassen [A-3]–[A-8]									
Deklarierte Einheit: 1 m ³									
A5	1,35	3,06E-09	6,49E-04	9,18E-03	1,86E-03	19,0	0,4	0	0
C1	3,02	1,63E-14	3,73E-03	2,88E-02	6,13E-03	42,0	1,7	0	0
C2	0,47	2,65E-11	7,12E-04	4,74E-03	1,02E-03	6,6	0,3	0	0
C3	1,38	7,45E-11	1,70E-03	1,30E-02	2,80E-03	19,2	0,8	0	0
C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	-23,08	-9,57E-08	-4,05E-03	-4,10E-02	-5,91E-03	-319,0	-47,1	0	0
Beton C20/25 [A-3]									
A1-A3	190,70	6,71E-07	3,30E-02	2,73E-01	4,35E-02	846,0	72,3	286,1	146,8
A4	3,00	1,60E-10	1,20E-03	9,40E-03	2,10E-03	41,0	1,6	0	0
Beton C25/30 [A-4]									
A1-A3	211,10	6,94E-07	3,61E-02	2,97E-01	4,72E-02	909,0	77,1	320,9	164,6
A4	3,00	1,60E-10	1,20E-03	9,40E-03	2,10E-03	41,0	1,6	0	0

Fortsetzung Tabelle A-3

Continuation Table A-3

Beton C30/37 [A-5]									
A1-A3	231,90	7,35E-07	3,93E-02	3,23E-01	5,13E-02	984,0	82,7	354,8	182,0
A4	3,30	1,79E-10	1,30E-03	1,06E-02	2,40E-03	46,0	1,8	0	0
Beton C35/45 [A-6]									
A1-A3	265,10	7,98E-07	4,42E-02	3,64E-01	5,72E-02	1116,0	92,2	408,2	209,4
A4	5,50	2,98E-10	2,20E-03	1,79E-02	4,30E-03	77,0	3,1	0	0
Beton C45/55 [A-7]									
A1-A3	313,30	8,25E-07	5,07E-02	4,20E-01	6,46E-02	1350,0	109,5	478,1	245,2
A4	15,40	8,27E-10	6,10E-03	5,05E-02	1,16E-02	213,0	8,5	0	0
Beton C50/60 [A-8]									
A1-A3	334,70	9,56E-07	5,40E-02	4,51E-01	6,90E-02	1418,0	112,7	514,9	264,1
A4	14,80	7,94E-10	5,80E-03	4,85E-02	1,11E-02	204,0	8,1	0	0
Baustähle: Offene Walzprofile und Grobbleche [A-9]									
Deklarierte Einheit: 1 t									
A1-A3	1735,00	1,39E-07	6,98E-01	3,52E+0	3,70E-01	17800,0	840,0	1,7	0,2
D	-959,00	6,29E-09	-4,14E-01	-1,32E+0	-1,26E-01	-7210,0	92,4	-0,5	-0,1
Profilblech (Durchschnittswerte) [A-10]									
Deklarierte Einheit: 1 t									
A1-A3	2406,45	5,04E-06	1,07E+00	8,44E+0	7,28E-01	33225,2	1344,8	-289,9	-28,0
C4	1,66	9,21E-10	8,99E-04	0,00E+0	1,16E-03	0	0	0	0
D	-1398,65	4,08E-07	-7,99E-01	-5,25E+0	-4,23E-01	-15945,4	142,3	180,3	16,6
Betonstahl [A-11]									
Deklarierte Einheit: 1 t									
A1-A3	750,00	4,95E-08	1,74E-01	1,79E+0	1,78E-01	10710,0	1881,0	0	0
Spannbetonhohldielen [A-12]									
Deklarierte Einheit: 1 m ² (360,37 kg/m ²)									
A1	60,00	5,90E-08	1,11E-02	1,08E-01	1,14E-02	416,00	37,50	118,00	11,20
A2	1,87	0,00E+00	-1,58E-03	7,45E-03	2,17E-03	28,80	1,55	0	0
A3	7,35	2,00E-09	6,94E-04	1,22E-02	1,39E-03	101,00	19,60	0,45	0,01
C4	1,48	7,25E-10	2,51E-04	2,96E-03	4,18E-03	20,70	3,64	0	0
D	-14,80	6,95E-08	-5,40E-03	-3,91E-02	-2,62E-03	-149,00	-12,80	0	0

Tabelle A-4: Ökobilanzdaten für Prozesse [A-11]

Table A-4: LCA-Data for processes [A-11]

Phase	GWP [kg CO ₂]	ODP [kg CFC-11]	POCP [kg C ₂ H ₄]	AP [kg SO ₂]	EP [kg PO ₄]	PE _{ne} (PENRT) [MJ]	PE _e (PERT) [MJ]	SE _{ne} (NRSF) [MJ]	SE _e (RSF) [MJ]
Strommix 2015									
Deklarierte Einheit: 1 kWh									
B6	0,53	3,65E-11	6,11E-05	8,17E-04	1,32E-04	7,18	3,89	0	0
Transport mit LKW (20-26 t), mit 80 % Auslastung									
Deklarierte Einheit: 1000.0 kgkm									
A4	0,06	1,19E-13	-4,31E-05	1,68E-04	4,63E-05	0,86	0,07	0	0
Transport mit LKW (34-40 t), mit 80 % Auslastung									
Deklarierte Einheit: 1000.0 kgkm									
A4	0,05	9,61E-14	-3,29E-05	1,31E-04	3,62E-05	0,69	0,05	0	0

A.3 Ökonomischen Kriterien nach BNB und DGNB-System Economic criteria according to BNB and DGNB-System

Tabelle A-5: Anforderungsniveaus der Flächeneffizienz nach BNB Neubau von Büro- und Verwaltungsgebäuden 2015 [A-13]

Table A-5: Requirement levels of space efficiency according to BNB new construction of office and administrative buildings in 2015 [A-13]

Anforderung der Flächeneffizienz	Punkte
0,75	Z: 100
0,60	R: 50
< 0,48	G: 10
Kriterium nicht nachgewiesen	0

Tabelle A-6: Anforderungsniveaus der Teilkriterien der Anpassungsfähigkeit nach BNB Neubau von Büro- und Verwaltungsgebäuden 2015 [A-13]

Table A-6: Requirement levels of sub-criteria of adaptability according to BNB New construction of office and administrative buildings in 2015[A-13]

Teilkriterium	Anforderung der Anpassungsfähigkeit	Punkte
Raumhöhe im Ausbauzustand ¹	≥ 3,0 m	15
	2,75 m	10
	2,5 m	1
Gebäudetiefe	≤ 11,5 m (≤ 7,2 m) ²	15
	13,0 m (7,8 m) ²	10
	15,0 m (9,0 m) ²	6
	≥ 20,0 m (≥ 10,0 m) ²	1
Vertikale Erschließung	$BGF_{\text{Etage}} / N_{\text{Erschließungskerne}} \leq 400 \text{ m}^2$	15
	$BGF_{\text{Etage}} / N_{\text{Erschließungskerne}} \leq 600 \text{ m}^2$	10
	$BGF_{\text{Etage}} / N_{\text{Erschließungskerne}} \leq 1200 \text{ m}^2$	1
Grundriss (Mehrfachnennung möglich)	Jede NE ≤ 400 m ² BGF	15
	Jede NE verfügt über Rettungswege die nicht durch eine andere NE verlaufen	6
	Jede NE liegt an einem Sanitärschacht	4
Konstruktion - Trennwände	nichttragende Innenwände zu 80 %	10
	nichttragende Innenwände zu 30 %	1
Konstruktion - Raster und Nutzlast (Mehrfachnennung möglich)	Trennwände können an jeder Fassadenachse des Grundrasters ohne Eingriffe in die Fassadenkonstruktion eingesetzt werden.	5
	Die Anschlüsse leichter Trennwände greifen nicht in Fußbodenaufbau, Decke oder die Abhangdecke ein.	3
	Die zulässigen Nutzlasten sind ≥ 5 kN/m ² auf mind. 50% der Brutto-Grundfläche.	2
TGA (Mehrfachnennung möglich)	Heizung-, Kühlungs- oder Lüftungssysteme für NE < 400 m ² Energie- oder Wasserkonzept für NE < 400 m ² Schächte und Kanäle mit Reserven für Nachrüstung > 30 % Heizsystem für Vorlauftemperatur ≤ 45°C ausgelegt Reserven für Wärmeerzeugung mittel reg. Energien vorh. Reserven für Kälteerzeugung mittel reg. Energien vorh. offener BUS-Standard für ausbaufähige Gebäudeautomatik TGA Austausch in Technikzentralen ohne baul. Maßnahmen Reserven in Technikzentralen für Nachrüstungen vorhanden	9 x 2 $\Sigma_{\text{max.}}$ 10

¹⁾ Oberkante Fertigfußbodens bis Unterkante der Fertigdecke

²⁾ Gebäudetiefe im Bereich von Kernen

Anhang A zu Kapitel 2
Annex A to Chapter 2

Tabelle A-7: Anforderungsniveaus der Teilkriterien Flächeneffizienz, Raumhöhe, Gebäudetiefe und vertikale Erschließung nach DGNB-System 2018 für ausgewählte Nutzungsarten [A-14]

Table A-7: Requirement levels of the sub-criteria area efficiency, room height, building depth and vertical accessibility according to DGNB-System 2018 for selected uses [A-14]

Teilkriterium	Büro		Hotel		Wohnen		Geschäftsh.	
	Anf.	P.	Anf.	P.	Anf.	P.	Anf.	P.
Flächeneffizienz oberirdisch	≥ 0,75 ≤ 0,48	10 1	≥ 0,70 ≤ 0,43	30 1	≥ 0,80 ≤ 0,60	20 1	≥ 0,70 ≤ 0,50	20 1
Raumhöhe im Rohbau ¹	≥ 3,0 m	10	> 2,5 m (Zimmer) ≥ 3,25 m (Allgemeinbereich)	10	≥ 2,75 m ≥ 2,50 m	10 7	-	
Gebäudetiefe	≥ 11,5 m ≤ 16,5 m	5	≥ 11,5 m ≤ 16,5 m	5	≥ 11,5 m ≤ 13,5 m		-	
	≥ 12,5 m ≤ 14,5 m	10	≥ 12,5 m ≤ 14,5 m	10	einheitl. Tiefe veränderl. Tiefe	5 10		
Vertikale Erschließung	≤ 400 m ²	10	≤ 400 m ²	10	-		-	
	≤ 1200 m ²	1	≤ 1200 m ²	1				

¹⁾ Oberkante Rohfußboden bis Unterkante Rohdecke

Tabelle A-8: Anforderungsniveaus der Teilkriterien Grundrissaufteilung, Konstruktion und TGA nach DGNB-System 2018 für ausgewählte Nutzungsarten [A-14]

Table A-8: Requirement levels of the sub-criteria floor plan design, construction and Building equipment according to DGNB-System 2018 for selected types of use [A-14]

Nutzungsart	Anforderung	P.
Grundrissaufteilung		
Büro	Sanitäreinheiten o. Anschlüsse für NE ≤ 400 m ² vorhanden	10
Wohnen (Mehrfachnutzung mögl.)	Nutzungsneutrale Räume in jeder Wohnung (z. B. 3x3 m, idealerweise 4x4 m)	10
	Tragende und nichttragende Wände lasse Anpassungen der Grundrissstruktur je nach Nachfrage zu	5
Hotel	-	
Geschäftshaus	-	

Fortsetzung Tabelle A-8

Continue Table A-8

Nutzungsart	Anforderung	P.
Konstruktion		
Büro (Mehrfachnen- nung mögl.)	Vermeidung tragender Innenwände, soweit möglich	2,5
	Trennwände können an jeder Fassadenachse des Grundrasters ohne Eingriffe in die Fassadenkonstruktion eingebaut werden	2,5
	Trennwände können Wiederverwendet werden	2,5
	Nutzlastreserven für Umnutzungen sind in der statischen Berechnung Berücksichtigt und vorhanden	2,5
Wohnen (Mehrfachnen- nung mögl.)	Vermeidung tragender Innenwände, soweit möglich	2,5
	Schachtanordnung lässt flexible Planung von Sanitär und Küchenanschlüssen zu, innenliegend	2,5
Hotel (Mehrfachnen- nung mögl.)	Vermeidung tragender Innenwände, soweit möglich	10
	Trennwände können an jeder Fassadenachse des Grundrasters ohne Eingriffe in die Fassadenkonstruktion eingebaut werden	10
	Nutzlastreserven für Umnutzungen sind in der statischen Berechnung Berücksichtigt und vorhanden	10
		10
Geschäftshaus (Mehrfachnen- nung mögl.)	Nutzlastreserven für vielfältige Umnutzungen sind in der statischen Berechnung berücksichtigt und vorhanden. Oder: Das statische System lässt nachträgliche Änderungen in tragenden Decken bzw. Wandbereichen zu (Bei Eingriffen in die Tragkonstruktion ist stets eine statische Berechnung durchzuführen).	5
	Aufstellflächen für Mieterinstallationen (z.B. Kühlaggregate) mit entsprechenden Nutzlast/ Flächenreserven sind vorhanden.	5
	Es besteht Erweiterungspotenzial zur Anlieferung. Logistikkonzept mit Darstellung der Reserven liegt vor.	10
	Eine Trennung und Umgestaltung von Mieteinheiten kann ohne großen baulichen Aufwand (wie z.B. Änderung der Fassadengestaltung) erfolgen. Die hier vorgesehenen konstruktiven Lösungen sind in der Planung berücksichtigt.	10
TGA		
Büro, Wohnen (Mehrfachnen- nung mögl.)	Verteilung und Anschlüsse können an Änderungen der Raumsituation angepasst werden, betrifft Lüftung / Klimatechnik; Kühlung; Heizung; Wasser / Abwasser	4 x 10
Hotel	-	
Geschäftshaus	Definierte Übergabepunkte für jede Mieteinheit vorhanden	1
	Definierte Übergabepunkte + Reserven im Verteilungsnetz	6
	Definierte Übergabepunkte + Reserven im Erzeugungs- und Verteilungsnetz	10

A.4 Kostenansätze Cost estimations

Die Kostenkalkulation der Decken und Stützen erfolgt weitestgehend anhand der zusammengestellten Kostensätze im Projekt P881. Eine ausführliche Ausstellung in Anhang E des Forschungsberichtes P881 [A-15]. Auf eine erneute Darstellung wird daher verzichtet. Nachfolgend werden ausschließlich neue Kostenansätze zusammengefasst.

Die Kostensätze der Gründungspositionen sowie der Gebäudekerne beruhen auf den Angaben des BKI [A-16]. Aus den Nettoangebotssummen erfolgte eine Berechnung der Realisierungskosten entsprechend der Erläuterungen in Kapitel 2.6.2.

Tabelle A-9: Materialkosten für Additivbleche

Table A-9: Cost estimates for additive sheets

Material	Kosten	Quelle
Additivblech	20 €/m ²	[A-17]

Tabelle A-10: Realisierungskosten von Kammerbetonträgern

Table A-10: Realisation costs of rolled girders with concrete cores

Position		Kosten	Quelle
Bewehrung einschließlich Einbau		1100 €/t	[A-18]
Beton einschließlich ein- und ausschalen, betonieren, drehen und nachbehandeln	IPE 500 L = 13 m	450 €/m ³	
	HEA 500 L = 13 m	400 €/m ³	
	IPE 300 L = 13 m	600 €/m ³	

Tabelle A-11: Realisierungskostenansätze für Gründungen, Kellerwände und Gebäudekerne auf Basis des BKI [A-16]

Table A-11: Realisation costs estimations for foundations, basement walls and building cores on base of BKI [A-16]

Position	Kosten
Bodenplatte	
Verdichten	1,73 €/m ²
Planum	1,01 €/m ²
Glasschotter 30 cm	42,13 €/m ²
Sauberkeitsschicht 5 cm Beton	5,90 €/m ²
Trennlage PE Folie	1,35 €/m ²
Bodenplatte C30/37 30cm	37,91 €/m ²
glätten maschinell	3,37 €/m ²
SUMME	93,39 €/m²

Fortsetzung Tabelle A-11

Continuation Table A-11

Fugenband	14,32	€/m
Einzelfundament		
Fundament, Ortbeton, bewehrt, Schalung	191,25	€/m ³
Erdarbeiten		
Oberboden abtragen und entsorgen (20 cm)	1,88	€/m ²
Aushub BK 3-5 mit Entsorgung bis 1,75 m	10,95	€/m ³
Aushub und Entsorgen bis 2,5 m (GK1)	13,22	€/m ³
Einzelfundamentaushub BK3-5 bis 1,25m , entsorgen	26,12	€/m ³
Einzelfundamentaushub BK3-5 bis 1,25m , lagern	19,38	€/m ³
Arbeitsräume verfüllen, verdichten, Lagermaterial	10,95	€/m ³
Pfahlgründung		
Teilverdrängungsbohrpfahl	345,00	€/m
Großbohrpfahl	425,00	€/m
Bohrgeräteinheit, Pfahl D<75, bis 10m	3840,00	€/st
Bohrgeräteinheit, Pfahl D<75, über 10m	4700,00	€/st
Bohrgeräteinheit, Pfahl D 90-120, bis 10m	7700,00	€/st
Bohrgeräteinheit, Pfahl D 90-120, über 10m	10200,00	€/st
Bohrgut entsorgen	22,00	€/m ³
Bohrpfahl abstemmen, D<=0,6 m	83,00	€/st
Bohrpfahl abstemmen, D<=1,2 m	145,00	€/st
Trägerbohlwand		
Trägerbohlwand	125,00	€/m ²
Kerne und Kellerwände		
Schalung Wand glatt	25,28	€/m ²
Schalung Aufzugsschacht	25,28	€/m ²
Schalung Wand Stirnflächen	5,90	€/m
Wand Sichtbeton C30/37 bis 25 cm	107,84	€/m ³
Wandschalung Tür 1,26x2.13 m	96,89	€/st.
Schalung Decke glatt	31,17	€/m ²
Randschalung Deckenplatte	9,27	€/m
Schalung Treppenlauf	78,35	€/m ²
Schalung Treppenpodest glatt	58,13	€/m ²
Decke Sichtbeton C30/37 bis 24 cm	112,90	€/m ³
Treppenlauf Stahlbeton C30/37	195,46	€/m ³

A.5 Literaturverzeichnis Anhang A Bibliography Annex A

- [A-1] Europäische Kommission: Datenbank zum Abfallaufkommen (env_wasgen). <http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/waste/database>, letzter Zugriff: 26. Apr. 2018.
- [A-2] Europäische Kommission: Datenbank zur Abfallbehandlung (env_wastrt). <http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/waste/database>, letzter Zugriff: 26. Apr. 2018.
- [A-3] InformationsZentrum Beton GmbH: *Beton der Druckfestigkeitsklasse C 20/25*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-IZB-2013411-D, gültig bis: 25.07.2018. Institut Bauen und Umwelt e.V., Erkrath, Juli. 2013.
- [A-4] InformationsZentrum Beton GmbH: *Beton der Druckfestigkeitsklasse C 25/30*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-IZB-2013421-D, gültig bis: 25.07.2018. Institut Bauen und Umwelt e.V., Erkrath, Juli. 2013.
- [A-5] InformationsZentrum Beton GmbH: *Beton der Druckfestigkeitsklasse C 30/37*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-IZB-2013431-D, gültig bis: 25.07.2018. Institut Bauen und Umwelt e.V., Erkrath, Juli. 2013.
- [A-6] InformationsZentrum Beton GmbH: *Beton der Druckfestigkeitsklasse C 35/45*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-IZB-2013441-D, gültig bis: 25.07.2018. Institut Bauen und Umwelt e.V., Erkrath, Juli. 2013.
- [A-7] InformationsZentrum Beton GmbH: *Beton der Druckfestigkeitsklasse C 45/55*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-IZB-2013451-D, gültig bis: 25.07.2018. Institut Bauen und Umwelt e.V., Erkrath, Juli. 2013.
- [A-8] InformationsZentrum Beton GmbH: *Beton der Druckfestigkeitsklasse C 50/60*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-IZB-2013461-D, gültig bis: 25.07.2018. Institut Bauen und Umwelt e.V., Erkrath, Juli. 2013.
- [A-9] bauforumstahl e.V.: *Baustähle: Offene Walzprofile und Grobbleche*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-BFS-20130094-IBG1-DE, gültig bis: 24.10.2018. Institut Bauen und Umwelt e.V., Gladbeck, Okt. 2013.
- [A-10] European Association for Panels and Profiles: *Profiled sheets made of steel for roof, wall and deck constructions*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-EPQ-20130236-CBE1-EN, gültig bis: 23.10.2018. Institut Bauen und Umwelt e.V., Fichtenhain, Okt. 2013.
- [A-11] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Ökobaudat - Informationsportal nachhaltiges Bauen. <http://www.oekobaudat.de/>, letzter Zugriff: 18. Mai. 2016.
- [A-12] DW Systembau GmbH: *Spannbeton-Fertigteildecken*. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-DWS-20140158-IAA1-DE, gültig bis: 15.02.2020. Institut Bauen und Umwelt e.V., Schneverdingen, Gladbeck, Feb. 2015.
- [A-13] Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI): Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB). <https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/>, letzter Zugriff: 8. Mai. 2018.
- [A-14] Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB e.V. (Hrsg.): *DGNB System - Kriterienkatalog Gebäude Neubau*. 2. Auflage, 2018.
- [A-15] Mensinger M., Stroetmann R., Eisele J., Feldmann M., Pyschny D., Lang F., Trautmann B., Zink K. J., Baudach T., Fischer K., Lingnau V., Kokot K., Möller H., Huang L., Ritter F., Podgorski C., Scheller J., Faßl T.: *Nachhaltige Büro- und Verwaltungsgebäude in Stahl- und Stahlverbundbauweise*. Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH, Düsseldorf, 2016.

- [A-16] Fretzer R., Luther J., Letsch J., Wagner A.: *BKI Baukosten 2015 Neubau - Statistische Kostenkennwerte für Positionen*. Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH, Stuttgart, 2016.
- [A-17] Rademacher C.: *Persönliche Korrespondenz zu Kosten von Additivblechen*. ArcelorMittal Europe – Construction Solutions, Okt. 2015.
- [A-18] Krampe A.: *Persönliche Korrespondenz zu Kosten von Kammerbetonträgern*. stahl + verbundbau GmbH, Okt. 2017.

Anhang B zu Kapitel 3 Annex B to Chapter 3

B.1 Referenzgebäude mit geringer Variabilität in Schnitt und Grundriss Reference building with low variability as sections and floor plans

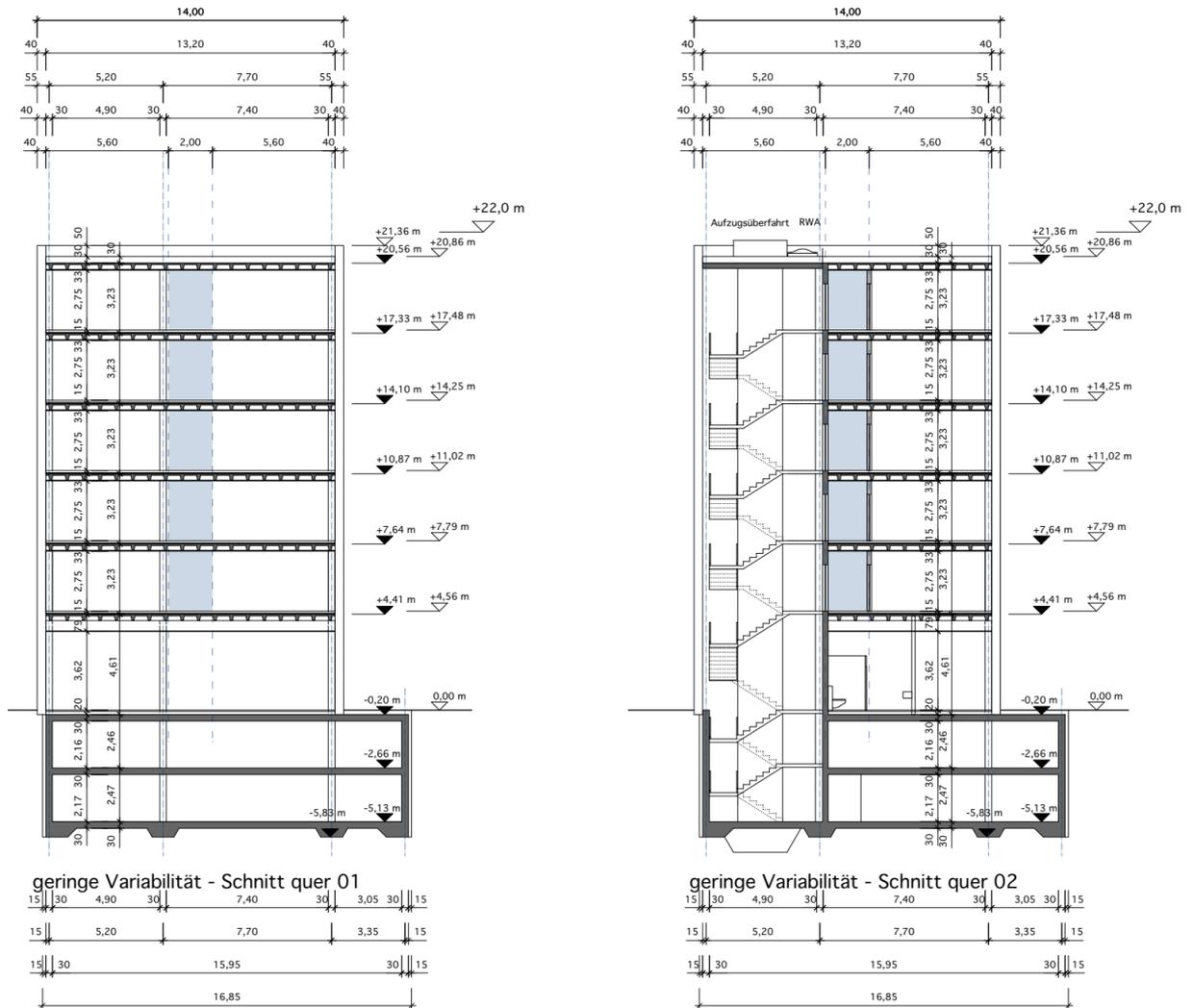


Abbildung B-1: Schnitte quer Referenzgebäude mit geringer Variabilität

Figure B-1: Cross sections of the reference building with low variability

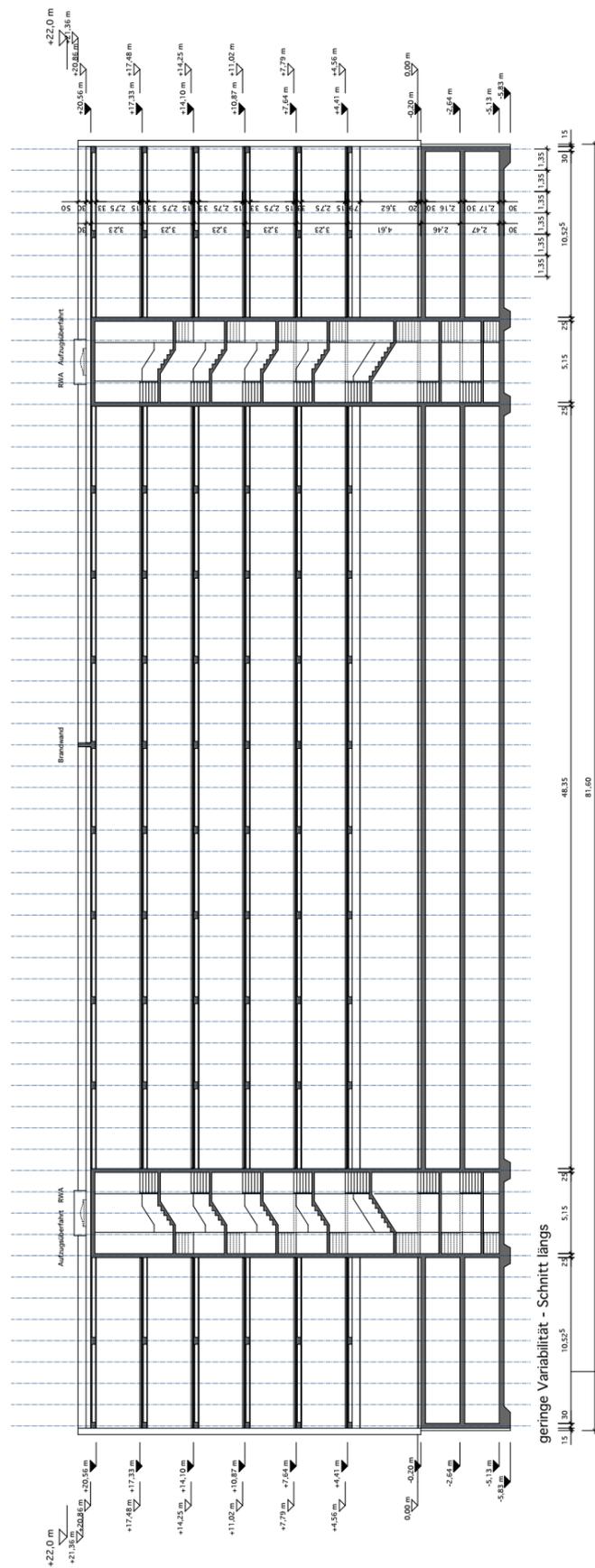


Abbildung B-2: Schnitt längs Referenzgebäude mit geringer Variabilität
Figure B-2: Section longitudinal of the reference building with low variability



Abbildung B-3: Grundrisse Regelgeschosse Referenzgebäude mit geringer Variabilität für eine Büronutzung

Figure B-3: Floor plans standard floor of the reference building with low variability for an office use

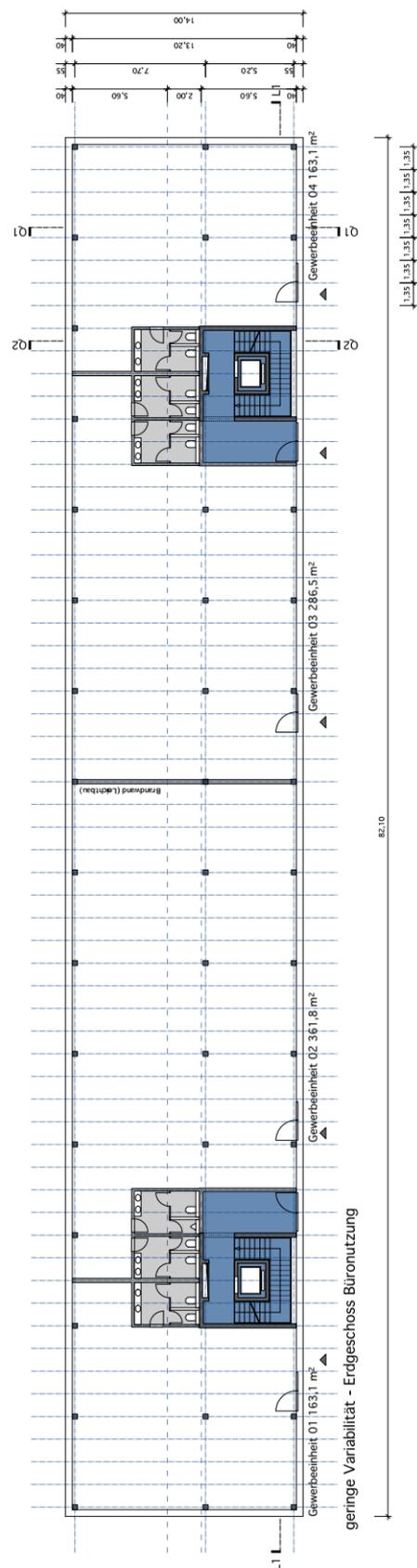


Abbildung B-4: Grundriss Erdgeschoss Referenzgebäude mit geringer Variabilität für eine Büronutzung
Figure B-4: Floor plan ground floor of the reference building with low variability for an office use

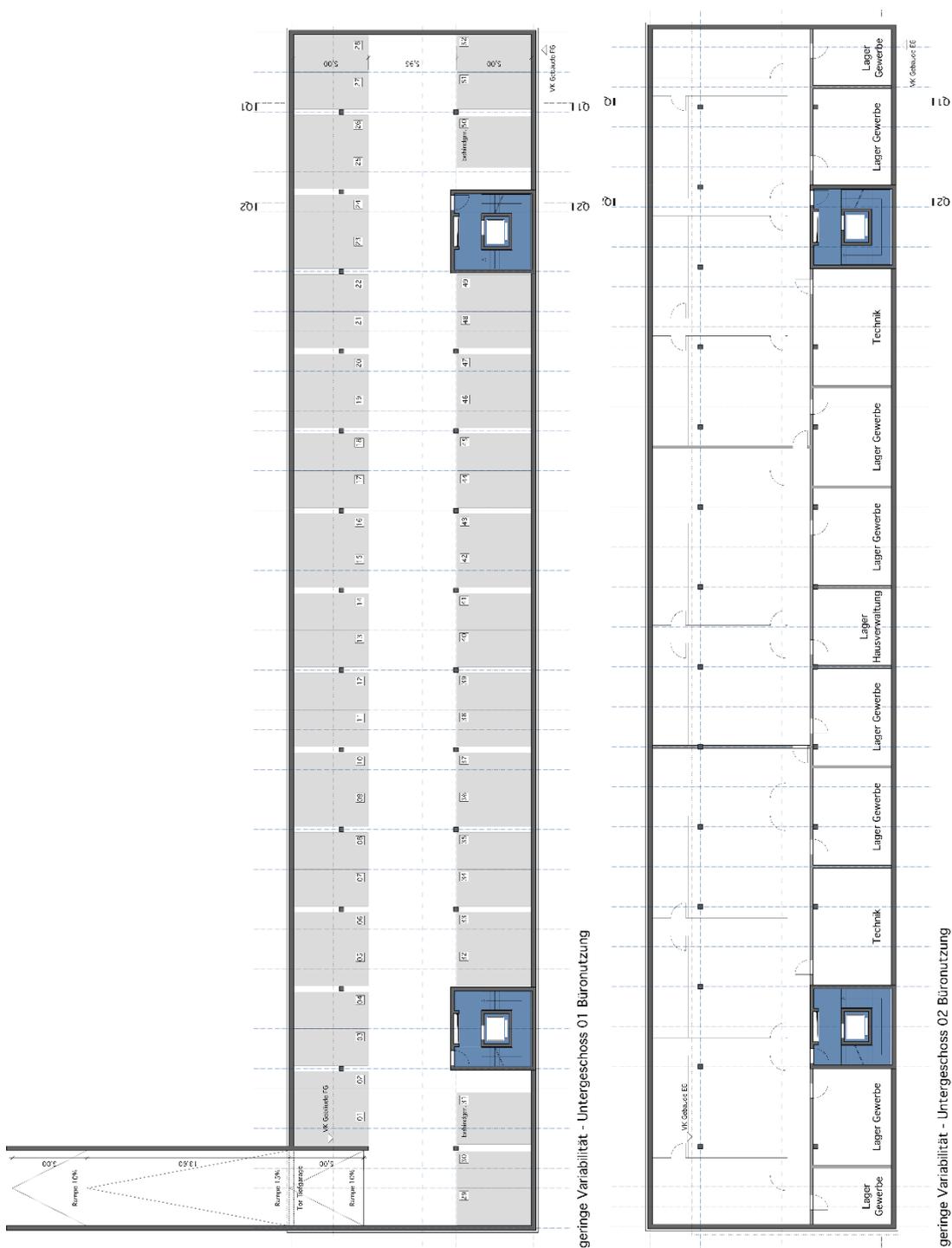


Abbildung B-5: Grundrisse Untergeschosse Referenzgebäude mit geringer Variabilität für eine Büronutzung

Figure B-5: Floor plans basement of the reference building with low variability for an office use



Abbildung B-6: Grundrisse Regelgeschoss und Erdgeschoss Referenzgebäude mit geringer Variabilität für eine Wohnnutzung

Figure B-6: Floor plan standard floor and ground floor of the reference building with low variability for a residential use



Abbildung B-7: Grundrisse Untergeschosse Referenzgebäude mit geringer Variabilität für eine Wohnnutzung

Figure B-7: Floor plan basement of the reference building with low variability for a residential use



Abbildung B-8: Grundrisse Regelgeschoss und Erdgeschoss Referenzgebäude mit geringer Variabilität für eine Hotelnutzung
 Figure B-8: Floor plan standard floor and ground floor of the reference building with low variability for a hotel use



Abbildung B-9: Grundrisse Untergeschosse Referenzgebäude mit geringer Variabilität für eine Hotelnutzung

Figure B-9: Floor plan basement of the reference building with low variability for a hotel use

B.2 Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität in Schnitt und Grundriss

Reference building with medium variability as sections and floor plans

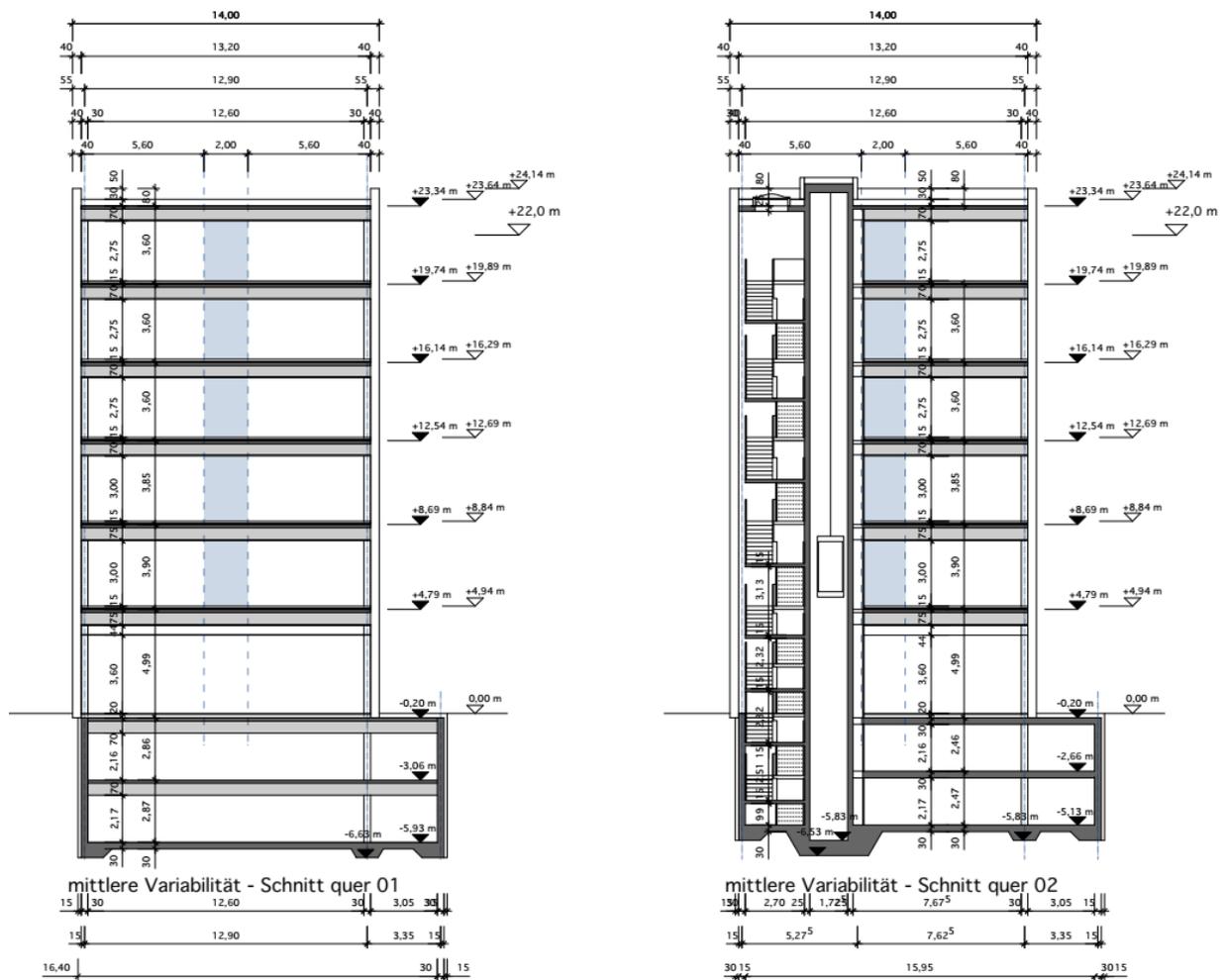


Abbildung B-10: Schnitte quer Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität
Figure B-10: Cross sections of the reference building with medium variability

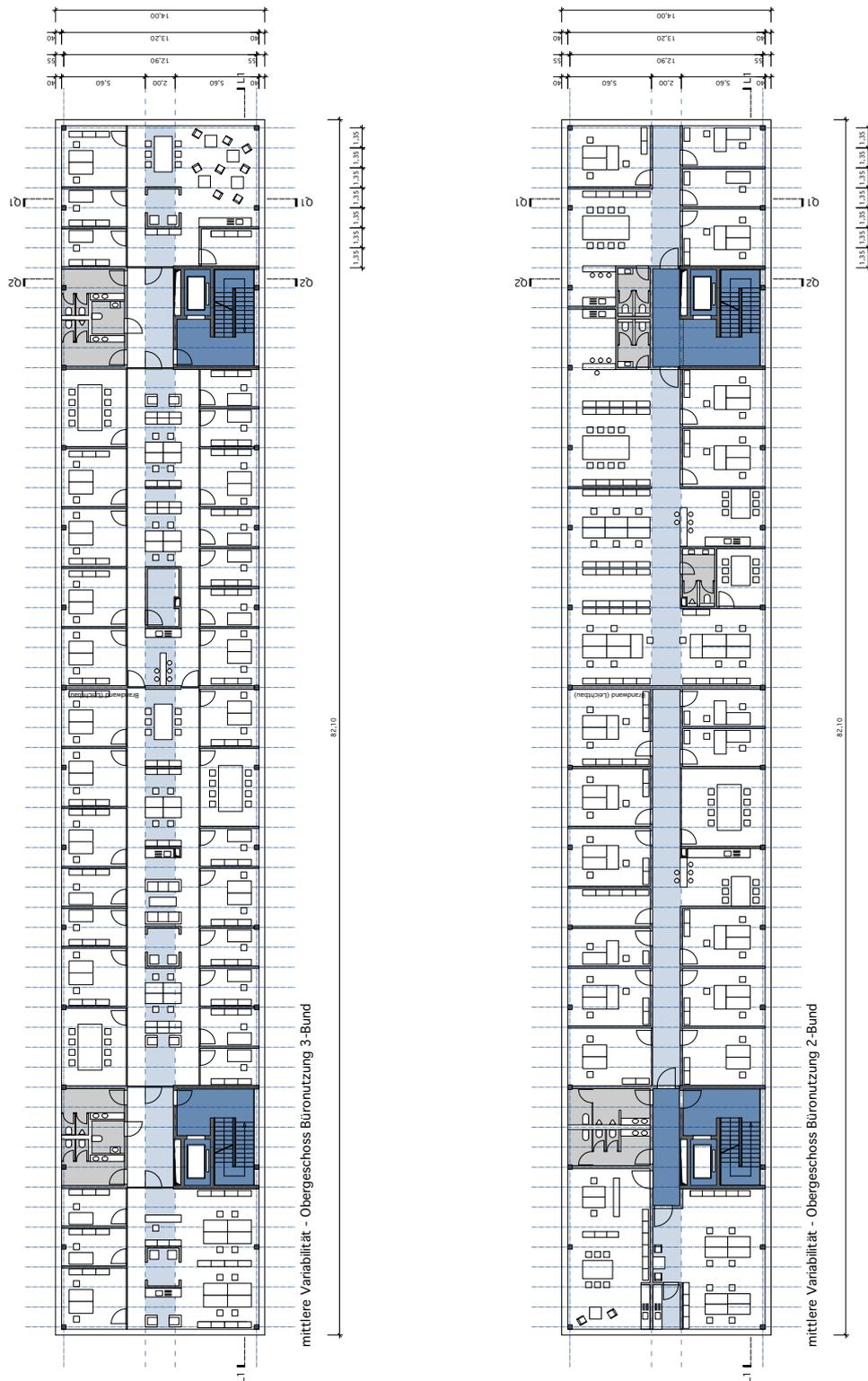


Abbildung B-12: Grundrisse Regelgeschosse Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität für eine Büronutzung

Figure B-12: Floor plans standard floor of the reference building with medium variability for an office use

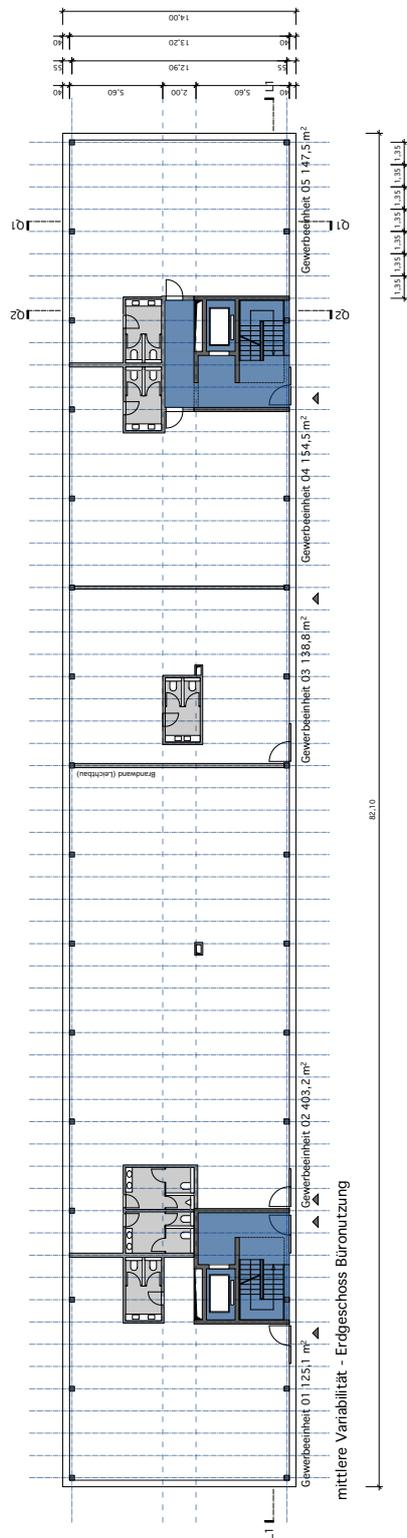


Abbildung B-13: Grundriss Erdgeschoss Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität für eine Büronutzung

Figure B-13: Floor plan ground floor of the reference building with medium variability for an office use

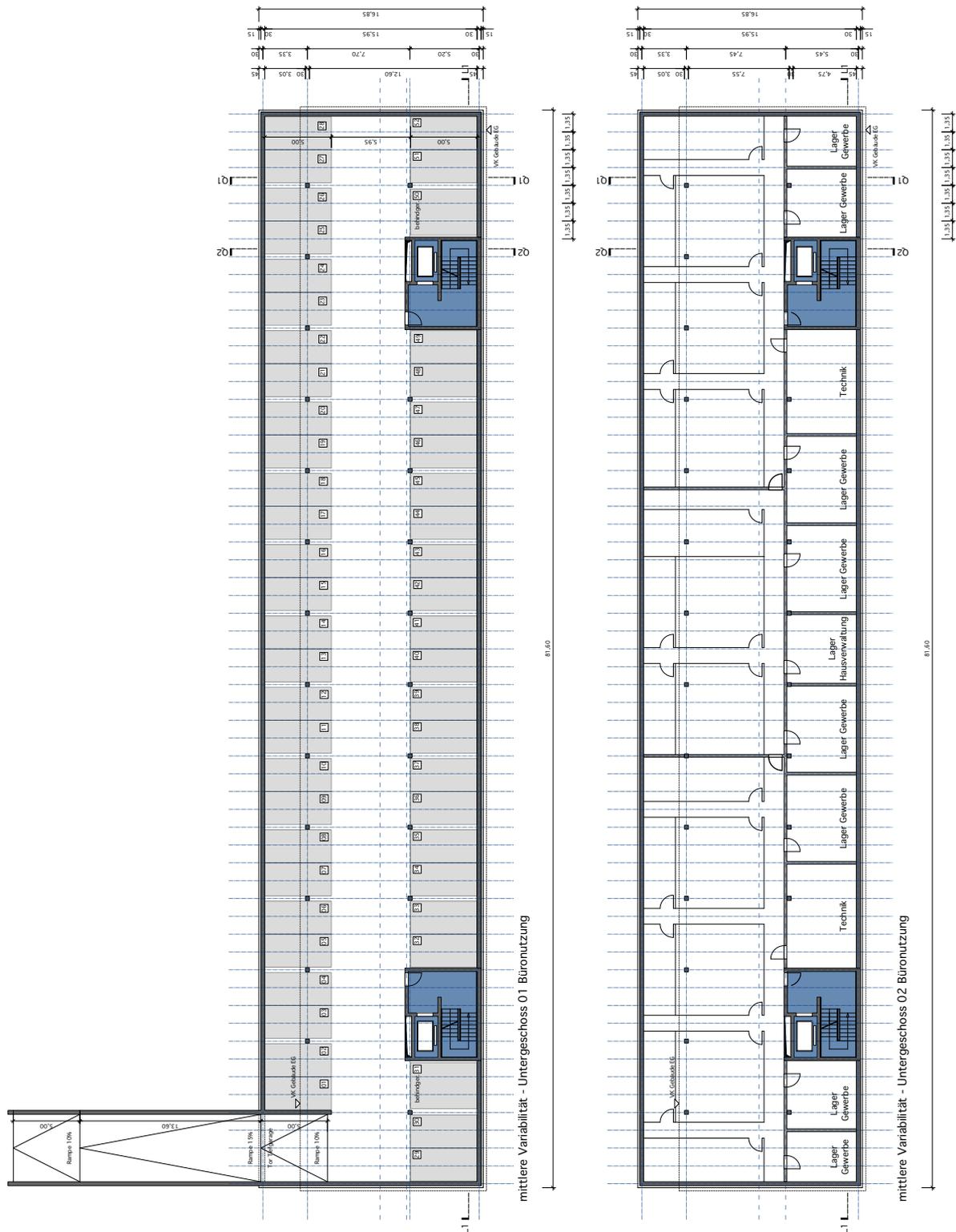


Abbildung B-14: Grundrisse Untergeschosse Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität für eine Büro-
nutzung

Figure B-14: Floor plans basement of the reference building with medium variability for an office use

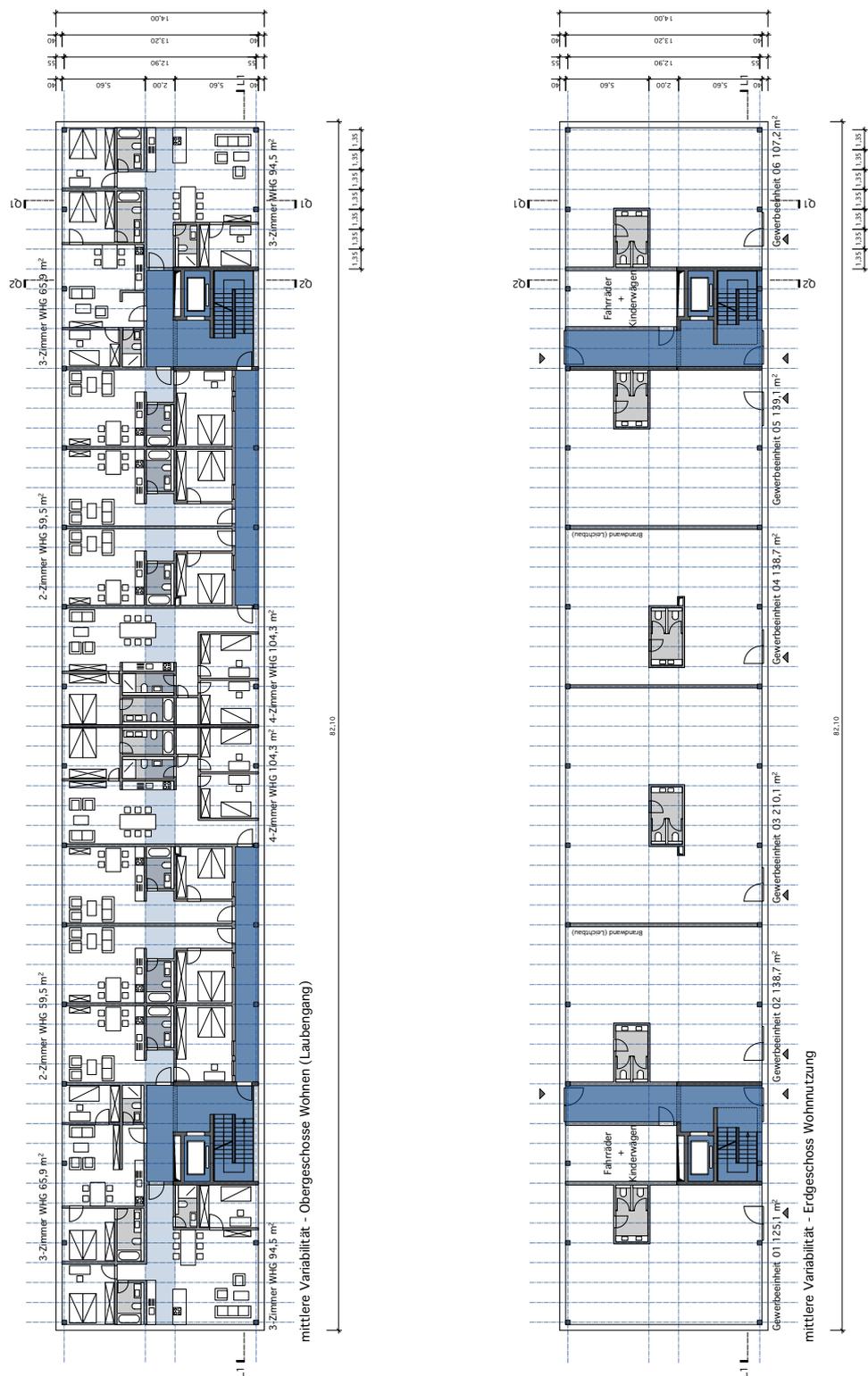


Abbildung B-15: Grundrisse Regelgeschoss und Erdgeschoss Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität für eine Wohnnutzung

Figure B-15: Floor plan standard floor and ground floor of the reference building with medium variability for a residential use

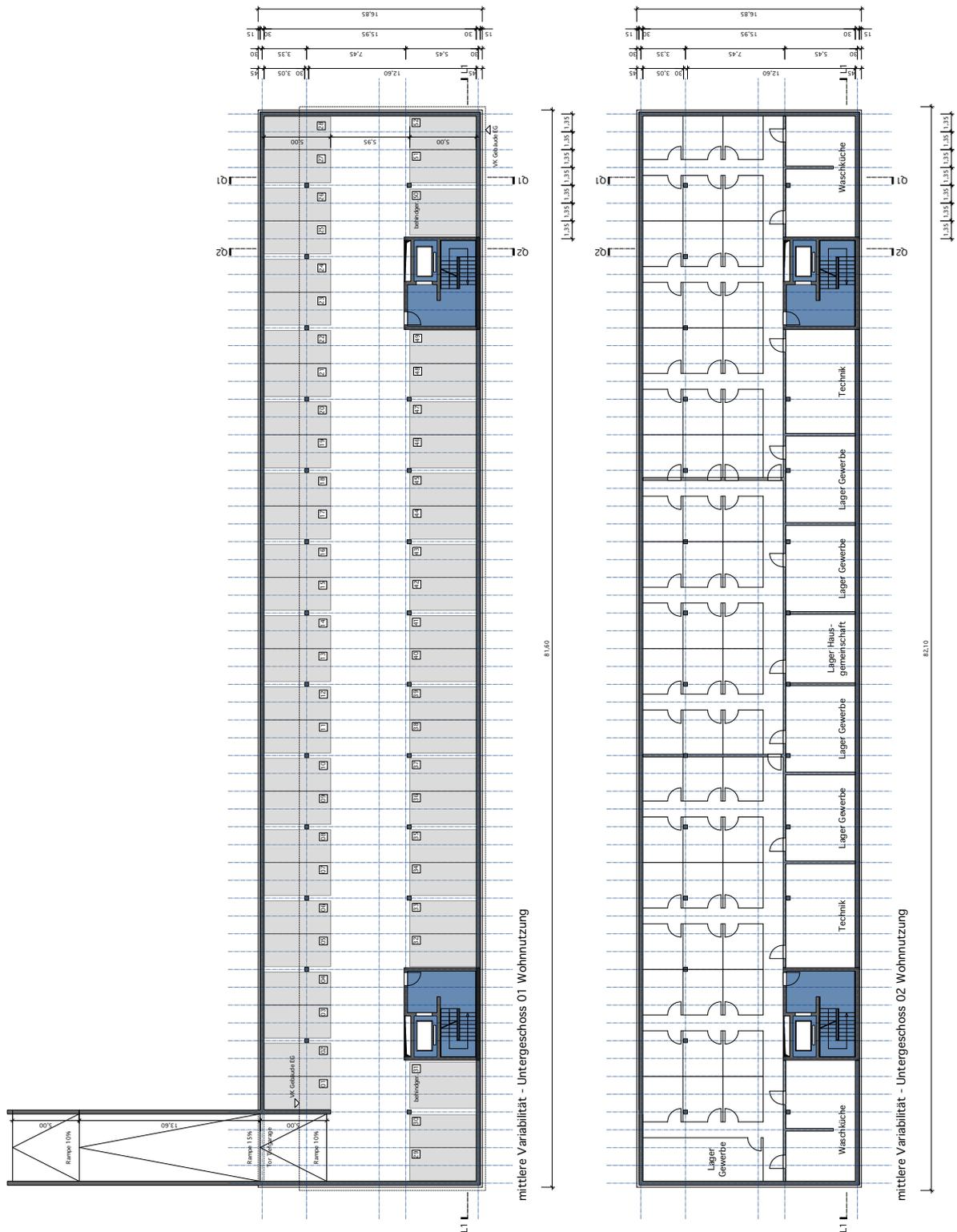


Abbildung B-16: Grundrisse Untergeschosse Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität für eine Wohnnutzung

Figure B-16: Floor plan basement of the reference building with medium variability for a residential use



Abbildung B-17: Grundrisse Regelgeschoss und Erdgeschoss Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität für eine Hotelnutzung

Figure B-17: Floor plan standard floor and ground floor of the reference building with medium variability for a hotel use

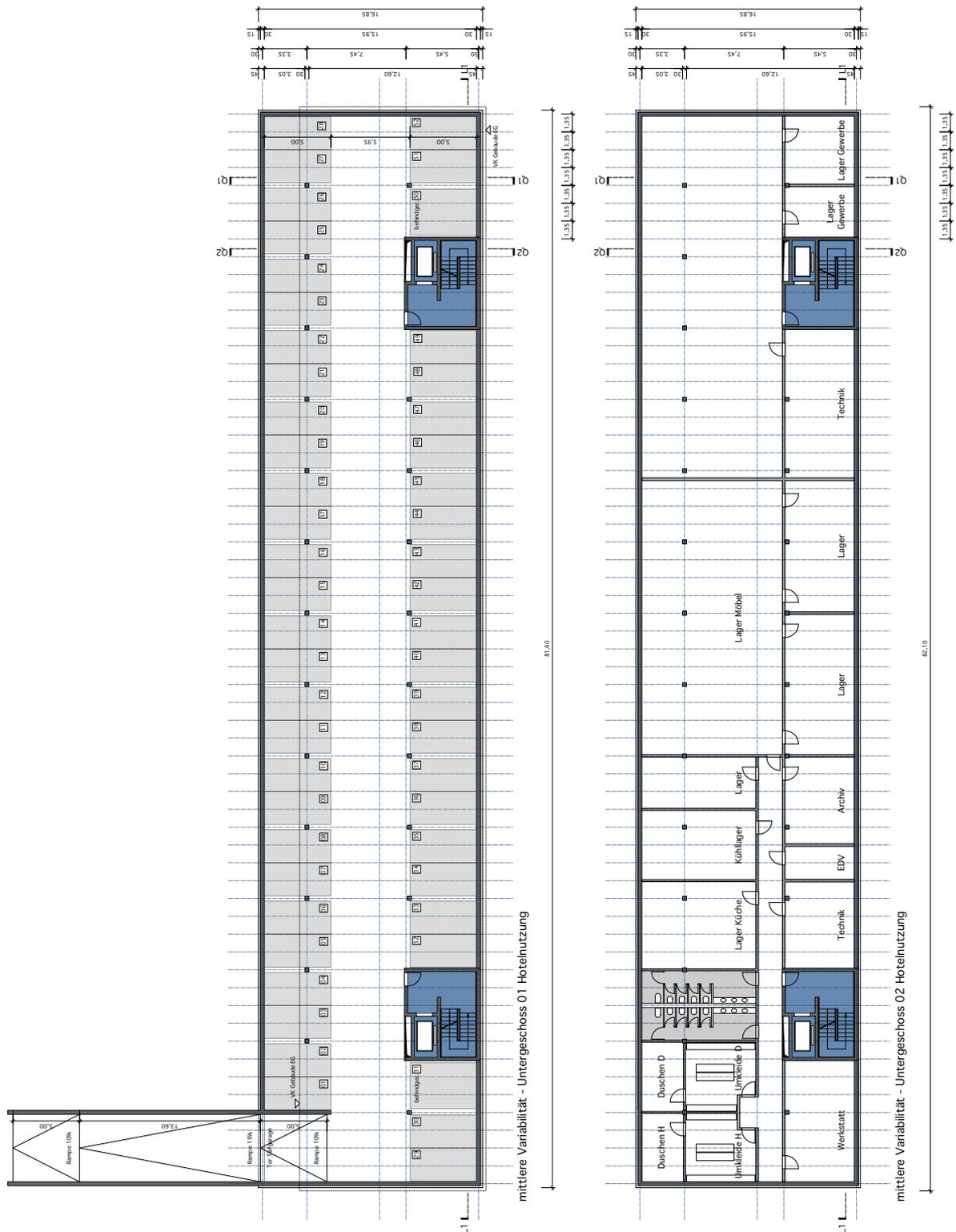


Abbildung B-18: Grundrisse Untergeschosse Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität für eine Hotelnutzung

Figure B-18: Floor plan basement of the reference building with medium variability for a hotel use

B.3 Referenzgebäude mit hoher Variabilität in Schnitt und Grundriss

Reference building with high variability as sections and floor plans

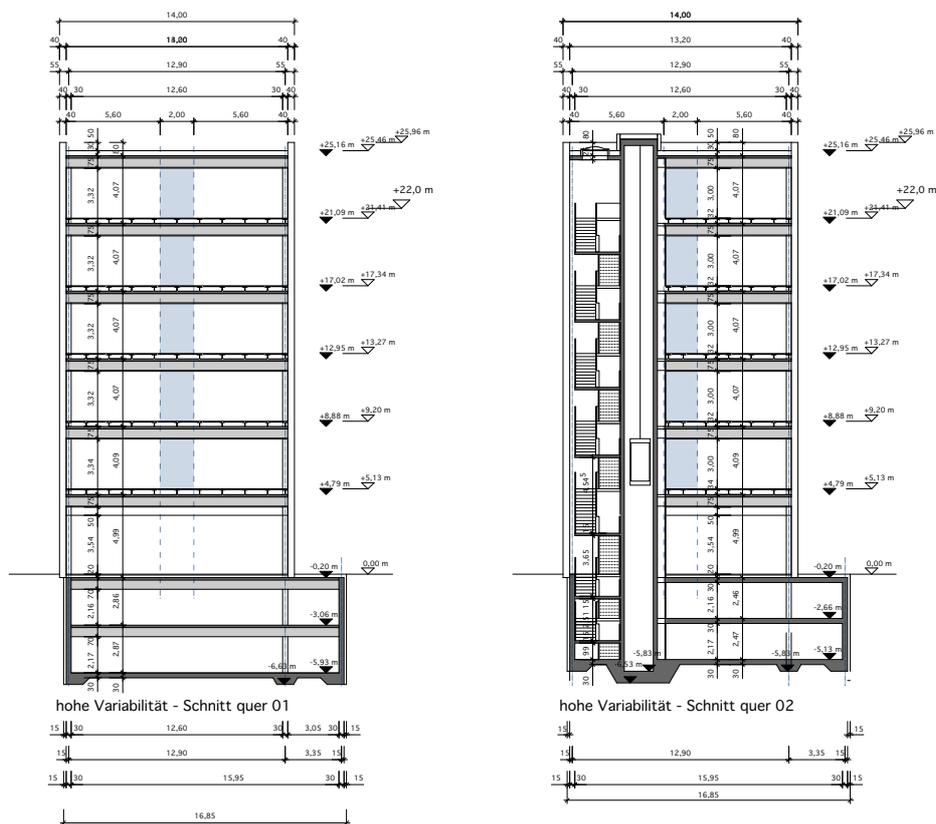


Abbildung B-19: Schnitte quer Referenzgebäude mit hoher Variabilität
Figure B-19: Cross sections of the reference building with high variability

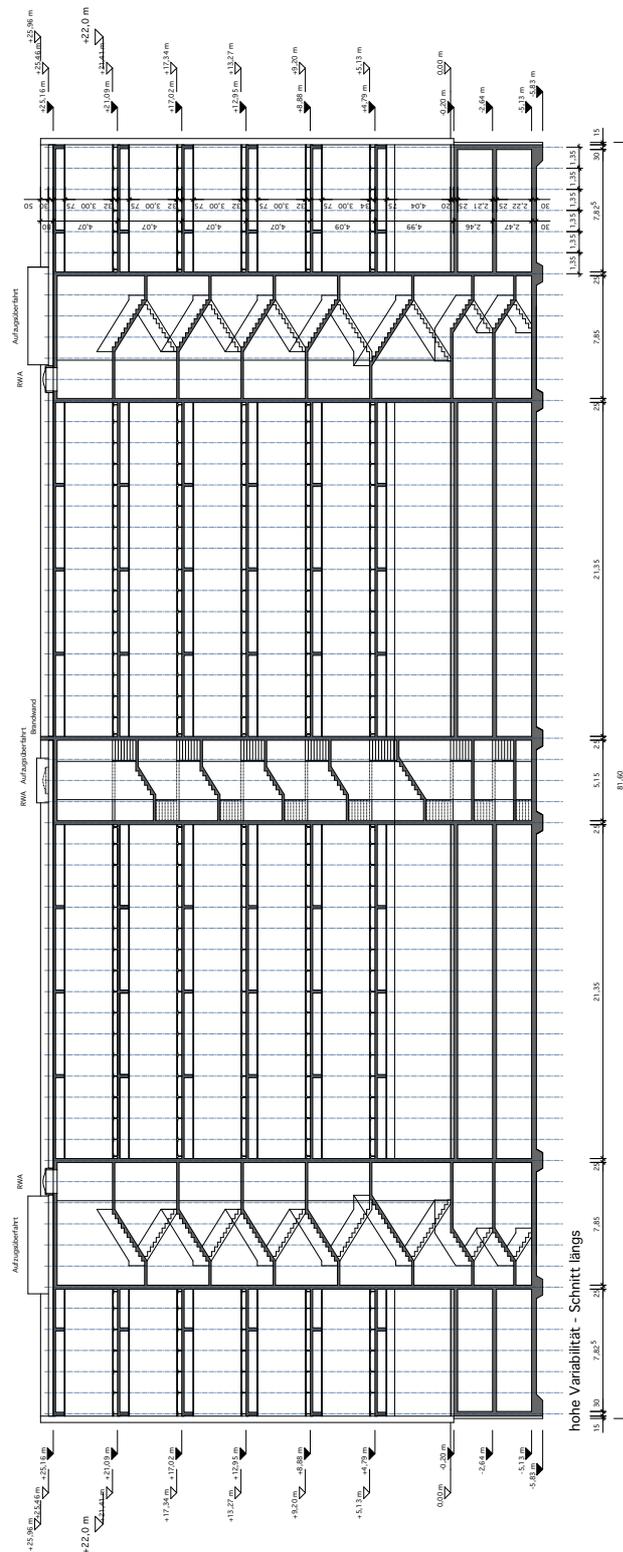


Abbildung B-20: Schnitt längs Referenzgebäude mit hoher Variabilität

Figure B-20: Section longitudinal of the reference building with high variability



Abbildung B-21: Grundrisse Regelgeschosse Referenzgebäude mit hoher Variabilität für eine Büronutzung

Figure B-21: Floor plans standard floor of the reference building with high variability for an office use

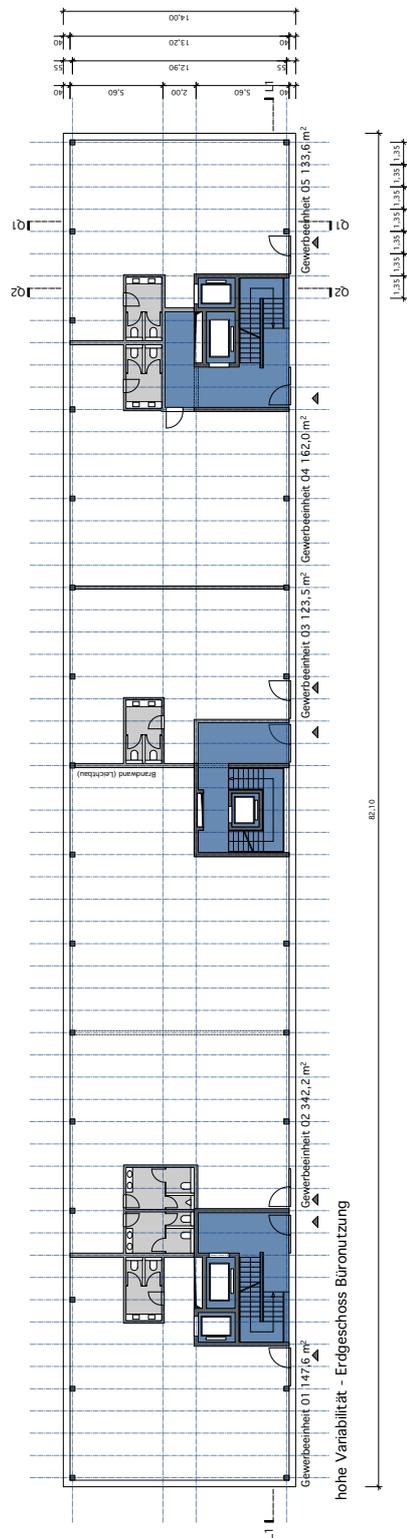


Abbildung B-22: Grundriss Erdgeschoss Referenzgebäude mit hoher Variabilität für eine Büronutzung
Figure B-22: Floor plan ground floor of the reference building with high variability for an office use



Abbildung B-23: Grundrisse Untergeschosse Referenzgebäude mit hoher Variabilität für eine Büro-
nutzung

Figure B-23: Floor plans basement of the reference building with high variability for an office use



Abbildung B-24: Grundrisse Regelgeschoss und Erdgeschoss Referenzgebäude mit hoher Variabilität für eine Wohnnutzung

Figure B-24: Floor plan standard floor and ground floor of the reference building with high variability for a residential use

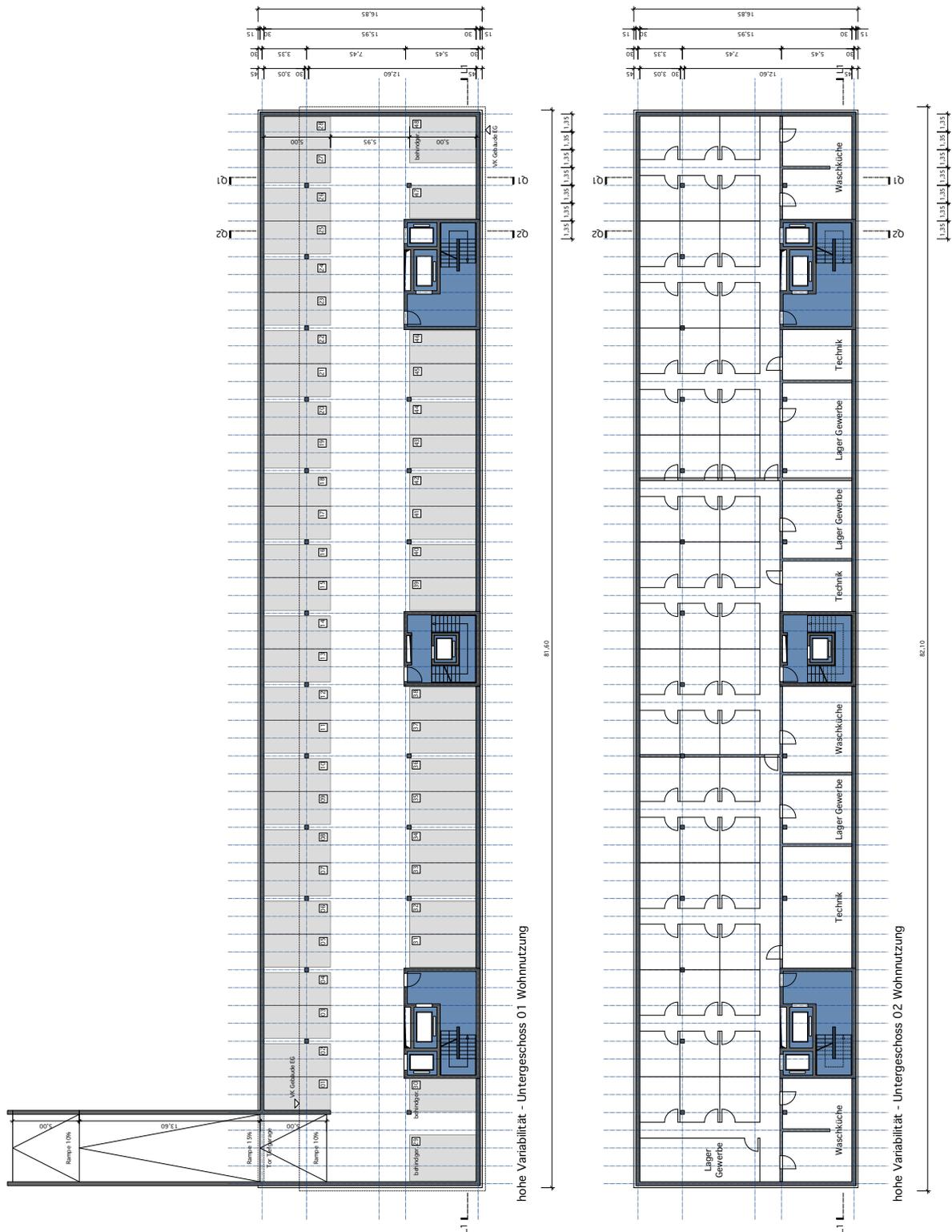


Abbildung B-25: Grundrisse Untergeschosse Referenzgebäude mit hoher Variabilität für eine Wohnnutzung

Figure B-25: Floor plan basement of the reference building with high variability for a residential use



Abbildung B-26: Grundrisse Regelgeschoss und Erdgeschoss Referenzgebäude mit hoher Variabilität für eine Hotelnutzung

Figure B-26: Floor plan standard floor and ground floor of the reference building with high variability for a hotel use



Abbildung B-27: Grundrisse Untergeschosse Referenzgebäude mit hoher Variabilität für eine Hotelnutzung

Figure B-27: Floor plan basement of the reference building with high variability for a hotel use

Anhang C zu Kapitel 4 Annex C to Chapter 4

C.1 Nutzlastkategorien und Lastanforderungen verschiedener Nutzungsarten Imposed load categories and load requirements of different types of use

Tabelle C-1: Zuordnung der Nutzlastkategorien zu den Flächennutzungsarten nach EC1-1-1/NA [B-1]

Table C-1: Allocation of the categories of use to the specific use according to EC1-1-1/NA [B-1]

Nutzungsart	Hauptnutzung	Flur	Treppe	Besondere Bereiche
Büro	B1	B1	T1	schwere Belastung: B3
Wohnen	A2	A2	T1	
Hotel	A2	B2	T2	Lobby: C3
Café, Restaurant	C1	C3	T2	Lobby: C3
Pflegeeinrichtung	A2	B2	T2	Aufenthalt, Speisesaal: C1
Kindergarten	C1	C3	T2	
Arztpraxis	B1/B3	B1/B3	T1/T2	Wartezimmer: C2
Verkauf	D1/D2/D3		T2	
Sportcenter	C4	C4	T2	
Versammlungsfläche	C5	C5	T2	
Bars	C6	C6	T2	
Lager	E2		T2	
Parken	F1		T2	

Tabelle C-2: Zuordnung der Nutzlasten zu den Flächennutzungsarten nach EC1-1-1/NA [B-1] mit Flächenlasten q_k in kN/m² und Einzellasten [Q_k] in kN

Table C-2: Allocation the imposed loads to the categories of use by EC1-1-1/NA [B-1] with distributed load q_k in kN/m² und single loads (Q_k) in kN

Nutzungsart	Hauptnutzung	Flur	Treppe	Besondere Bereiche
Büro	2 (2)	2 (2)	3 (2)	
Büro mit schwerem Gerät	5 (4)	5 (4)	5 (2)	
Wohnen	1,5	1,5	3 (2)	
Hotel	1,5	3 (3)	5 (2)	Lobby: 5 (4)
Cafe, Restaurant	3 (4)	5 (4)	5 (2)	Lobby: 5 (4)
Pflegeeinrichtung	1,5	3 (3)	5 (2)	Aufenthalt, Speisesaal: 3 (4)
Kindergarten	3 (4)	5 (4)	5 (2)	
Arztpraxis	2 (2)	2 (2)	3 (2)	Wartezimmer: 4 (4)
Arztpraxis mit schwerem Gerät	5 (4)	5 (4)	5 (2)	Wartezimmer: 4 (4)
Verkauf < 50 m ²	2 (2)		5 (2)	
Verkauf ≥ 50 m ²	5 (4)		5 (2)	
Verkauf mit schweren Einzellasten	5 (7)		5 (2)	
Sportcenter	5 (7)	5 (7)	5 (2)	
Versammlungsfläche	5 (4)	5 (4)	5 (2)	
Bars	7,5 (10)	7,5 (10)	5 (2)	
Lager	6 (7)		5 (2)	
Parken	3 (2·10)		5 (2)	

C.2 Ausführliche Ökobilanzdaten von Brandschutzprodukten und Hilfskonstruktionen

Detailed LCA data of fire protection products and auxiliary building materials

Tabelle C-3: Ökologische Indikatoren von Brandschutzprodukten für Stahlkonstruktionen je kg Materialgewicht

Table C-3: Ecological indicators of fire protection products for steel structures per kg material weight

Material	ökologische Indikatoren							Quelle
	GWP [kg CO ₂ - Äqv./kg]	ODP [kg CFC11- Äqv./kg]	AP [kg SO ₂ - Äqv./kg]	EP [kg PO ₄ - Äqv./kg]	POCP [kg C ₂ H ₄ - Äqv./kg]	PE _{ne} [MJ/kg]	PE _{ges} [MJ/kg]	
Gips-Feuerschutzplatte	0,21	2,29E-11	3,56E-04	8,38E-05	3,86E-05	3,23	3,41	[B-2]
zementgebundene Brandschutzplatte	0,56	2,67E-08	1,26E-03	2,00E-04	1,02E-04	5,52	6,57	[B-3]
Steinwoll-Brandschutzpl.	1,05	3,15E-08	7,02E-03	1,20E-03	4,01E-04	12,38	13,81	[B-4]
Gipsputz	0,14	2,29E-11	2,04E-04	2,65E-05	2,09E-05	2,12	2,33	[B-5]
Zement-Spritzputz	0,42	7,14E-11	7,87E-04	1,58E-04	2,31E-05	3,38	3,86	[B-6]
dämmschichtbildender Anstrich	2,51	1,60E-07	1,28E-02	5,51E-03	1,14E-03	53,92	54,97	[B-7]

Tabelle C-4: Ökologische Indikatoren von Hilfsbaustoffen für Brandschutzprodukte je kg Materialgewicht

Table C-4: Ecological indicators of auxiliary building materials for fire protection products per kg material weight

Material	ökologische Indikatoren							Quelle
	GWP [kg CO ₂ - Äqv./kg]	ODP [kg CFC11- Äqv./kg]	AP [kg SO ₂ - Äqv./kg]	EP [kg PO ₄ - Äqv./kg]	POCP [kg C ₂ H ₄ - Äqv./kg]	PE _{ne} [MJ/kg]	PE _{ges} [MJ/kg]	
Stahlfeinblech verzinkt	0,79	3,16E-11	2,67E-03	2,71E-04	1,94E-03	13,0	14,2	[B-8]
Aluminiumblech	2,26	7,64E-10	8,20E-03	5,75E-04	5,18E-04	32,0	39,4	[B-8]
Haftvermittler	2,40	5,50E-10	2,42E-02	7,46E-04	2,96E-02	49,4	52,1	[B-9]
Zement	692	1,50E-05	8,30E-01	1,20E-01	1,00E-01	3612	4260	[B-10]

C.3 Aufbau und Materialbedarf der untersuchten Brandschutzmaßnahmen

Structure and material demand of the investigated fire protections

Tabelle C-5: Übersicht der untersuchten Brandschutzsysteme mit Bekleidungs-dicken oder Materialbedarf in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse

Table C-5: Overview of the investigated fire protection systems with layer thicknesses or material demand depending on the fire resistance class

Verkleidung	Farb-codierung	Brandschutzmaßnahmen		Bekleidungs-dicken oder Materialbedarf in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse			Mehrverbrauch, Verschnitt, Verlust
				F30/R30	F60/R60	F90/R90	
Kastenförmig		Gips-Feuerschutzplatten	Platten	12,5 mm	22 mm	30 mm	10 %
			Stahlfeiblech	1,92 kg/m			-
			Alu-Eckprofil	0,112 kg/m			-
		Zement-Brandschutzplatte	10 mm	15 mm	25 mm	10 %	
		Steinwoll-Brandschutzplatte	25 mm	25 mm	25 mm	10 %	
		Spritzputz Gips	Putz *	15 mm	15 mm	25 mm	20 %
Putzträger			0,85 kg/m ²				
Profilfolgend		Spritzputz Zement	Putz	10 mm	15 mm	20 mm	20 %
			Zement	0,5 kg/m			-
			Haftvermittler	0,27 kg/m			-
		dämmschichtbildender Anstrich	0,51 kg/m ²	1,50 kg/m ²	3,70 kg/m ²	5 %	
-		IPE550 mit Kammerbeton	Betonstahl	4,75 kg/m	4,75 kg/m	11,1 kg/m	-
			Beton	245 kg/m			
		IPE500 mit Kammerbeton	Betonstahl	4,7 kg/m	4,7 kg/m	10,0 kg/m	
			Beton	212 kg/m			
			Profilstahl	-14,1 kg/m			

* (inkl. 10 mm Durchdringung des Putzträgers)

C.4 Literaturverzeichnis Anhang B Bibliography Annex B

- [B-1] DIN EN 1991-1-1 (NA, NA/A1): Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau. Dez. 2010.
- [B-2] Bundesverband der Gipsindustrie e.V.: Gipsplatte - Feuerschutz. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-BVG-20140076-IAG1-DE, gültig bis: 19.08.2019. Institut Bauen und Umwelt e.V., Berlin, Aug. 2014.
- [B-3] Fermacell GmbH: AESTUVER und AESTUVER T Brandschutzplatte. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-FMC-2012111-D, Gültig bis: 07.06.2017. Institut Bauen und Umwelt e.V., Düsseldorf, Juni. 2012.
- [B-4] Deutsche ROCKWOOL Mineralwoll GmbH & Co. OHG: Steinwolle-Dämmstoffe im hohen Rohdichtebereich. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-DRW-20120113-IBC2-DE, Gültig bis: 17.12.2017. Institut Bauen und Umwelt e.V., Gladbeck, Dez. 2012.
- [B-5] Bundesverband der Gipsindustrie e.V.: Gipsputz. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-BVG-20140073-IAG1-DE, gültig bis: 12.11.2019. Institut Bauen und Umwelt e.V., Berlin, Nov. 2014.
- [B-6] Industrieverband WerkMörtel e.V. (IWM): Mineralische Werkmörtel: Putzmörtel-Leichtputz. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-IWM-20130244-IBG1-DE, gültig bis: 06.02.2019. Institut Bauen und Umwelt e.V., Duisburg, Feb. 2014.
- [B-7] Rudolf Hensel GmbH: HENSOTHERM® 410 KS, HENSOTHERM® 420 KS. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-RHG-20140057-IAA1-DE, gültig bis: 22.06.2019. IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V., Börsen, Juni. 2014.
- [B-8] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Ökobaudat - Informationsportal nachhaltiges Bauen. <http://www.oekobaudat.de/>, letzter Zugriff: 18. Mai. 2016.
- [B-9] Deutsche Bauchemie e.V. (DBC), Industrieverband Klebstoffe e.V. (IVK), Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie e.V. (VdL): Dispersionsbasierte Grundierungen und Haftvermittler der Klasse a für Beton und Estriche. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-DIV-20140090-IBG1-DE, gültig bis: 03.04.2019. Institut Bauen und Umwelt e.V., Berlin, Apr. 2014.
- [B-10] Verein Deutscher Zementwerke e.V.: Zement. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-VDZ-20120001-IAG1-DE, gültig bis: 15.03.2017. Institut Bauen und Umwelt e.V., Düsseldorf, März. 2012.

Anhang D zu Kapitel 5 und Kapitel 6 Annex D to Chapter 5 and Chapter 6

D.1 Risikobewertung Risk evaluation

D.1.1 Voruntersuchung zur Modellierung unsicherer Eingangsgrößen Preliminary investigation for the modeling of uncertain input variables

Tabelle D-1: Voruntersuchung Verteilungsfunktion – Rechteckverteilung

Table D-1: Preliminary Investigation of Distribution Function – Rectangular Distribution

Rechteckverteilung		Modellierung mit: MIN- / MAX- Werten											
KG	Bestandteil	Bezug Pos.	Position	Einheit	Menge	Kostenanteil je Einheit KG	Kostenkennwerte nach BKI				Eingabe Verteilung	Ergebnis (Instanz)	
							min	von	Mittel	bis			max
322	Gründung, Fundamente	013-012	Fundament, Ortbeton, bewehrt, Schalung	m3	100	0,10	95,91	208,44	239,68	297,29	465,37	280,64	28,06
333	A außenstützen	013-055	Stütze, Stahlbeton C25/30	m3	100	0,10	123,39	182,78	207,62	380,43	787,23	455,31	45,53
335	Fassade	014-006	Wandbekleidungen außen, Granit/Basalt	m2	100	0,10	83,74	185,85	235,13	332,17	472,85	278,30	27,83
342	Trennwand	039-042	Montagewand, Metall, 100mm, GKF	m2	100	0,10	36,89	55,78	62,66	75,27	108,72	72,81	7,28
343	Innenstütze	013-054	Stütze, rechteckig, Sichtbeton, Schalung	m	100	0,10	36,26	108,15	124,93	175,35	282,82	159,54	15,95
351	Zwischendecke	013-082	Elementdecke, 22cm, inkl. A urbeton	m2	100	0,10	37,60	57,56	63,89	80,29	111,55	74,58	7,46
361	Dachstuhl	025-033	Estrich, schwimmend, CT C25 F4 S65 H45	m2	100	0,10	12,25	17,91	20,06	36,96	72,55	42,40	4,24
361	Dämmung	016-006	Konstruktionsvollholz KVH®, MH®, Nadelholz	m3	100	0,10	300,30	430,88	475,63	635,29	1.233,80	712,05	71,21
361	Dämmung	020-010	Zwischensparrendämmung WF 040, 200mm	m2	100	0,10	29,30	32,79	34,88	36,97	38,71	34,01	3,40
363	Dachbekleidung	017-010	Dachdeckung, Trapezblech, Stahl	m2	100	0,10	16,05	29,41	35,34	45,56	67,33	41,69	4,17
							Gesamtkostenverteilung (Erwartungswert)				2.151,31	215,13	

Rechteckverteilung		Modellierung mit: VON- / BIS- Werten											
KG	Bestandteil	Bezug Pos.	Position	Einheit	Menge	Kostenanteil je Einheit KG	Kostenkennwerte nach BKI				Eingabe Verteilung	Ergebnis (Instanz)	
							min	von	Mittel	bis			max
322	Gründung, Fundamente	013-012	Fundament, Ortbeton, bewehrt, Schalung	m3	100	0,10	95,91	208,44	239,68	297,29	465,37	252,87	25,29
333	A außenstützen	013-055	Stütze, Stahlbeton C25/30	m3	100	0,10	123,39	182,78	207,62	380,43	787,23	455,31	45,53
335	Fassade	014-006	Wandbekleidungen außen, Granit/Basalt	m2	100	0,10	83,74	185,85	235,13	332,17	472,85	278,30	27,83
342	Trennwand	039-042	Montagewand, Metall, 100mm, GKF	m2	100	0,10	36,89	55,78	62,66	75,27	108,72	72,81	7,28
343	Innenstütze	013-054	Stütze, rechteckig, Sichtbeton, Schalung	m	100	0,10	36,26	108,15	124,93	175,35	282,82	159,54	15,95
351	Zwischendecke	013-082	Elementdecke, 22cm, inkl. A urbeton	m2	100	0,10	37,60	57,56	63,89	80,29	111,55	74,58	7,46
361	Dachstuhl	025-033	Estrich, schwimmend, CT C25 F4 S65 H45	m2	100	0,10	12,25	17,91	20,06	36,96	72,55	42,40	4,24
361	Dämmung	016-006	Konstruktionsvollholz KVH®, MH®, Nadelholz	m3	100	0,10	300,30	430,88	475,63	635,29	1.233,80	712,05	71,21
361	Dämmung	020-010	Zwischensparrendämmung WF 040, 200mm	m2	100	0,10	29,30	32,79	34,88	36,97	38,71	34,01	3,40
363	Dachbekleidung	017-010	Dachdeckung, Trapezblech, Stahl	m2	100	0,10	16,05	29,41	35,34	45,56	67,33	41,69	4,17
							Gesamtkostenverteilung (Erwartungswert)				2.123,54	212,35	

Tabelle D-2: Voruntersuchung Verteilungsfunktion – Dreiecksverteilung

Table D-2: Preliminary Investigation of Distribution Function – Triangular Distribution

Dreiecksverteilung		Modellierung mit: MIN- / MAX- Werten											
KG	Bestandteil	Bezug Pos.	Position	Einheit	Menge	Kostenanteil je Einheit KG	Kostenkennwerte nach BKI					Eingabe Verteilung	Ergebnis (Instanz)
							min	von	Mittel	bis	max		
322	Gründung, Fundamente	03-012	Fundament, Ortbeton, bewehrt, Schalung	m3	100	0,10	95,91	208,44	239,68	297,29	465,37	266,99	26,70
333	Außenstützen	03-055	Stütze, Stahlbeton C25/30	m3	100	0,10	23,39	12,78	207,62	380,43	787,23	372,75	37,27
335	Fassade	04-006	Wandbekleidungen außen, Granit/Basalt	m2	100	0,10	83,74	125,85	235,13	332,17	472,85	263,91	26,39
342	Trennwand	039-042	Montagewand, Metall, 100mm, GKF	m2	100	0,10	36,89	55,78	62,66	75,27	108,72	69,42	6,94
343	Innenstütze	03-054	Stütze, rechteckig, Sichtbeton, Schalung	m	100	0,10	36,26	108,15	124,93	175,35	282,82	148,00	14,80
351	Zwischendecke	03-082	Elementdecke, 22cm, inkl. Aufbeton	m2	100	0,10	37,60	57,56	63,89	80,29	111,55	71,01	7,10
352	Estrich	025-033	Estrich, schwimmend, CT C25 F4 S65 H45	m2	100	0,10	12,25	17,91	20,06	36,96	72,55	34,95	3,50
361	Dachstuhl	016-006	Konstruktionsvollholz KVH®, MH®, Nadelholz	m3	100	0,10	300,30	430,88	475,63	635,29	1.123,80	633,24	63,32
361	Dämmung	020-010	Zwischensparrendämmung WF 040, 200mm	m2	100	0,10	29,30	32,79	34,88	36,97	38,71	34,30	3,43
363	Dachbekleidung	017-010	Dachdeckung, Trapezblech, Stahl	m2	100	0,10	16,05	29,41	35,34	45,56	67,33	39,57	3,96
							Gesamtkostenverteilung (Erwartungswert)					1.934,15	193,41

Dreiecksverteilung		Modellierung mit: VON- / BIS- Werten											
KG	Bestandteil	Bezug Pos.	Position	Einheit	Menge	Kostenanteil je Einheit KG	Kostenkennwerte nach BKI					Eingabe Verteilung	Ergebnis (Instanz)
							min	von	Mittel	bis	max		
322	Gründung, Fundamente	03-012	Fundament, Ortbeton, bewehrt, Schalung	m3	100	0,10	95,91	208,44	239,68	297,29	465,37	248,47	24,85
333	Außenstützen	03-055	Stütze, Stahlbeton C25/30	m3	100	0,10	23,39	12,78	207,62	380,43	787,23	372,75	37,27
335	Fassade	04-006	Wandbekleidungen außen, Granit/Basalt	m2	100	0,10	83,74	125,85	235,13	332,17	472,85	263,91	26,39
342	Trennwand	039-042	Montagewand, Metall, 100mm, GKF	m2	100	0,10	36,89	55,78	62,66	75,27	108,72	69,42	6,94
343	Innenstütze	03-054	Stütze, rechteckig, Sichtbeton, Schalung	m	100	0,10	36,26	108,15	124,93	175,35	282,82	148,00	14,80
351	Zwischendecke	03-082	Elementdecke, 22cm, inkl. Aufbeton	m2	100	0,10	37,60	57,56	63,89	80,29	111,55	71,01	7,10
352	Estrich	025-033	Estrich, schwimmend, CT C25 F4 S65 H45	m2	100	0,10	12,25	17,91	20,06	36,96	72,55	34,95	3,50
361	Dachstuhl	016-006	Konstruktionsvollholz KVH®, MH®, Nadelholz	m3	100	0,10	300,30	430,88	475,63	635,29	1.123,80	633,24	63,32
361	Dämmung	020-010	Zwischensparrendämmung WF 040, 200mm	m2	100	0,10	29,30	32,79	34,88	36,97	38,71	34,30	3,43
363	Dachbekleidung	017-010	Dachdeckung, Trapezblech, Stahl	m2	100	0,10	16,05	29,41	35,34	45,56	67,33	39,57	3,96
							Gesamtkostenverteilung (Erwartungswert)					1.915,63	191,56

Tabelle D-3: Voruntersuchung Verteilungsfunktion – Pertverteilung
Table D-3: Preliminary Investigation of Distribution Function – Pert Distribution

Pertverteilung		Modellierung mit: MIN- / MAX- Werten											
KG	Bestandteil	Bezug Pos.	Position	Einheit	Menge	Kostenanteil je Einheit KG	Kostenkennwerte nach BKI			Eingabe Verteilung	Ergebnis (Instanz)		
							min	von	Mittel	bis	max		
322	Gründung, Fundamente	03-012	Fundament, Ortbeton, bewehrt, Schalung	m3	100	0,10	95,91	208,44	239,68	297,29	465,37	253,33	25,33
333	Außenstützen	03-055	Stütze, Stahlbeton C25/30	m3	100	0,10	123,39	182,78	207,62	380,43	787,23	290,18	29,02
335	Fassade	04-006	Wandbekleidungen außen, Granit/Basalt	m2	100	0,10	83,74	185,85	235,13	332,17	472,85	249,52	24,95
342	Trennwand	039-042	Montagewand, Metall, 100mm, GKF	m2	100	0,10	36,89	55,78	62,66	75,27	108,72	66,04	6,60
343	Innenstütze	03-054	Stütze, rechteckig, Sichtbeton, Schalung	m	100	0,10	36,26	108,15	124,93	175,35	282,82	136,47	13,65
351	Zwischendecke	03-082	Elementdecke, 22cm, inkl. Aufbeton	m2	100	0,10	37,60	57,56	63,89	80,29	111,55	67,45	6,75
352	Estrich	025-033	Estrich, schwimmend, CT C25 F4 S65 H45	m2	100	0,10	12,25	17,91	20,06	36,96	72,55	27,51	2,75
361	Dachstuhl	016-006	Konstruktionsvollholz KVH®, MH®, Nadelholz	m3	100	0,10	300,30	430,88	475,63	635,29	1.238,0	554,44	55,44
361	Dämmung	020-010	Zwischensparrendämmung, WF 040, 200mm	m2	100	0,10	29,30	32,79	34,88	36,97	38,71	34,59	3,46
363	Dachbekleidung	017-010	Dachdeckung, Trapezblech, Stahl	m2	100	0,10	16,05	29,41	35,34	45,56	67,33	37,46	3,75
Gesamtkostenverteilung (Erwartungswert)												1.716,98	171,70
Pertverteilung		Modellierung mit: VON- / BIS- Werten											
KG	Bestandteil	Bezug Pos.	Position	Einheit	Menge	Kostenanteil je Einheit KG	min	von	Mittel	bis	max	Eingabe Verteilung	Ergebnis (Instanz)
322	Gründung, Fundamente	03-012	Fundament, Ortbeton, bewehrt, Schalung	m3	100	0,10	95,91	208,44	239,68	297,29	465,37	244,08	24,41
333	Außenstützen	03-055	Stütze, Stahlbeton C25/30	m3	100	0,10	123,39	182,78	207,62	380,43	787,23	290,18	29,02
335	Fassade	04-006	Wandbekleidungen außen, Granit/Basalt	m2	100	0,10	83,74	185,85	235,13	332,17	472,85	249,52	24,95
342	Trennwand	039-042	Montagewand, Metall, 100mm, GKF	m2	100	0,10	36,89	55,78	62,66	75,27	108,72	66,04	6,60
343	Innenstütze	03-054	Stütze, rechteckig, Sichtbeton, Schalung	m	100	0,10	36,26	108,15	124,93	175,35	282,82	136,47	13,65
351	Zwischendecke	03-082	Elementdecke, 22cm, inkl. Aufbeton	m2	100	0,10	37,60	57,56	63,89	80,29	111,55	67,45	6,75
352	Estrich	025-033	Estrich, schwimmend, CT C25 F4 S65 H45	m2	100	0,10	12,25	17,91	20,06	36,96	72,55	27,51	2,75
361	Dachstuhl	016-006	Konstruktionsvollholz KVH®, MH®, Nadelholz	m3	100	0,10	300,30	430,88	475,63	635,29	1.238,0	554,44	55,44
361	Dämmung	020-010	Zwischensparrendämmung, WF 040, 200mm	m2	100	0,10	29,30	32,79	34,88	36,97	38,71	34,59	3,46
363	Dachbekleidung	017-010	Dachdeckung, Trapezblech, Stahl	m2	100	0,10	16,05	29,41	35,34	45,56	67,33	37,46	3,75
Gesamtkostenverteilung (Erwartungswert)												1.707,73	170,77

Tabelle D-4: Voruntersuchung Verteilungsfunktion – Betaverteilung

Table D-4: Preliminary Investigation of Distribution Function – Beta Distribution

Betaverteilung		Modellierung mit: MIN- / MAX- Werten											
KG	Bestandteil	Bezug Pos.	Position	Einheit	Menge	Kostenanteil je Einheit KG	Kostenkennwerte nach BKI				Eingabe Verteilung	Ergebnis (Instanz)	
							min	von	Mittel	bis	max		
322	Gründung, Fundamente	03-012	Fundament, Ortbeton, bewehrt, Schalung	m3	100	0,10	95,91	208,44	239,68	297,29	465,37	280,64	28,06
333	Außenstützen	03-055	Stütze, Stahlbeton C25/30	m3	100	0,10	23,39	182,78	207,62	380,43	787,23	455,31	45,53
335	Fassade	04-006	Wandbekleidungen außen, Granit/Basalt	m2	100	0,10	83,74	185,85	235,13	332,17	472,85	278,30	27,83
342	Trennwand	039-042	Montagewand, Metall, 100mm, GKF	m2	100	0,10	36,89	55,78	62,66	75,27	108,72	72,81	7,28
343	Innenstütze	03-054	Stütze, rechteckig, Sichtbeton, Schalung	m	100	0,10	36,26	108,15	124,93	175,35	282,82	159,54	15,95
351	Zwischendecke	03-082	Elementdecke, 22cm, inkl. Aufbeton	m2	100	0,10	37,60	57,56	63,89	80,29	111,55	74,58	7,46
352	Estrich	025-033	Estrich, schwimmend, CT C25 F4 S65 H45	m2	100	0,10	12,25	17,91	20,06	36,96	72,55	42,40	4,24
361	Dachstuhl	016-006	Konstruktionsvollholz KVH®, MH®, Nadelholz	m3	100	0,10	300,30	430,88	475,63	635,29	1.123,80	712,05	71,21
361	Dämmung	020-010	Zwischensparrendämmung WF 040, 200mm	m2	100	0,10	29,30	32,79	34,88	36,97	38,71	34,01	3,40
363	Dachbekleidung	017-010	Dachdeckung, Trapezblech, Stahl	m2	100	0,10	16,05	29,41	35,34	45,56	67,33	41,69	4,17
Gesamtkostenverteilung (Erwartungswert)							2.151,31						

Betaverteilung		Modellierung mit: VON- / BIS- Werten											
KG	Bestandteil	Bezug Pos.	Position	Einheit	Menge	Kostenanteil je Einheit KG	Kostenkennwerte nach BKI				Eingabe Verteilung	Ergebnis (Instanz)	
							min	von	Mittel	bis	max		
322	Gründung, Fundamente	03-012	Fundament, Ortbeton, bewehrt, Schalung	m3	100	0,10	95,91	208,44	239,68	297,29	465,37	252,87	25,29
333	Außenstützen	03-055	Stütze, Stahlbeton C25/30	m3	100	0,10	23,39	182,78	207,62	380,43	787,23	455,31	45,53
335	Fassade	04-006	Wandbekleidungen außen, Granit/Basalt	m2	100	0,10	83,74	185,85	235,13	332,17	472,85	278,30	27,83
342	Trennwand	039-042	Montagewand, Metall, 100mm, GKF	m2	100	0,10	36,89	55,78	62,66	75,27	108,72	72,81	7,28
343	Innenstütze	03-054	Stütze, rechteckig, Sichtbeton, Schalung	m	100	0,10	36,26	108,15	124,93	175,35	282,82	159,54	15,95
351	Zwischendecke	03-082	Elementdecke, 22cm, inkl. Aufbeton	m2	100	0,10	37,60	57,56	63,89	80,29	111,55	74,58	7,46
352	Estrich	025-033	Estrich, schwimmend, CT C25 F4 S65 H45	m2	100	0,10	12,25	17,91	20,06	36,96	72,55	42,40	4,24
361	Dachstuhl	016-006	Konstruktionsvollholz KVH®, MH®, Nadelholz	m3	100	0,10	300,30	430,88	475,63	635,29	1.123,80	712,05	71,21
361	Dämmung	020-010	Zwischensparrendämmung WF 040, 200mm	m2	100	0,10	29,30	32,79	34,88	36,97	38,71	34,01	3,40
363	Dachbekleidung	017-010	Dachdeckung, Trapezblech, Stahl	m2	100	0,10	16,05	29,41	35,34	45,56	67,33	41,69	4,17
Gesamtkostenverteilung (Erwartungswert)							2.123,54						

D.2 Kosten und Erlöse Costs and proceeds

D.2.1 Analytische Kalkulationen zur Ermittlung der Eingangsparameter für Verteilungsfunktionen der Leitpositionen Analytical calculations to determine the input parameters for distribution functions of the lead positions

Tabelle D-5: Kalkulation der Leitposition: Stahlstütze mit Brandschutz¹

Table D-5: Calculation of the lead position: steel prop with fire protection¹

Variabilität des Gebäudes	Deckensystem	Herstellungskosten Decken [€/m ²] mit Brandschutzsanstrich	Verwaltungs- und Vertriebskosten [%]	Selbstkosten	Wagnis und Gewinn [%]	Einheitspreis [€/m ²]	MIN (-10%)	MAX (+20%)
Gebäude hohe Variabilität	Unterzugdecke EFT IPE550 S460 mit Verbunddecke SHR51 t = 0,75 mm, Nutzlast: qk = 5 kN/m ²	134,45	12	150,58	3	155,00	140,00	185,00
Gebäude mittlere Variabilität	Kombination aus Unterzugdecke EFT IPE550 S460 mit Verbunddecke SHR51 t = 0,75 mm, Nutzlast: qk = 5 kN/m ² und Unterzugdecke EFT IPE500 S460 mit Verbunddecke SHR51 t = 0,75 mm, Nutzlast: qk = 3 kN/m ²	123,88	12	138,74	3	145,00	130,00	175,00
Gebäude geringe Variabilität	Flachdecke ZFT IFB aus HEB300 S355 mit Verbunddecke SHR51 t = 0,75 mm, Nutzlast: qk = 3 kN/m ²	125,54	12	140,60	3	145,00	130,00	175,00
Variabilität des Gebäudes	Deckensystem	Herstellungskosten Decken [€/m ²] mit Brandschutz-Einkoffierung	Verwaltungs- und Vertriebskosten [%]	Selbstkosten	Wagnis und Gewinn [%]	Einheitspreis [€/m ²]	MIN (-10%)	MAX (+20%)
Gebäude hohe Variabilität	Unterzugdecke EFT IPE550 S460 mit Verbunddecke SHR51 t = 0,75 mm, Nutzlast: qk = 5 kN/m ²	16,98	12	19,02	3	20,00	15,00	25,00
Gebäude mittlere Variabilität	Kombination aus Unterzugdecke EFT IPE550 S460 mit Verbunddecke SHR51 t = 0,75 mm, Nutzlast: qk = 5 kN/m ² und Unterzugdecke EFT IPE500 S460 mit Verbunddecke SHR51 t = 0,75 mm, Nutzlast: qk = 3 kN/m ²	16,98	12	19,02	3	20,00	15,00	25,00
Gebäude geringe Variabilität	Flachdecke ZFT IFB aus HEB300 S355 mit Verbunddecke SHR51 t = 0,75 mm, Nutzlast: qk = 3 kN/m ²	entfällt						
Variabilität des Gebäudes	Stützen	Herstellungskosten Stützen [€/m] mit Brandschutz	Verwaltungs- und Vertriebskosten [%]	Selbstkosten	Wagnis und Gewinn [%]	Einheitspreis [€/m ²]	MIN (-10%)	MAX (+20%)
Gebäude hohe Variabilität	HEA 240 S460 / HEB 260 S460 / HEM 240 S460	234,74	12	262,91	3	270,00	245,00	325,00
Gebäude mittlere Variabilität	HEA240 S355 / HEB 260 S460 / HEM 240 S460	236,56	12	264,95	3	275,00	250,00	330,00
Gebäude geringe Variabilität	HEA 200 S355 / HEB 240 S460 / HEB 220 S355 / HEM 240 S460 / HEA 160 S355 / HEB 180 S460	190,77	12	213,66	3	220,00	200,00	265,00

¹ Vgl. Drees/Paul (2015), S. 276.

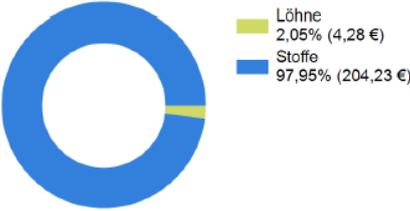
Tabelle D-6: Kalkulation der Leitposition: Fassadenfertigteilelement²

Table D-6: Calculation of the lead position: facade precast element²

Leistungsbeschreibung	Ausführungsvariante	Orientierungspreise [€/m ² , netto]		
		MIN	MITTEL	MAX
Spezielle Ausführung Betonfertigteile	Sandwichelement	191,29	208,51	230,59
Länge [m] Betonfertigteile	4,050 m			
Höhe [m] Betonfertigteile	3,500 m			
Einteilung Beton nach Bewehrung	Stahlbeton			
Einteilung Beton nach Rohdichte/Verwendung Normalbeton	Normalbeton			
Festigkeitsklasse Beton C 30/37	C 30/37			
Konsole Fertigteil	mit Konsolen			
Anforderung geschalte Betonfläche	glatt			
Verwendung Wandtafel	Außenwand			
Dicke Tragschicht	200 mm			
Dicke Dämmschicht	200 mm			
Ausführung Wärmedämmung	mit Wärmedämmung			
Dämmstoff	Polystyrol-Hartschaum			
Bemessungswert Wärmeleitfähigkeit [W/(mK)] 0,030	0,030 W/(mK)			
Anzahl Lagen	2			
Randausbildung Bauteil	mit Randausbildung			

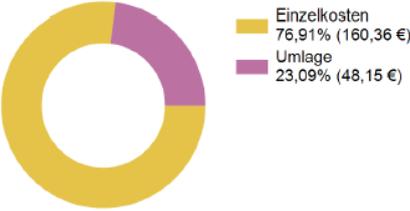
Einzelkosten für 1,000 h		Kosten	Umlage	Preisanteil
■ Löhne		3,26 €	1,02 €	4,28 €
■ Stoffe		157,10 €	47,13 €	204,23 €
Summe netto (ohne USt.)		160,36 €	48,15 €	208,51 €

Preisanteile nach Kostenart



■ Löhne
2,05% (4,28 €)
■ Stoffe
97,95% (204,23 €)

Preisanteile nach Einzelkosten/Umlage



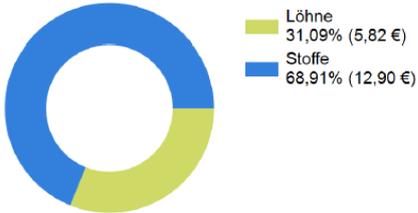
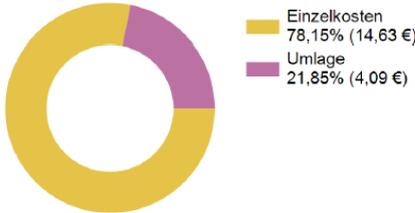
■ Einzelkosten
76,91% (160,36 €)
■ Umlage
23,09% (48,15 €)

Zeitansatz:	Stunden	Minuten
Wert	0,128 h	7,680 min

² Vgl. f:data GmbH (2018), zuletzt geprüft am 30.05.2018.

Tabelle D-7: Kalkulation der Leitposition: Hohlraumboden³

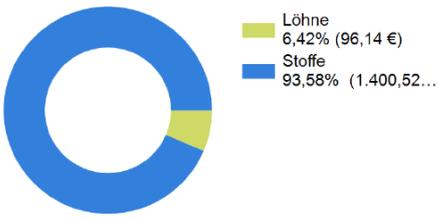
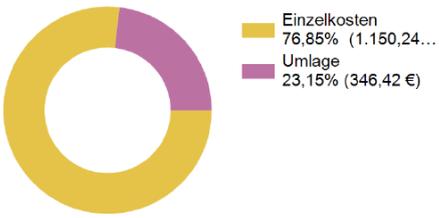
Table D-7: Calculation of the lead position: raised floor³

Leistungsbeschreibung	Ausführungsvariante	Orientierungspreise [€/m ² , netto]								
		MIN	MITTEL	MAX						
Konstruktion Fußboden	Hohlboden	17,06	18,72	20,90						
Ausführung tragende Schicht	Nassestrich									
Stützfuß-Rastermaße L/B [mm] Hohlboden	600/600									
Höhenbereich [mm] Aufbau Trockenbauboden	über 70 bis 100									
Einzellasttragfähigkeit Trockenbauboden	5 kN									
Unterkonstruktion Trockenbauboden	Stahlstützen, verzinkt									
Befestigungsuntergrund Trockenbauarbeiten	Beton									
Abrechnungseinheit	m ²									
Einzelkosten für 1,000 h		Kosten	Umlage	Preisanteil						
 Löhne		4,71 €	1,11 €	5,82 €						
 Stoffe		9,92 €	2,98 €	12,90 €						
Summe netto (ohne USt.)		14,63 €	4,09 €	18,72 €						
<p>Preisanteile nach Kostenart</p>  <p>  Löhne 31,09% (5,82 €)  Stoffe 68,91% (12,90 €) </p>										
<p>Preisanteile nach Einzelkosten/Umlage</p>  <p>  Einzelkosten 78,15% (14,63 €)  Umlage 21,85% (4,09 €) </p>										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Zeitansatz:</th> <th>Stunden</th> <th>Minuten</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Wert</td> <td>0,184 h</td> <td>11,040 min</td> </tr> </tbody> </table>					Zeitansatz:	Stunden	Minuten	Wert	0,184 h	11,040 min
Zeitansatz:	Stunden	Minuten								
Wert	0,184 h	11,040 min								

³ Vgl. f:data GmbH (2018), zuletzt geprüft am 30.05.2018.

Tabelle D-8: Kalkulation der Leitposition: Lichtkuppel⁴

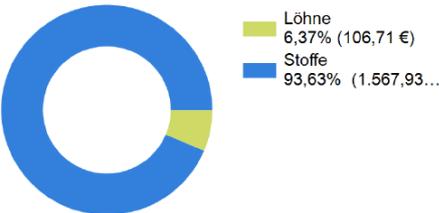
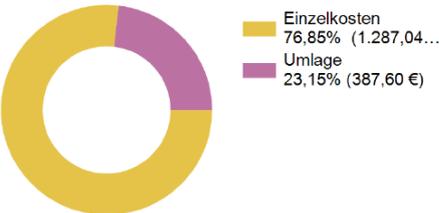
Table D-8: Calculation of the lead position: roof light⁴

Leistungsbeschreibung	Ausführungsvariante	Orientierungspreise [€/St, netto]		
		MIN	MITTEL	MAX
Einbauteil Dach	Lichtkuppel als Dachausstieg	1.372,05	1.496,66	1.658,32
Form Lichtkuppel	rechteckig			
Schaligkeit Lichtkuppel/Dachlichtband	2-schalig			
Lichtdurchlässigkeit Lichtkuppel/Dachlichtband	lichtdurchlässig			
Werkstoff, Lichtkuppel/Dachlichtband	Acrylglas (PMMA)			
Wärmedurchgangskoeffizient	1,5 W/m ² K			
Lichte Länge Dachöffnung	1,0 m			
Lichte Breite Dachöffnung	1,0 m			
Werkstoff/Konstruktion Aufsetzkranz	Aluminium			
Wärmedurchgangskoeffizient Aufsetzkranz	0,77 W/m ² K			
Höhe Aufsetzkranz	300 mm			
Untergrund Befestigung Aufsetzkranz/Dachlichtband	Beton			
Abrechnungseinheit	St			
Einzelkosten für 1,000 h				
 Löhne		72,92 €	23,22 €	96,14 €
 Stoffe		1.077,32 €	323,20 €	1.400,52 €
Summe netto (ohne USt.)		1.150,24 €	346,42 €	1.496,66 €
Preisanteile nach Kostenart		Preisanteile nach Einzelkosten/Umlage		
				
Zeitansatz:	Stunden	Minuten		
Wert	2,812 h	168,720 min		

⁴ Vgl. f:data GmbH (2018), zuletzt geprüft am 30.05.2018.

Tabelle D-9: Kalkulation der Leitposition: Rauch-/Wärmeabzugsanlage (RWA)⁵

Table D-9: Calculation of the lead position: smoke heat extraction system⁵

Leistungsbeschreibung	Ausführungsvariante	Orientierungspreise [€/St, netto]		
		MIN	MITTEL	MAX
Einbauteil Dach	Lichtkuppel als Öffnung zur Rauchableitung	1.372,05	1.496,66	1.658,32
Form Lichtkuppel	rechteckig			
Schaligkeit Lichtkuppel/Dachlichtband	2-schalig			
Lichtdurchlässigkeit Lichtkuppel/Dachlichtband	lichtdurchlässig			
Werkstoff, Lichtkuppel/Dachlichtband	Acrylglas (PMMA)			
Wärmedurchgangskoeffizient	1,5 W/m²K			
Lichte Länge Dachöffnung	1,2 m			
Lichte Breite Dachöffnung	1,2 m			
Werkstoff/Konstruktion Aufsetzkranz	PVC			
Wärmedurchgangskoeffizient Aufsetzkranz	0,77 W/m²K			
Höhe Aufsetzkranz	300 mm			
Untergrund Befestigung Aufsetzkranz/Dachlichtband	Beton			
Abrechnungseinheit	St			
Einzelkosten für 1,000 h				
 Löhne		80,94 €	25,77 €	106,71 €
 Stoffe		1.206,10 €	361,83 €	1.567,93 €
Summe netto (ohne USt.)		1.287,04 €	387,60 €	1.674,64 €
Preisanteile nach Kostenart		Preisanteile nach Einzelkosten/Umlage		
				
Zeitansatz:	Stunden	Minuten		
Wert	3,121 h	187,260 min		

⁵ Vgl. f:data GmbH (2018), zuletzt geprüft am 30.05.2018.

D.2.2 Bestimmung von prozentuale Kostenansätze
Determination of percentage cost estimates

Tabelle D-10: Prozentuale Kostenansätze nach BKI für Realisierungs- und Umbaukosten⁶

Table D-10: Percentage cost estimates according to BKI for realisation and renovation costs⁶

⁶ Vgl. BKI Baukosteninformationszentrum (2016) und BKI Baukosteninformationszentrum (2018)

Gebäude	Ref.-Nr.	BKI-Buch	Standort	Kostenkennwerte Bauwerkskosten von Kostengruppe 300+400				Kostenkennwerte in % von Kostengruppe 300+400					Kostenkennwerte in % von Kostengruppe 300							
				BRI [€/m³]	BGF [€/m²]	NF [€/m²]	NE [€/NE]	KG 200	KG 300	KG 400	KG 500	KG 600	KG 310	KG 320	KG 330	KG 340	KG 350	KG 360	KG 370	KG 390
Bürogebäude, mittlerer Standard																				
Bürogebäude	1300-0203	E6	Bayreuth		1.379,00															
Bürogebäude (84AP)	1300-0204	E6	Dresden		1.659,00															
Bürogebäude (18AP)	1300-0194	N13, S. 70	Siegen	268,00	1.082,00	1.558,00	44.263,00	-	75,7	24,3	10,2	-								
Bürogebäude	1300-0195	N13, S. 76	Schleswig-Flensburg	435,00	1.620,00	2.533,00	45.591,00	5,3	72,7	27,3	6,2	-								
Verwaltungsgebäude	1300-0199	N13	Schleswig-Flensburg		1.785,00															
Bürogebäude	1300-0205	E6	Bonn		1.533,00															
Gemeindeverwaltung, Jugendclub	1300-0209	N13, S. 94	Weimarer Land	437,00	1.355,00	2.233,00	143.826,00	5,5	80,3	19,7	-	-								
Bürogebäude (20AP)	1300-0183	N12, S. 48	Vogtland	521,00	1.938,00	3.210,00	-	1,2	77,0	23,0	-	-								
Bürogebäude (20AP)	1300-0196	N13, S. 82	Kleve	366,00	1.358,00	1.937,00	39.776,00	-	78,2	21,8	4,8	1,6								
Bürogebäude (39AP)	1300-0201	E6	Gütersloh		1.035,00															
Bürogebäude	1300-0173	N11, S. 76	Steinfurt	272,00	1.092,00	1.636,00	-	-	77,6	22,4	-	-								
Bürogebäude	1300-0175	N11, S. 82	Offenbach a.M.	322,00	1.392,00	1.912,00	-	-	70,7	29,3	-	-								
Bürogebäude	1300-0177	N11, S. 94	Dresden	424,00	1.765,00	2.559,00	-	-	69,8	30,2	9,8	-								
Verwaltungsgebäude	1300-0179	N13, S. 54	Kiel	430,00	1.445,00	2.127,00	35.245,00	0,3	74,1	25,9	2,7	0,3								
Bürogebäude	1300-0165	N11, S. 70	Osnabrück	342,00	1.227,00	1.841,00	-	1,0	80,9	19,1	5,4	-								
Bürogebäude	1300-0176	N11, S. 88	Saalfeld	334,00	1.253,00	1.796,00	-	1,3	81,5	18,5	2,0	-								
Polizeigebäude	1300-0180	N13, S. 62	Teltow-Fläming	467,00	1.713,00	2.592,00	34.559,00	1,2	77,2	22,8	1,1	0,8								
Bürogebäude (15AP)	1300-0192	N12, S. 84	Sigmaringen	492,00	1.882,00	3.142,00	-	-	70,0	30,0	2,4	12,4								
Bürogebäude mit Ausstellung	1300-0143	N10, S. 52	Kempten	382,00	1.950,00	2.361,00	-	0,8	79,5	20,5	4,7	-								
Bürogebäude	1300-0144	N9,	Lübeck		1.387,00			1,6	77,4	22,6	3,6	-								
Verwaltungsgebäude	1300-0146	N10, S. 58	St. Wendel	298,00	1.254,00	1.623,00	-	0,4	82,0	18,0	-	-								
Verwaltungsgebäude	1300-0147	N9	Tuttlingen		1.129,00				78,8	21,2	11,3	4,8								
Verwaltungsgebäude	1300-0149	N10, S. 64	Meiningen	306,00	1.027,00	1.681,00	-	-	67,6	32,4	1,9	1,0								
Bürogebäude (40AP)	1300-0187	N12, S. 60	Neumarkt	326,00	1.104,00	1.671,00	-	-	81,7	18,3	-	-								
Büro-/Verwaltungsgebäude	1300-0140	N9	Münster		1.389,00			0,3	69,8	30,2	8,4	0,3								
Büro- und Sozialgebäude	1300-0156	N11, S. 52	Bremen	383,00	1.859,00	2.507,00	-	0,1	72,0	28,0	0,4	0,5								
Bürogebäude mit Werkstätten	1300-0158	N11, S. 58	München	367,00	1.513,00	1.927,00	-	-	71,2	28,8	3,7	0,2								
Bürogebäude	1300-0163	N11, S. 64	Stuttgart	383,00	1.390,00	2.590,00	-	0,1	77,9	22,1	0,3	0,4								
Bürogebäude	1300-0133	N9	Hof		1.444,00			1,7	81,7	18,3	-	-								
Bürogebäude	1300-0137	N10, S. 46	Südliche Weinstraße	396,00	1.495,00	1.916,00	-	0,1	66,6	33,4	4,4	-								
Rathaus	1300-0164	N10, S. 82	Aalen	393,00	1.574,00	2.256,00	-	-	75,5	24,5	6,8	-								
Bürogebäude, Wohnen	1300-0119	N7	Böblingen		1.488,00			-	82,6	17,3	3,2	-								
Bürogebäude	1300-0122	N8	Lüdenscheid		1.279,00			-	79,0	21,0	-	-								
Verwaltungsgebäude, TG	1300-0145	N9	Esslingen		1.142,00			0,2	71,7	28,3	1,9	6,6								
Polizeidienstgebäude	1300-0127	N8	Dresden		1.434,00			0,1	66,2	33,8	3,7	0,3								
Bürogebäude	1300-0126	N8	Limburg-Weilburg		1.171,00			-	86,1	13,9	0,4	2,6								
Verwaltungsgebäude	1300-0108	N9	Reims-Murr		1.235,00			0,1	79,2	20,8	-	-								
Verwaltungsgebäude	1300-0206	N13, S.	Dithmarschen	387,00	1.370,00	2.629,00	80.169,00	-	81,1	18,9	-	-								
Bürogebäude (18AP)	1300-0213	N13, S.	Bremen	352,00	1.389,00	2.301,00	39.766,00	-	78,9	21,1	0,4	0,4								
			Minimum	268,0	1.027,0	1.558,0	34.559,0	0,1	66,2	13,9	0,3	0,2	0,6	6,7	28,5	13,4	14,3	7,8	0,1	2,6
			Durchschnitt	378,5	1.424,0	2.189,1	57.899,4	1,2	76,2	23,8	4,2	2,3	1,5	10,3	33,7	19,2	18,6	11,0	1,1	4,6
			Maximum	521,0	1.950,0	3.210,0	143.826,0	5,5	86,1	33,8	11,3	12,4	2,7	14,9	39,7	23,3	22,7	14,3	3,0	7,1
			Dreiecksverteilung	389,2	1.467,0	2.319,0	78.761,5	2,3	76,2	23,8	5,3	5,0	1,6	10,6	34,0	18,6	18,5	11,0	1,4	4,8

Tabelle D-11: Prozentuale Kostenansätze nach BKI für zusätzliche Umbaukosten⁷

Table D-11: Percentage cost estimates according to BKI for additional renovation costs⁷

KG	Bezeichnung der Kostengruppe	Bezugs- einheit	Kostenkennwerte [€/Einheit, brutto]			Erläuterung
			MIN	Wahrs. W.	MAX	
390	Sonstige Baukonstruktionen	m ² BGF	5,51	23,57	41,62	nur Abbruchkosten (KG 394) nach BKI 2015, Baukosten Gebäude Altbau, S. 194
410	Abwasser, Wasser, Gas	m ² BGF	13,00	26,00	44,00	nach BKI 2015, Baukosten Gebäude Altbau, S. 193
420	Wärmeversorgungsanlagen	m ² BGF	36,00	48,00	64,00	nach BKI 2015, Baukosten Gebäude Altbau, S. 193
430	Lufttechnische Anlagen	m ² BGF	12,00	37,00	96,00	nach BKI 2015, Baukosten Gebäude Altbau, S. 193
440	Starkstromanlagen	m ² BGF	13,00	34,00	77,00	nur Beleuchtung (KG 445) nach BKI 2015, Baukosten Gebäude Altbau, S. 194
450	Fernmeldeanlagen	m ² BGF	7,00	18,00	35,00	nach BKI 2015, Baukosten Gebäude Altbau, S. 193
490	Sonstige Technische Anlagen	m ² BGF	10,00	26,56	50,00	nur Abbruchkosten (KG 494) für Wahrs. Wert nach BKI 2015, Baukosten Gebäude Altbau, S. 194; Werte für MIN und MAX sind Annahmen.
700	Baunebenkosten					pauschal 15 % auf KG 300+400

⁷ BKI Baukosteninformationszentrum (2015), S. 193 f.

D.2.3 Mengenermittlung für die Realisierungskosten
Quantity determination for the realisation costs

Tabelle D-12: Mengenermittlung – Realisierung geringe Variabilität (Teil 1 von 3)
Table D-12: Quantity determination - realisation of low variability (part 1 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung							Bemerkungen
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit	Menge	
BruttoGrundfläche [BGF]:									
	UG Lager			6,850	8160		m²	1374,96	ohne Dämmung
	UG TG			6,850	8160		m²	1374,96	inkl. Treppenaufgänge
	Rampe			5,700	19,00		m²	108,30	inkl. Treppenaufgänge
	EG			14,000	82,10		m²	1149,40	aus CAD-Datei gelesen
	1 OG			14,000	82,10		m²	1149,40	
	2 OG			14,000	82,10		m²	1149,40	
	3 OG			14,000	82,10		m²	1149,40	
	4 OG			14,000	82,10		m²	1149,40	
	5 OG			14,000	82,10		m²	1149,40	
								Summe BGF:	9.754,62
Fläche des Baugrundstücks [FBG]:									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BK1
Außenanlagenfläche [AUE]:									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BK1
Baugrubenrauminhalt [BGII]:									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BK1
Gründungsfläche [GRFI]:									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BK1
								1340,55	
Außenwandfläche [AWF]:									
	UGs			4,93	8160	2	m²	804,58	vertikal ab OK Bodenplatte bis OK Attika
	EG bis 5. OG			4,93	6,55	2	m²	63,18	nach Plan: SN quer, längs, von OK Streifenfundamenten bis OK UG-Decke
				2,156	82,10	2	m²	3540,15	nach Plan: UG Lager, von OK Streifenfundamenten bis OK UG-Decke
				2,156	14,00	2	m²	603,68	nach Plan: SN quer, längs, von OK UG-Decke bis OK Attika
								Summe AWF:	5.111,59
Innenwandfläche [IWF]: alle Flächen									
	UG Lager			2,17	10,53	2	m²	45,70	vertikal ab OK Bodenplatte bis OK Attika
				2,17	69,40	1	m²	60,60	Längswände lang
				2,17	5,23	8	m²	90,79	nach Plan: SN quer, lichte Höhe, Längswand innen
				2,17	5,43	4	m²	47,09	Querwände Treppenaufgang
				2,17	2,05	4	m²	17,79	Querwände Fahrstuhlschacht
				2,17	5,65	2	m²	24,52	Längswände Treppenaufgang
				2,17	2,45	4	m²	21,27	Längswände Fahrstuhlschacht
								Zwischensumme:	397,76
	UG TG			2,16	5,43	4	m²	46,87	Querwände Treppenaufgang
				2,16	2,05	4	m²	17,71	Querwände Fahrstuhlschacht
				2,16	5,65	2	m²	24,41	Längswände Treppenaufgang
				2,16	2,45	4	m²	21,17	Längswände Fahrstuhlschacht
								Zwischensumme:	110,16
	EG			4,28	7,48	2	m²	63,99	Querwände durchgehend
				4,28	12,30	1	m²	52,64	Brandwand, da Stütze in der Mitte trennt
				4,28	4,00	4	m²	68,48	Querwände Sanitär außen
				4,28	3,83	2	m²	32,74	Querwände Sanitär innen
				4,28	5,70	2	m²	48,79	Querwände Eingangsbereich
				4,28	5,35	2	m²	45,80	Längswände Sanitär lang
				4,28	2,65	2	m²	22,68	Längswände Sanitär kurz
				4,28	2,68	2	m²	22,90	Längswände Eingangsbereich
				4,28	5,73	2	m²	49,01	Querwände Treppenaufgang lang
				4,28	3,65	2	m²	31,24	Querwände Treppenaufgang Eingangsbereich
				4,28	2,05	4	m²	35,10	Querwände Fahrstuhlschacht
				4,28	5,65	2	m²	48,36	Längswände Treppenaufgang
				4,28	2,45	4	m²	41,94	Längswände Fahrstuhlschacht
								Zwischensumme ein OG:	563,69
	1 OG bis 5. OG Variante XX02			2,90	12,60	1	m²	36,54	Brandwand
				2,90	4,40	20	m²	255,20	Querwände Oben
				2,90	4,00	9	m²	104,40	Querwände Unten
				2,90	4,54	2	m²	26,30	Querwände Sanitär Außen, da Stützen im dazwischen
				2,90	5,54	2	m²	32,10	Querwände Sanitär Innen
				2,90	2,40	7	m²	48,72	Querwände Flur / Teeküchen / etc.
				2,90	2,10	3	m²	18,27	Querwände Flur abzgl. Stütze
				2,90	2,25	1	m²	6,53	Querwand Flur ganz rechts
				2,90	0,55	4	m²	6,38	Längswand Flur kurz
				2,90	1,13	2	m²	6,53	Längswand Flur links
				2,90	0,98	2	m²	5,66	Längswand Flur links über TA
				2,90	2,93	1	m²	8,48	Längswand Flur mitte
				2,90	2,63	1	m²	7,61	Längswand Flur mitte abzgl. Stütze
				2,90	1,48	1	m²	4,28	Längswand rechts
				2,90	4,28	1	m²	12,40	Längswand rechts
				2,90	2,55	1	m²	7,40	Längswand rechts abzgl. Stütze
				2,90	5,73	4	m²	66,41	Querwände Treppenaufgang
				2,90	2,05	4	m²	23,78	Querwände Fahrstuhlschacht
				2,90	5,65	2	m²	32,77	Längswände Treppenaufgang
				2,90	2,45	4	m²	28,42	Längswände Fahrstuhlschacht
								Zwischensumme ein OG:	738,17
								Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:	3.690,83
								Summe IWF:	4.762,43
Deckenfläche [DEF]:									
	UG Lager			6,550	8100	1	m²	1340,55	Außere Abmessungen in Bodenhöhe ohne Dämmung
	UG TG			6,550	8100	1	m²	1340,55	wird hier nicht berücksichtigt, zählt als GRFI
	EG			13,200	8130	1	m²	1073,16	
	1 OG			13,200	8130	1	m²	1073,16	
	2 OG			13,200	8130	1	m²	1073,16	
	3 OG			13,200	8130	1	m²	1073,16	
	4 OG			13,200	8130	1	m²	1073,16	
	5 OG			13,200	8130	1	m²	1073,16	wird hier nicht berücksichtigt, zählt als DAFI
								Summe DEF:	6.706,35
Dachfläche [DAFI]:									
	Decke über 5. OG			13,200	8130	1	m²	1073,16	Außere Abmessungen in Bodenhöhe Fassade mir 40cm
								Summe DAF:	1.073,16
Dachkonstruktionsfläche [DKI]:									
									entspricht DAF
								Summe DK:	1.073,16
Dachfenster-/Dachöffnungsfläche [DFO]:									
	RWA			1200	120	4	m²	5,76	Annahme 4 RWA über Treppenaufgängen Abmessungen 120 x 120
	Lichtkuppeln			1000	100	25	m²	25,00	
								Summe DFO:	30,76
Dachbelagsfläche [DBL]:									
									Entspricht DAF minus DFO
								Summe DBL:	1.042,40
Dachbekleidungsfläche [DBK]:									
									hier ohne Bekleidung, nur Dachbeläge
								Summe DBK:	0,00
Deckenkonstruktionsfläche [DKK]:									
	UG Lager			5,600	5,70	-2	m²	-63,84	Entspricht DEF minus Schächte und Treppenaufgänge
								Zwischensumme:	-63,84
	UG TG			5,600	5,70	-2	m²	-63,84	Treppenaufgang
								Zwischensumme:	-63,84
	EG			5,600	5,70	-2	m²	-63,84	Treppenaufgang
								Zwischensumme:	-63,84
	OG			5,600	5,70	-2	m²	-63,84	Treppenaufgang
								Zwischensumme ein OG:	-63,84
								Zwischensumme 1. OG bis 4. OG:	-255,36
								Summe aller Abzüge:	-446,88
	Deckenflächen DEF								6.706,35
								Summe DKK:	6.259,47
	Rampe in der Tiefgarage			5,100	5,00				25,50
								Summe DKK (inkl. Rampe):	6.284,97
Deckenbelagsfläche [DKBL]:									
		aus IWF:	Höhe [m]	Dicke [m]	MF [m²]				DKK minus Wandkonstruktion (Annahme: mittlere Breite 0,225m in UG's und 0,225 m im EG und 0,18 m im OG's)
		UG Lager	2,17	0,225	397,76	-1	m²	-412,4	Länge Innenwandflächen mal mittlere Breite
		UG TG	2,16	0,250	10,6	-1	m²	-12,75	(Treppen ohne Beläge)
		EG	4,28	0,225	563,68	-1	m²	-29,63	Raumhöhe aus IWF [lichtes Maß]
		1 bis 4. OG	2,90	0,180	738,17	-4	m²	-83,27	
		DKK							6.259,47
								Summe DKBL:	5.992,58
Deckenbekleidungsfläche [DKBK]:									
									Entspricht DKBL
								Summe DKBK:	5.992,58
Außenwandfläche, tragend [AWTI]:									
	UG TG			2,47	8160	2	m²	403,10	vertikal ab OK Fundament/Decke bis UK Decke
				2,47	6,85	2	m²	83,24	nach Plan: SN quer, längs
	UG Lager			2,46	8160	2	m²	401,47	nach Plan: UG Lager
				2,46	6,85	2	m²	82,90	
	Decken UG/TG			0,60	98,45	2	m²	118,14	
	Attika			0,80	82,10	2	m²	131,36	nach Plan: SN quer, längs, von OK Decke bis OK Attika
				0,80	14,00	2	m²	22,40	
								Summe AWTI:	1.242,62
Außenwandfläche, nichttragend [AWNI]:									
									im Entwurf nicht vorhanden
								Summe AWTI:	0,00

Tabelle D-13: Mengenermittlung – Realisierung geringe Variabilität (Teil 2 von 3)
Table D-13: Quantity determination - realisation of low variability (part 2 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung							Bemerkungen
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit	Menge	
Außenstützenlänge [AST]:									
	UG Lager			2,46	1	0	m	0,00	Messregel: Lichte Länge der Außenstützen
	UG TG			2,47	1	0	m	0,00	
	EG			4,28	1	30	m	128,40	von OK UG-Decke bis OK EG-Decke
	1 OG			2,90	1	30	m	87,00	
	2 OG			2,90	1	30	m	87,00	
	3 OG			2,90	1	30	m	87,00	
	4 OG			2,90	1	30	m	87,00	
	5 OG			2,90	1	30	m	87,00	
								Summe AST: 563,40	
Innenstützenlänge [IST]:									
	UG Lager			2,160	1	24	m	5184	Messregel: Lichte Länge der Außenstützen
	UG TG			2,170	1	23	m	49,91	
	EG			4,280	1	10	m	42,80	
	OG			2,900	5	10	m	145,00	
								Summe IST: 289,55	
Außentüren-/Außenfensterfläche [ATF]:									
	Türen EG Haupt			2,500	2,30	6	m ²	34,50	Annahme 1-5 OG alle 3 Felder ein Fenster mit 2,5 m ²
	Türen UGs Flucht			2,500	0,90	0	m ²	0,00	Annahme EG Glasfassade und Fenster OG in Elementfassade
								Summe ATF: 34,50	
Außenwandbekleidungen außen [ABKA]:									
	UGs			5,630	8130	2	m ²	915,44	AWF minus Öffnungen; von UK Streifenfundament bis GOK
	Tor			5,630	16,55	2	m ²	186,35	8160 abzgl. Dämmung; erdberührter Bereich
				2,200	5,10	-1	m ²	-11,22	16,85 abzgl. Dämmung
								Summe ABKA: 1.090,57	ebenso ABKI
Sonnenschutz [SSS]:									
	Fenster OG's							2.552,42	komplette Pfosten-Riegel-Fassade (KG 334)
								Summe ATF: 2.552,42	
Nichttragende Innenwände [IWN]:									
	UG Lager			2,17	10,53	2	m ²	45,70	Annahme: Treppenhäuser sind tragend
				2,17	69,40	1	m ²	150,60	nach Plan; SN quer, lichte Höhe, Längswand innen
				2,17	5,23	8	m ²	90,79	Querwände Lager
								Zwischensumme: 287,09	
	EG			4,28	7,48	2	m ²	63,99	Querwände durchgehend
				4,28	12,30	1	m ²	52,64	Brandwand, da Stütze in der Mitte trennt
				4,28	4,00	4	m ²	68,48	Querwände Sanitär außen
				4,28	3,83	2	m ²	32,74	Querwände Sanitär innen
				4,28	5,70	2	m ²	48,79	Querwände Eingangsbereich
				4,28	5,35	2	m ²	45,80	Längswände Sanitär lang
				4,28	2,65	2	m ²	22,68	Längswände Sanitär kurz
				4,28	2,68	2	m ²	22,90	Längswände Eingangsbereich
								Zwischensumme: 358,02	
	1 OG bis 5 OG			2,90	12,60	1	m ²	36,54	Brandwand
				2,90	4,40	20	m ²	255,20	Querwände Oben
				2,90	4,00	9	m ²	104,40	Querwände Unten
				2,90	4,54	2	m ²	26,30	Querwände Sanitär Außen, da Stützen im dazwischen
				2,90	5,54	2	m ²	32,10	Querwände Sanitär Innen
				2,90	2,40	7	m ²	48,72	Querwände Flur / Teeküchen / etc.
				2,90	2,10	3	m ²	18,27	Querwände Flur abzgl. Stütze
				2,90	2,25	1	m ²	6,53	Querwand Flur ganz rechts
				2,90	0,55	4	m ²	6,38	Längswand Flur kurz
				2,90	1,13	2	m ²	6,53	Längswand Flur links
				2,90	0,98	2	m ²	5,66	Längswand Flur links über TA
				2,90	2,83	1	m ²	8,49	Längswand Flur mitte
				2,90	2,63	1	m ²	7,61	Längswand Flur mitte abzgl. Stütze
				2,90	1,48	1	m ²	4,28	Längswand rechts
				2,90	4,28	1	m ²	12,40	Längswand rechts
				2,90	2,55	1	m ²	7,40	Längswand rechts abzgl. Stütze
								Zwischensumme 1 OG: 586,79	
								Summe aller OG's: 2.933,93	
								Summe IWN: 3.579,04	
Tragende Innenwände [IWT]:									
	UG Lager			2,17	5,43	4	m ²	47,09	Fahrstühle und Treppenaufgänge tragend
				2,17	2,05	4	m ²	17,79	Querwände Treppenaufgang
				2,17	5,65	2	m ²	24,52	Querwände Fahrstuhlschacht
				2,17	2,45	4	m ²	21,27	Längswände Treppenaufgang
								Zwischensumme: 110,67	
	UG TG			2,16	5,43	4	m ²	46,87	Querwände Treppenaufgang
				2,16	2,05	4	m ²	17,71	Querwände Fahrstuhlschacht
				2,16	5,65	2	m ²	24,41	Längswände Treppenaufgang
				2,16	2,45	4	m ²	21,17	Längswände Fahrstuhlschacht
								Zwischensumme: 110,16	
	EG			4,28	5,73	2	m ²	49,01	Querwände Treppenaufgang lang
				4,28	3,65	2	m ²	31,24	Querwände Treppenaufgang Eingangsbereich
				4,28	2,05	4	m ²	35,10	Querwände Fahrstuhlschacht
				4,28	5,65	2	m ²	48,36	Längswände Treppenaufgang
				4,28	2,45	4	m ²	41,94	Längswände Fahrstuhlschacht
								Zwischensumme: 205,65	
	1 OG bis 5 OG			2,90	5,73	4	m ²	66,41	Querwände Treppenaufgang
				2,90	2,05	4	m ²	23,78	Querwände Fahrstuhlschacht
				2,90	5,65	2	m ²	32,77	Längswände Treppenaufgang
				2,90	2,45	4	m ²	28,42	Längswände Fahrstuhlschacht
								Zwischensumme 1 OG: 151,38	
								Summe aller IWT's: 756,90	
								Summe IWT: 1.183,38	
Innentüren/Innenfenster [ITF]:									
	Treppenschächte			2	1,00	8	St	16,00	2 Rauchschutztüren je Etage
	UG			13	1,00	1	St	13,00	normale Innentür
	EG			6	1,00	1	St	6,00	Sanitär
	OG			32	1,00	5	St	160,00	Sanitär + Rauchschutztüren in der Brandwand, keine Türen zu Büro
								Summe St: 195,00	
								Summe ITF: 377,33	Annahme: Türen 0,9 m x 2,1 m
								Anteil UG: 32,90	
Innenwandbekleidungen [IBK]:									
	Fliesen EG			2,00	2,50	10	m ²	50	Lichte Wandfläche, Annahme: Putz nur an tragenden Wänden, Fahrstuhl nur von Außen verputzt
				2,00	2,55	2	m ²	10,2	Sanitär Längswände ein bisschen länger
				2,00	3,825	12	m ²	91,8	Sanitär Querwände
								Zwischensumme EG: 152,00	
	Fliesen OG nur im Bad			2,00	2,43	2	m ²	9,70	Sanitär Längswände
				2,00	2,48	2	m ²	9,90	Sanitär Längswände ein bisschen länger
				2,00	5,53	8	m ²	88,40	Sanitär Querwände
								Zwischensumme ein OG: 108,00	
								Summe aller OG's: 540,00	
								Zwischensumme EG bis 5. OG: 692,00	
	Putz UG Lager			2,17	2,05	4	m ²	17,79	Querwand Fahrstuhlschacht
				2,17	2,45	4	m ²	21,27	Längswand Fahrstuhlschacht
				2,17	20,75	2	m ²	90,06	Treppenaufgang Innen
				2,17	16,50	2	m ²	71,61	Treppenaufgang Außen
								Zwischensumme: 200,73	
	Putz UG TG			2,16	2,05	4	m ²	17,71	Querwand Fahrstuhlschacht
				2,16	2,45	4	m ²	21,17	Längswand Fahrstuhlschacht
				2,16	20,75	2	m ²	89,64	Treppenaufgang Innen
				2,16	16,50	2	m ²	71,28	Treppenaufgang Außen
								Zwischensumme: 199,80	
	Putz EG			4,28	2,05	4	m ²	35,10	Querwand Fahrstuhlschacht
				4,28	2,45	4	m ²	41,94	Längswand Fahrstuhlschacht
				4,28	16,03	2	m ²	128,61	Treppenaufgang Außen
				4,28	14,78	2	m ²	126,47	Treppenaufgang Innen
								Zwischensumme: 332,13	
	Putz 1 OG bis 5 OG			2,90	2,05	4	m ²	23,78	Querwand Fahrstuhlschacht
				2,90	2,45	4	m ²	28,42	Längswand Fahrstuhlschacht
				2,90	20,75	2	m ²	120,35	Treppenaufgang Innen
				2,90	16,50	2	m ²	95,70	Treppenaufgang Außen
								Zwischensumme ein OG: 268,25	
								Summe aller OG's: 1.341,25	
								Summe Putz: 2.073,90	
								Summe IBK: 2.765,90	

Tabelle D-14: Mengenermittlung – Realisierung geringe Variabilität (Teil 3 von 3)
Table D-14: Quantity determination - realisation of low variability (part 3 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung							Bemerkungen		
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit	Menge			
Elementierte Innenwände [IWF]:											
	EG				4,280	13,20		0	m²	0,00	Annahme: 0 Stück über volle Breite und Höhe im EG
										Summe IT F:	0,00
KG 363: Klempnerarbeiten:											
	Rinne				1000	82,10		2	m	84,20	Annahme: 2 Stück über volle Breite und Höhe im EG
	Falrohre				1000	26,69		10	m	266,90	von UK Bodenplatte bis OK Decke 5.OG
										Summe Klempner:	431,10
KG 369: Sekurant:											
	Länge				1000	2,00		12	Stk	24,00	ABS Safety GmbH: < 7,5 m Abstand = 12 Stück pro Länge und Seite
	Breite				1000	2,00		3	m	6,00	
										Summe:	30,00
KG 359: Treppengeländer:											
	UG Lager				100	8,40		2	m	36,80	mit Zwischenpost, d.h. zwei Treppen pro Geschoß
	UG TG				100	8,40		2	m	36,80	Nur Handlauf in äußeren Treppenaufgängen auf beiden Seiten der Treppe
	EG				100	8,40		2	m	36,80	mit h(außen) = 3,3 und l(außen) = 5,05 // h(innen) = 2,1 und l(innen) = 2,55
	1 OG bis 5. OG				2,00	8,40		5	m	84,00	
										Zwischensumme UG bis EG:	110,40
										Zwischensumme:	184,00
										Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:	920,00
										Summe:	1030,40
Deckenbeläge einzeln:											
	UG TG				5,950	8,100		1	m²	129,195	Äußere Abmessungen in Bodenhöhe
	Abzug Wände		2,17		0,250	10,16		-1	m²	-12,69	Raumhöhe aus Flächenmaß IWF [lichtes Maß]
	Abzug Treppenhäuser									-63,84	
										Zwischensumme:	125,42
	EG				13,200	8,130		1	m²	1073,6	
	Abzug Wände		4,28		0,225	563,68		-1	m²	-29,63	Raumhöhe aus Flächenmaß IWF [lichtes Maß]
	Abzug Treppenhäuser									-63,84	
										Zwischensumme:	979,69
	1 OG				13,200	8,130		1	m²	1073,6	
	2 OG				13,200	8,130		1	m²	1073,6	
	3 OG				13,200	8,130		1	m²	1073,6	
	4 OG				13,200	8,130		1	m²	1073,6	
	5 OG				13,200	8,130		1	m²	1073,6	
	Abzug Wände 1-5.OG		0,80		738,17			-5	m²	-664,35	
	Abzug Treppenhäuser									-255,36	
										Zwischensumme:	4446,99
										Summe Beläge:	6641,20
										Summe Hohraumboden:	4446,99
											1 OG bis 5.OG
Sanitär-Boden:											
	EG				2,50	3,83		2	m²	19,13	Bodenfläche Sanitärräume
					2,50	3,83		2	m²	19,13	
					2,55	3,83		2	m²	19,51	
										Zwischensumme:	57,76
	OG				2,43	5,53		2	m²	26,80	Sanitärräume unten
					2,48	5,53		2	m²	27,35	Sanitärräume oben rechts 1
										Zwischensumme:	54,15
										Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:	270,73
										Summe:	329,49
Bodenbelag:											
	EG									979,69	Laminat
	1 OG bis 5. OG							0,8		3.556,87	80% Textil, 20% Linoleum
								0,2		889,22	80% Textil, 20% Linoleum
Estrich:											
	EG bis 5. OG									5.365,80	Summe EG bis 5. OG (DEF)
	EG				5,600	5,70		-2	m²	-63,84	Treppenlauf
										-26,34	
			4,28		0,200	563,68		-1	m²	-26,34	
										Zwischensumme:	982,98
	OG				5,600	5,70		-2	m²	-63,84	Treppenlauf
										-45,82	
			2,90		0,180	738,17		-1	m²	-45,82	
										Zwischensumme ein OG:	963,50
										Estrich 1. bis 5. OG:	4.817,51
										Summe:	5.800,49
Fertigteiltreppe:											
	UG Lager				125	2,10		4	m³	10,50	Annahme: 2,10 m³ Einzelvolumen (2x pro Geschoß) bei 9 Stg. 8,5/30
										Zwischensumme:	10,50
	UG TG				125	2,10		4	m³	10,50	Treppenaufgänge rechts und links
										Zwischensumme:	10,50
	EG				125	2,10		4	m³	10,50	Treppenaufgänge rechts und links
										Zwischensumme:	10,50
	OG				125	2,10		4	m³	10,50	Treppenaufgänge rechts und links
										Zwischensumme:	10,50
										Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:	52,50
										Summe Fertigteile:	84,00
Oberflächenschutzsystem KG 352:											
	UG TG				5,950	8,100		1	m²	129,195	Treppenlauf
					5,600	5,70		-2	m²	-63,84	Treppenlauf
										Zwischensumme:	-63,84
										Summe:	1228,11
Abgehängene Decke KG 363:											
	EG				13,200	8,130		1	m²	1073,6	betrifft EG bis 5. OG (6 Decken)
	1 OG				13,200	8,130		1	m²	1073,6	
	2 OG				13,200	8,130		1	m²	1073,6	
	3 OG				13,200	8,130		1	m²	1073,6	
	4 OG				13,200	8,130		1	m²	1073,6	
	Decke über 5. OG				13,200	8,130		1	m²	1073,6	
										Zwischensumme:	6.438,96
	Abzüge Kerne				5,700	5,70		-2	m²	-64,98	Treppenlauf
										Zwischensumme:	-64,98
	OG				5,600	5,70		-2	m²	-63,84	Treppenlauf
										Zwischensumme ein OG:	-63,84
										Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:	-319,20
	Abzüge Wände				4,28	0,225		-1	m²	-29,63	
					2,90	0,180		-5	m²	-229,09	
										Zwischensumme Abzüge Wände:	-258,72
										Summe:	5.796,06
Außenwandbekleidung, außen KG 335:											
	Brüstung, 1.-5. OG	KS/Ytong			1,10	82,20		5	m²	1057,10	EG ohne Brüstung, komplette Verglasung
	Decken, 1-5. OG				2,45	82,20		1	m²	470,89	OGs als Bandfassade mit h = 1,0 m
										d.h. 6 Decken + Attika verkleiden	
										Summe:	1527,99
Pfosten-Riegel-Fassade KG 334:											
	EG				4,28	82,20		1	m²	822,62	Annahme Pfosten-Riegel-Fassade zur Glasaufschaltung/Fenster
	1 OG				1,80	82,20		1	m²	345,96	EG: komplette Höhe
	2 OG				1,80	82,20		1	m²	345,96	OGs: zwischen Brüstung und Decke
	3.-5. OG				1,80	82,20		3	m²	1037,88	
										Summe:	2.552,42

Tabelle D-15: Mengenermittlung – Realisierung mittlere Variabilität (Teil 1 von 3)
Table D-15: Quantity determination - realisation of medium variability (part 1 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung							Bemerkungen
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit	Menge	
Bruttogrundfläche [BRG]:									
UG Lager				8,85	8160		m ²	1374,96	ohne Dämmung
UG TG				8,85	8160		m ²	1374,96	inkl. Treppenaufgänge
Rampe				5,70	19,00		m ²	108,30	aus CAD-Datei gelesen
EG				11,00	82,10		m ²	149,40	
1.OG				11,00	82,10		m ²	149,40	
2.OG				11,00	82,10		m ²	149,40	
3.OG				11,00	82,10		m ²	149,40	
4.OG				11,00	82,10		m ²	149,40	
5.OG				11,00	82,10		m ²	149,40	
							Summe BRG:	9.754,62	
Fläche des Baugrundstücks [BRGI]:									
Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BK1									
Außenanlagenfläche [AUE]:									
Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BK1									
Baugrubenrauminhalt [BRGI]:									
Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BK1									
Gründungsfläche [GRFI]:									
Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BK1									
Außenwandfläche [AWFI]:									
UGs				4,93	8160	2	m ²	804,58	vertikal ab OK Bodenplatte bis OK Attika
EG bis 5.OG				4,93	16,55	2	m ²	163,8	nach Plan: SN quer, längs, von OK Streifenfundamenten bis OK UG-Decke
				24,34	82,10	2	m ²	3.996,63	nach Plan: SN quer, längs, von OK UG-Decke bis OK Attika
				24,34	11,00	2	m ²	681,52	nach Plan: SN quer, längs, von OK UG-Decke bis OK Attika
							Summe AWF:	5.645,91	
Innenwandfläche [IWF]- alle Flächen									
UG Lager				2,17	10,53	2	m ²	45,70	vertikal ab OK Bodenplatte bis OK Attika
				2,17	80,70	1	m ²	175,2	Längswände lang
				2,17	5,23	8	m ²	90,79	nach Plan: SN quer, lichte Höhe, Längswand innen
				2,17	5,23	4	m ²	45,40	Querwände Lager
				2,17	2,23	2	m ²	9,68	Querwände Treppenaufgang
				2,17	4,55	2	m ²	19,75	Querwände Treppenaufgang kurz - innen
				2,17	3,10	2	m ²	13,45	Längswände Treppenaufgang kurz
							Zwischensumme:	399,89	
UG TG				2,16	5,30	1	m ²	11,45	Längswände Treppenaufgang lang
				2,16	5,43	4	m ²	46,92	Innenwand Rampenverlängerung
				2,16	2,23	2	m ²	9,63	Querwände Treppenaufgang lang
				2,16	7,00	2	m ²	30,24	Querwände Treppenaufgang kurz
				2,16	4,55	2	m ²	19,66	Längswände Treppenaufgang lang
							Zwischensumme:	117,89	
EG				4,24	13,20	1	m ²	55,97	Querwände durchgehend
				4,24	13,20	1	m ²	55,97	B-Randwand
				4,24	5,73	4	m ²	97,8	Querwände Treppenaufgänge tragend
				4,24	2,23	2	m ²	9,61	Querwände Treppenaufgänge innen
				4,24	4,95	2	m ²	41,98	Längswände Treppenaufgänge innen
				4,24	7,00	2	m ²	59,36	Längswände Treppenaufgänge tragend
				4,24	8,30	1	m ²	35,19	Längswände über Treppenaufgänge, rechts
				4,24	2,65	1	m ²	11,24	Längswand neben Treppenaufgang rechts kurz
				4,24	7,48	1	m ²	31,69	Querwand über TA, links
				4,24	1,25	2	m ²	10,60	Schachtwände
				4,24	4,48	1	m ²	18,97	Längswände Sanitär, groß
				4,24	5,35	1	m ²	22,58	Längswände Sanitär, groß
				4,24	4,90	6	m ²	121,76	Querwände Sanitär, klein
				4,24	2,45	5	m ²	51,94	Querwände Sanitär, klein
							Zwischensumme:	613,44	
							3.-5. OG		
1.OG bis 5.OG Variante viele Sanitär		H 1.OG	H 2.OG	H 3.-5.OG					
		3,15	3,15	2,90	0,45	4	m ²	5,22	Schachtwände längs
		3,15	3,15	2,90	0,78	4	m ²	8,99	Schachtwände quer
		3,15	3,15	2,90	13,20	1	m ²	38,28	Brandwand
		3,15	3,15	2,90	5,53	15	m ²	240,56	Querwand
		3,15	3,15	2,90	2,45	3	m ²	21,32	Querwände Sanitär oben rechts
		3,15	3,15	2,90	3,35	1	m ²	9,72	Querwand rechts oben über Klo
		3,15	3,15	2,90	5,60	2	m ²	32,48	Querwand rechts oben
		3,15	3,15	2,90	5,68	3	m ²	49,42	Querwände Kante unten
		3,15	3,15	2,90	5,50	3	m ²	47,85	Querwände Sanitär oben
		3,15	3,15	2,90	2,00	5	m ²	29,00	Querwände Flur
		3,15	3,15	2,90	2,23	2	m ²	12,93	Querwände Treppenaufgang innen
		3,15	3,15	2,90	5,73	4	m ²	66,47	Querwände Treppenaufgang r4 außen
		3,15	3,15	2,90	0,60	1	m ²	1,74	Querwand links stummel
		3,15	3,15	2,90	21,93	1	m ²	63,60	Längswand links Flur unten
		3,15	3,15	2,90	43,03	1	m ²	124,79	Längswand links Flur oben
		3,15	3,15	2,90	24,28	1	m ²	70,41	Längswand rechts Flur unten
		3,15	3,15	2,90	11,28	1	m ²	32,71	Längswand rechts Flur oben
		3,15	3,15	2,90	6,81	1	m ²	19,75	Längswand Sanitär rechts oben
		3,15	3,15	2,90	3,88	1	m ²	11,25	Längswand Sanitär mitte unten
		3,15	3,15	2,90	4,55	2	m ²	26,39	Längswand Treppenaufgang r4 kurz
		3,15	3,15	2,90	7,00	2	m ²	40,80	Längswand Treppenaufgang zum Flur
							Zwischensumme ein OG (3.-5. OG):	953,46	
							Zwischensumme ein OG (1./2. OG):	1.035,66	
							Zwischensumme 3. OG bis 5. OG:	2.860,39	
							Zwischensumme 1. OG / 2. OG:	2.071,31	
							Summe IWF:	6.062,92	
Deckenfläche [DEFI]:									
UG Lager				6,55	8100	1	m ²	1340,55	Außere Abmessungen in Bodenhöhe ohne Dämmung
UG TG				6,55	8100	1	m ²	1340,55	wird hier nicht berücksichtigt, zählt als GRF!
EG				8,20	8130	1	m ²	1073,6	
1.OG				8,20	8130	1	m ²	1073,6	
2.OG				8,20	8130	1	m ²	1073,6	
3.OG				8,20	8130	1	m ²	1073,6	
4.OG				8,20	8130	1	m ²	1073,6	
5.OG				8,20	8130	1	m ²	1073,6	wird hier nicht berücksichtigt, zählt als DAF!
							Summe DEF:	6.706,35	
Dachfläche [DAFI]:									
Decke über 5.OG				8,20	8130	1	m ²	1073,6	Außere Abmessungen in Bodenhöhe Fassade mir 40cm
							Summe DAF:	1.073,16	
Dachkonstruktionsfläche [DKI]:									
							Summe DKI:	1.073,16	entspricht DAF
Dachfenster-/Dachöffnungsfläche [DFÖ]:									
RWA				120	120	4	m ²	5,76	Annahme 6 RWA's über Treppenaufgängen Abmessungen 120 x 120
Lichtkuppeln				100	100	25	m ²	25,00	
							Summe DFÖ:	30,76	
Dachbelagsfläche [DBLI]:									
							Summe DBL:	1.042,40	Entspricht DAF minus DFÖ
Dachbekleidungsfläche [DBKL]:									
							Summe DBK:	0,00	hier ohne Bekleidung, nur Dachbeläge
Deckenkonstruktionsfläche [DKKI]:									
UG Lager		Treppenaufgang		7,05	5,70	-2	m ²	-80,37	Entspricht DEF minus Schächte und Treppenaufgänge
		Aufzug							Treppenaufgang
							Zwischensumme:	-80,37	linker und rechter Aufzug Person
UG TG		Treppenaufgang		7,05	5,70	-2	m ²	-80,37	Treppenaufgang
		Aufzug							linker und rechter Aufzug Person
							Zwischensumme:	-80,37	
EG		Treppenaufgang		7,05	5,70	-2	m ²	-80,37	Treppenaufgang
		Aufzug							linker und rechter Aufzug Person
							Zwischensumme:	-80,37	
OG		Treppenaufgang		7,05	5,70	-2	m ²	-80,37	Treppenaufgang
		Aufzug							linker und rechter Aufzug Person
							Zwischensumme ein OG:	-80,37	
							Zwischensumme 1. OG bis 4. OG:	-321,48	(da 5.OG in Dachfläche zählt)
							Summe aller Abzüge:	-562,59	
		Deckenflächen DEF						6.706,35	
		Rampe in der Tiefgarage		5,10	5,00			25,50	
							Summe DKK:	6.143,76	
							Summe DKK (inkl. Rampe):	6.169,26	
Deckenbelagsfläche [DKBL]:									
									DKK minus Wandkonstruktion (Annahme: mittlere Breite 0,225m in UG's und 0,2 m im EG und 0,8 m im OG's)
		aus IWF:	Höhe [m]	Dicke [m]	IWF [m ²]				Länge Innenwandflächen mal mittlere Breite
		UG Lager	2,17	0,23	399,89	-1	m ²	-146	(Treppen ohne Beläge)
		UG TG	2,16	0,25	17,89	-1	m ²	-13,65	Raumhöhe aus IWF [lichtes Maß]
		EG	4,24	0,23	613,44	-1	m ²	-32,55	
		1 und 2.OG	3,15	0,8	1035,66	-2	m ²	-18,36	
		3. bis 4.OG	2,90	0,8	953,46	-2	m ²	-18,36	da unterschiedliche Raumhöhen laut Schnitt SN (5.OG zählt zu Dach)
								6.143,76	
							Summe DKBL:	5.819,38	
Deckenbekleidungsfläche [DKBK]:									
							Summe DKBK:	5.819,38	Entspricht DKBL

Tabelle D-16: Mengenermittlung – Realisierung mittlere Variabilität (Teil 2 von 3)
Table D-16: Quantity determination - realisation of medium variability (part 2 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung							Bemerkungen	
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit	Menge		
Außenwandfläche, tragend (AWT):										
	UG TG				2,47	8160	2	m²	403,10	vertikal ab OK Fundament/Decke bis UK Decke
					2,47	16,85	2	m²	40147	nach Plan: SN quer, längs
	UG Lager				2,46	8160	2	m²	83,24	nach Plan: UG Lager
					2,46	16,85	2	m²	82,90	
	Decken UG/TG				0,60	98,45	2	m²	18,14	
	Attika				0,80	82,10	2	m²	131,36	nach Plan: SN quer, längs, von OK Decke bis OK Attika
					0,80	14,00	2	m²	22,40	
									153,76	
									Summe AWT:	1.242,62
Außenwandfläche, nichttragend (AWN):										
										im Entwurf nicht vorhanden
									Summe AWN:	0,00
Außenstützenlänge (AST):										
	UG Lager				2,46	1	0	m	0,00	Messregel: Lichte Länge der Außenstützen
	UG TG				2,47	1	0	m	0,00	
	EG				4,24	1	30	m	127,20	von OK UG-Decke bis OK EG-Decke
	1. OG				3,15	1	30	m	94,50	
	2. OG				3,15	1	30	m	94,50	
	3. OG				2,90	1	30	m	87,00	
	4. OG				2,90	1	30	m	87,00	
	5. OG				2,90	1	30	m	87,00	
									Summe AST:	577,20
Innenstützenlänge (IST):										
	UG Lager				2,16	1	24	m	51,84	Messregel: Lichte Länge der Außenstützen
	UG TG				2,17	1	23	m	49,91	
									Summe IST:	101,75
Außentüren/-Außenfensterfläche (ATF):										
	Türen EG Haupt				2,50	2,30	7	m²	40,25	Annahme 1-5. OG alle 3 Felder ein Fenster mit 2,5 m²
	Türen UGs Flucht				2,50	0,90	0	m²	0,00	Annahme EG Glasfassade und Fenster OG in Elementfassade
									Summe ATF:	40,25
Außenwandbekleidungen, außen (ABKA):										
	UGs				5,63	8130	2	m²	91,54	AWF minus Öffnungen; von UK Streifenfundament bis GOK
					5,63	16,55	2	m²	186,35	8160 abzgl. Dämmung; erdberührter Bereich
	Tor				2,20	5,10	-1	m²	-112,2	Tor
									Summe ABKA:	1.090,57
Sonnenschutz (SSSI):										
									2.640,83	komplette Pfosten-Riegel-Fassade (KG 334)
									Summe ATF:	2.640,83
Nichttragende Innenwände (IWN):										
	UG Lager				2,17	5,23	8	m³	90,79	Annahme: Treppenhäuser sind tragend
					2,17	10,53	2	m³	45,70	Querwände komplett
					2,17	66,70	1	m³	144,74	Querwände lang; Annahme: Längswand ist tragend
									Zwischensumme:	281,23
	EG				4,24	13,20	1	m³	55,97	Querwände durchgehend
					4,24	13,20	1	m³	55,97	Brandwand
					4,24	8,30	1	m³	35,19	Längswände über Treppenaufgänge, rechts
					4,24	2,65	1	m³	11,24	Längswand neben Treppenaufgang rechts kurz
					4,24	7,48	1	m³	31,69	Querwand über TA, links
					4,24	1,25	2	m³	10,60	Schachtwände
					4,24	4,48	1	m³	18,97	Längswände Sanitär_groß
					4,24	5,35	1	m³	22,68	Querwände Sanitär_groß
					4,24	4,00	6	m³	81,76	Längswände Sanitär_klein
					4,24	2,45	5	m³	51,94	Querwände Sanitär_klein
									Zwischensumme:	396,02
	1 OG und 2 OG				3,15	0,45	4	m³	5,67	Schachtwände längs
					3,15	0,78	4	m³	9,77	Schachtwände quer
					3,15	13,20	1	m³	41,58	Brandwand
					3,15	5,53	15	m³	261,29	Querwand
					3,15	2,45	3	m³	23,15	Querwände Sanitär oben rechts
					3,15	3,35	1	m³	10,55	Querwand rechts oben über Klo
					3,15	5,60	2	m³	35,28	Querwand rechts oben
					3,15	5,68	3	m³	53,68	Querwände Kante unten
					3,15	5,50	3	m³	51,98	Querwände Sanitär oben
					3,15	2,00	5	m³	31,50	Querwände Flur
					3,15	0,60	1	m³	1,89	Querwand links stummel
					3,15	21,93	1	m³	69,08	Längswand links Flur unten
					3,15	43,03	1	m³	135,54	Längswand links Flur oben
					3,15	24,28	1	m³	76,48	Längswand rechts Flur unten
					3,15	11,28	1	m³	35,53	Längswand rechts Flur oben
					3,15	6,81	1	m³	21,45	Längswand Sanitär rechts oben
					3,15	3,88	1	m³	12,22	Längswand Sanitär mitte unten
	3. bis 5. OG				2,90					
									Zwischensumme ein OG:	876,65
									Zwischensumme 1. und 2. OG:	1.753,29
									Zwischensumme 3. bis 5. OG:	2.829,94
									Summe aller OG's:	4.383,23
									Summe IWN:	5.060,47
Tragende Innenwände (IWT):										
	UG Lager				2,17	5,23	4	m³	45,40	Fahrradstühle und Treppenaufgänge tragend
					2,17	2,23	2	m³	9,68	Querwände Treppenaufgang
					2,17	4,55	2	m³	19,75	Querwände Treppenaufgang kurz - innen
					2,17	7,00	2	m³	30,38	Längswände Treppenaufgang kurz
									Zwischensumme:	105,20
	UG TG				2,16	5,00	1	m³	10,80	Innenwand Rampenverlängerung
					2,16	5,23	4	m³	45,19	Querwände Treppenaufgang lang
					2,16	2,23	2	m³	9,63	Querwände Treppenaufgang kurz
					2,16	7,00	2	m³	30,24	Längswände Treppenaufgang lang
					2,16	4,55	2	m³	19,66	Längswände Treppenaufgang kurz
									Zwischensumme:	115,52
	EG				4,24	5,73	4	m³	97,18	Querwände Treppenaufgänge tragend
					4,24	2,23	2	m³	18,91	Querwände Treppenaufgang innen
					4,24	4,95	2	m³	41,98	Längswand Treppenaufgang innen
					4,24	7,00	2	m³	59,36	Längswand Treppenaufgang tragend
									Zwischensumme:	217,43
	1 OG / 2. OG				3,15	2,23	2	m³	14,05	Querwände Treppenaufgang innen
					3,15	5,48	4	m³	69,05	Querwände Treppenaufgang r4 außen
					3,15	4,55	2	m³	29,67	Längswand Treppenaufgang r4 kurz
					3,15	7,00	2	m³	44,10	Längswand Treppenaufgang außen
	3. bis 5. OG				2,90					
									Zwischensumme ein OG:	155,86
									Zwischensumme 1. und 2. OG:	311,72
									Zwischensumme 3. bis 5. OG:	430,48
									Summe aller OG's:	742,20
									Summe IWT:	1.180,35
Innentüren/-Innenfenster (ITF):										
	Treppenschächte				2,00	100	8	St	16,00	2 Rauchschutzzüden je Etage
	UG				13,00	100	1	St	13,00	normale Innentür
	EG				6,00	100	1	St	6,00	Sanitär
	OG				32,00	100	5	St	160,00	Sanitär + Rauchschutztüren in der Brandwand, keine Türen zu Büro
									Summe St:	195,00
									Summe ITF:	377,33
									Anteil UG:	32,90
Innenwandbekleidungen (IBK):										
	Fließen EG				2,00	3,85	6	m²	46,2	Lichte Wandfläche, Annahme: Putz nur an tragenden Wänden, Fahrstuhl nur von Außen verputzt
					2,00	2,15	6	m²	25,8	Sanitär Längswände
					2,00	5,20	2	m²	20,8	Sanitär Querwände
					2,00	4,10	2	m²	16,4	Sanitär raum 2
					2,00	3,90	2	m²	15,6	Sanitär Raum 3
					2,00	2,10	2	m²	8,4	Sanitär Raum 3
									Zwischensumme EG:	133,20
	Fliesen OG nur im Bad				2,00	3,85	2	m²	15,40	Sanitär unten Längswände
					2,00	2,15	2	m²	8,60	Sanitär unten Querwände
					2,00	3,05	2	m²	12,20	Sanitär oben rechts Längswände 1
					2,00	3,25	2	m²	13,00	Sanitär oben rechts Längswände 2
					2,00	2,15	2	m²	8,60	Sanitär oben rechts Querwände 1
					2,00	2,15	2	m²	8,60	Sanitär oben rechts Querwände 2
					2,00	2,45	2	m²	9,80	Sanitär oben links Längswände, kein Putz an Fenstersseite
					2,00	5,50	4	m²	44,00	Sanitär oben links Querwände
									Zwischensumme ein OG:	120,20
									Zwischensumme EG bis 5. OG:	734,20
	Putz UG Lager				2,17	25,41	2	m²	10,28	Treppenaufgang rechts und links Innen
					2,17	17,86	2	m²	77,51	Treppenaufgang rechts und links Außen
									Zwischensumme:	187,79
	Putz UG TG				2,16	27,51	2	m²	118,84	Treppenaufgang rechts und links Innen
	AWF Innen wird nicht verputzt, da Sichtbeton				2,16	12,86	2	m²	55,56	Treppenaufgang rechts und links Außen
									Zwischensumme:	174,40
	Putz EG				4,24	20,01	2	m²	89,68	Treppenaufgang rechts und links Innen
					4,24	18,46	2	m²	86,54	Treppenaufgang rechts und links Außen
									Zwischensumme:	326,23
	Putz 1 OG bis 2. OG				3,15	17,86	2	m²	112,52	Treppenaufgang rechts und links Innen
	Putz 3. OG bis 5. OG				3,15	16,01	2	m²	100,86	Treppenaufgang rechts und links Außen

Tabelle D-17: Mengenermittlung – Realisierung mittlere Variabilität (Teil 3 von 3)
Table D-17: Quantity determination - realisation of medium variability (part 3 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung						Menge	Bemerkungen	
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit			
Elementierte Innenwände [IWE]:										
	EG			4,24	13,20		0	m ²	0,00	Annahme: 2 Stück über volle Breite und Höhe im EG
									Summe ITF:	0,00
KG 363: Klempnerarbeiten:										
	Rinne			1,00	82,10		2	m	164,20	Annahme: 2 Stück über volle Breite und Höhe im EG
	Fallrohre			1,00	29,47		10	m	294,70	von OK Bodenplatte bis OK Decke 5.OG
									Summe Klempner:	458,90
KG 369: Sekurant:										
	Länge			1,00	2,00		12	St	24,00	ABS Safety GmbH: < 7,5 m Abstand = 12 Stück pro Länge und Seite
	Breite			1,00	2,00					
									Summe:	30,00
KG 359: Treppengeländer:										
	Schächte außen UG Lager			1,00	11,86		2	m	23,72	mit Zwischenpodest, d.h. zwei Treppen pro Geschoß
	Schächte außen UG TG			1,00	11,86		2	m	23,72	Nur Handlauf in äußeren Treppenaufgängen auf beiden Seiten der Treppe
	Schächte außen EG			1,00	11,86		2	m	23,72	mit h: 2,55 daml l: 3,0 m
										mit h: 2,59 daml l: 3,5 m
										mit h: 3,43 daml l: 4,6 m
	Schächte außen 1-5.OG			2,00	15,46		5	m	154,60	mit h: 3,00 daml l: 4,6 m
									Zwischensumme UG bis EG:	71,16
									Zwischensumme:	154,60
									Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:	773,00
									Summe:	844,16
Deckenbeläge einzeln:										
	UG TG			1,95	8100		1	m ²	129195	Äußere Abmessungen in Bodenhöhe
	Abzug Wände		2,17	0,25	19,89		-1	m ²	-13,58	Raumhöhe aus Flächenmaß IWF [lichtes Maß]
	Abzug Treppenhäuser								-80,37	
									Zwischensumme:	1.198,00
	EG			13,20	8130		1	m ²	1073,6	Raumhöhe aus Flächenmaß IWF [lichtes Maß]
	Abzug Wände		4,24	0,23	613,44		-1	m ²	-32,55	Raumhöhe aus Flächenmaß IWF [lichtes Maß]
	Abzug Treppenhäuser								-80,37	
									Zwischensumme:	960,24
	1.OG			13,20	8130		1	m ²	1073,6	
	2.OG			13,20	8130		1	m ²	1073,6	
	3.OG			13,20	8130		1	m ²	1073,6	
	4.OG			13,20	8130		1	m ²	1073,6	
	5.OG			13,20	8130		1	m ²	1073,6	
	Abzug Wände 1-2.OG			0,18	1035,66		-2	m ²	-372,84	
	Abzug Wände 3-5.OG			0,18	953,46		-3	m ²	-544,87	
	Abzug Treppenhäuser								-321,48	
									Zwischensumme:	4.156,61
									Summe Beläge:	6.314,85
									Summe Hohraumboden:	4.156,61
										1.OG bis 5.OG
Sanitär-Boden:										
	EG			2,15	4,05		4	m ²	34,83	Bodenfläche Sanitärräume
				2,15	4,80		2	m ²	20,64	4 gleich große Sanitärräume
										2 andere
									Zwischensumme:	55,47
	OG			2,15	3,85		1	m ²	8,28	Sanitärräume unten
				2,15	3,05		1	m ²	6,56	Sanitärräume oben rechts 1
				2,15	3,25		1	m ²	6,99	Sanitärräume oben rechts 2
				5,50	2,45		2	m ²	26,95	Sanitärräume oben links
									Zwischensumme:	48,77
									Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:	243,86
									Summe:	299,33
Bodenbelag:										
	EG								960,24	Laminat
	1OG bis 5. OG						0,8		3.325,29	80% Textil, 20% Linoleum
							0,2		831,32	80% Textil, 20% Linoleum
Estrich:										
	EG bis 5. OG								5.365,80	Summe EG bis 5. OG (DEF)
	EG	Treppenaufgang		7,05	5,70		-2	m ²	-80,37	Treppenaufgang
										linker und rechter Aufzug Person
									Zwischensumme:	992,79
	OG	Treppenaufgang		7,05	5,70		-2	m ²	-80,37	Treppenaufgang
										linker und rechter Aufzug Person
									Zwischensumme ein OG:	992,79
									Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:	4.963,95
		Wände EG	4,24	0,20	613,44		-1	m ²	-28,94	
		1 und 2. OG	3,15	0,18	1035,66		-2	m ²	-183,36	
		3. bis 5. OG	2,90	0,18	1035,66		-3	m ²	-92,85	da unterschiedliche Raumhöhen laut Schnitt SN
									Summe:	5.956,74
Fertigteiltreppen:										
	UG Lager			2,00	2,10		2	m ³	8,40	Annahme: 2,10 m ³ Einzelvolumen (2x pro Geschoß) bei 9 Stg. 18,5/30
										Treppenaufgänge rechts und links
									Zwischensumme:	8,40
	UG TG			2,00	2,10		2	m ³	8,40	Treppenaufgänge rechts und links
									Zwischensumme:	8,40
	EG			2,00	2,10		2	m ³	8,40	Treppenaufgänge rechts und links
									Zwischensumme:	8,40
	OG			2,00	3,00		2	m ³	12,00	Treppenaufgänge rechts und links
									Zwischensumme:	12,00
									Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:	60,00
									Summe Fertigteile:	85,20
Oberflächenschutzsystem KG 352:										
	UG TG	Treppenaufgang		1,95	8100		1	m ²	129195	
		Aufzug		7,05	5,70		-2	m ²	-80,37	Treppenaufgang
										linker und rechter Aufzug Person
									Zwischensumme:	-80,37
									Summe:	1.211,58
Abgehängene Decke KG 353:										
	EG			13,20	8130		1	m ²	1073,6	betrifft EG bis 5. OG (6 Decken)
	1.OG			13,20	8130		1	m ²	1073,6	
	2.OG			13,20	8130		1	m ²	1073,6	
	3.OG			13,20	8130		1	m ²	1073,6	
	4.OG			13,20	8130		1	m ²	1073,6	
	Decke über 5. OG			13,20	8130		1	m ²	1073,6	
									Zwischensumme:	6.438,96
	Abzüge Kerne	Treppenaufgang		7,05	5,70		-2	m ²	-80,37	Treppenaufgang
		Aufzug								
									Zwischensumme:	-80,37
									Zwischensumme ein OG:	-80,37
									Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:	-401,85
	Abzüge Wände	Wände EG	4,24	0,23	613,44		-1	m ²	-32,55	
		1 und 2. OG	3,15	0,18	1035,66		-2	m ²	-183,36	
		3. bis 5. OG	2,90	0,18	1035,66		-3	m ²	-92,85	da unterschiedliche Raumhöhen laut Schnitt SN
									Zwischensumme Abzüge Wände:	-343,76
									Summe:	5.693,35
Mauerwerk Außenwand KG 332:										
	1-5.OG	KS/Ytong		1,10	192,20		5	m ²	1.057,10	EG ohne Brüstung, komplette Verglasung
										OGs als Bandfassade mit h = 1,10 m
Außenwandbekleidung außen KG 335:										
	Brüstung, 1-5.OG	KS/Ytong		1,10	192,20		5	m ²	1.057,10	EG ohne Brüstung, komplette Verglasung
	Decken, 1-5.OG			5,10	192,20		1	m ²	980,22	OGs als Bandfassade mit h = 1,10 m
										d.h. 6 Decken + Attika verkleiden
									Summe:	2.037,32
Pfosten-Riegel-Fassade KG 334:										
	EG			4,24	192,20		1	m ²	814,93	Annahme Pfosten-Riegel-Fassade zur Glasaufschalung/Fenster
	1.OG			2,05	192,20		1	m ²	394,01	EG: komplette Höhe
	2.OG			2,05	192,20		1	m ²	394,01	OGs: zwischen Brüstung und Decke
	3.-5.OG			1,80	192,20		3	m ²	1.037,88	
									Summe:	2.640,83

Tabelle D-18: Mengenermittlung – Realisierung hohe Variabilität (Teil 1 von 3)
Table D-18: Quantity determination - realisation of high variability (part 1 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung						Menge	Bemerkungen
		Material	Dicke (m)	Breite/ Höhe	Länge (m)	Faktor	Einheit		
Bruttoarundfläche (BRGF):									
	UG Lager			16,85	8160		m²	1374,96	ohne Dämmung
	UG TG			16,85	8160		m²	1374,96	inkl. Treppenaufgänge
	Rampe			5,70	19,00		m²	108,30	aus CAD-Datei gelesen
	EG			14,00	82,10		m²	1149,40	
	1 OG			14,00	82,10		m²	1149,40	
	2 OG			14,00	82,10		m²	1149,40	
	3 OG			14,00	82,10		m²	1149,40	
	4 OG			14,00	82,10		m²	1149,40	
	5 OG			14,00	82,10		m²	1149,40	
								Summe BRGF:	9.754,62
Fläche des Baugrundstücks (FRG):									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Außenanlagenfläche (AUF):									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Bauvolumeninhalt (BGV):									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Gründungsfläche (GRF):									
								1374,96	Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Außenwandfläche (AWF):									
	UGs		4,93	8160	2	m²	804,58	vertikal ab OK Bodenplatte bis OK Attika	nach Plan: SN quer, längs, von OK Streifenfundamenten bis OK UG-Decke
	EG bis 5. OG		16,55	8160	2	m²	2688,00	nach Plan: UG Lager, von OK Streifenfundamenten bis OK UG-Decke	
			26,16	82,10	2	m²	4295,47	nach Plan: SN quer, längs, von OK UG-Decke bis OK Attika	
			26,16	14,00	2	m²	732,48	nach Plan: SN quer, längs, von OK UG-Decke bis OK Attika	
								Summe AWF:	5.995,71
Innenwandfläche (IWF):									
	UG Lager		2,17	10,53	2	m²	45,70	vertikal ab OK Bodenplatte bis OK Attika	
			2,17	5,23	5	m²	56,69	Querwände lang	
			2,17	7,83	2	m²	33,96	Querwände kurz unten	
			2,17	21,35	2	m²	92,66	Längswand außen	
			2,17	5,43	4	m²	47,09	Längswand mitte	
			2,17	2,48	2	m²	10,74	Querwände TA I +r außen	
			2,17	2,23	2	m²	9,66	Querwände TA I +r FA	
			2,17	5,43	2	m²	23,54	Querwände TA I +r MA	
			2,17	2,05	2	m²	8,90	Querwände TA m außen	
			2,17	8,35	2	m²	35,24	Querwände TA m FA	
			2,17	5,40	2	m²	23,44	Längswände TA I +r außen	
			2,17	5,65	1	m²	12,26	Längswände TA I +r Treppe	
			2,17	2,45	2	m²	10,63	Längswände TA m außen	
							Zwischensumme:	411,51	
	UG TG		2,16	5,30	1	m²	11,45	Innenwand Rampenverlängerung	
			2,16	5,43	4	m²	46,87	Querwände TA I +r außen	
			2,16	2,48	2	m²	10,69	Querwände TA I +r FA	
			2,16	2,23	2	m²	9,61	Querwände TA I +r MA	
			2,16	5,43	2	m²	23,44	Querwände TA m außen	
			2,16	2,05	2	m²	8,86	Querwände TA m FA	
			2,16	8,35	2	m²	35,07	Längswände TA I +r außen	
			2,16	5,40	2	m²	23,33	Längswände TA I +r Treppe	
			2,16	5,65	1	m²	12,20	Längswände TA m außen	
			2,16	2,45	2	m²	10,58	Längswände TA m FA	
							Zwischensumme:	193,10	
	EG		4,24	7,48	1	m²	31,69	Querwand links über TA1	
			4,24	7,48	1	m²	31,69	Querwand über TA3	
			4,24	5,54	2	m²	46,94	Querwand rechts über TA2_lang	
			4,24	1,75	2	m²	14,84	Querwand rechts über TA2_kurz	
			4,24	5,73	1	m²	24,27	Querwand neben TA3	
			4,24	2,45	1	m²	10,38	Querwand Sanitär1	
			4,24	4,48	1	m²	18,97	Querwand Sanitär2	
			4,24	2,45	1	m²	10,39	Querwand Sanitär3	
			4,24	2,30	1	m²	9,75	Querwand Sanitär4	
			4,24	2,30	1	m²	9,75	Querwand Sanitär5	
			4,24	4,00	2	m²	33,92	Längswand Sanitär1	
			4,24	5,35	1	m²	22,68	Längswand Sanitär2	
			4,24	4,00	2	m²	33,92	Längswand Sanitär3	
			4,24	4,00	1	m²	16,96	Längswand Sanitär4	
			4,24	4,00	1	m²	16,96	Längswand Sanitär5	
			4,24	2,65	1	m²	11,24	Längswand neben TA1	
			4,24	2,65	1	m²	11,24	Längswand neben TA3	
			4,24	6,30	1	m²	26,71	Längswand über TA2	
			4,24	2,00	1	m²	8,48	Längswand neben TA2	
			4,24	5,73	4	m²	97,40	Querwände TA I +r außen	
			4,24	2,48	2	m²	20,99	Querwände TA I +r FA	
			4,24	2,23	2	m²	18,87	Querwände TA I +r MA	
			4,24	5,73	2	m²	48,55	Querwände TA m außen	
			4,24	2,05	2	m²	17,38	Querwände TA m FA	
			4,24	8,35	2	m²	70,81	Längswände TA I +r außen	
			4,24	5,40	2	m²	45,79	Längswände TA I +r Treppe	
			4,24	5,65	1	m²	23,98	Längswände TA m außen	
			4,24	2,45	2	m²	20,78	Längswände TA m FA	
							Zwischensumme:	734,35	
	1 OG bis 5. OG Variante viele Sanitär		3,32	5,73	1	m²	19,01	Brandwand	
			3,32	12,60	2	m²	83,66	Querwände durchgehend, abzgl. 2 Stützen an den Enden	
			3,32	5,53	1	m²	293,75	Querwand	
			3,32	2,40	2	m²	15,94	Querwände Sanitär oben kurz	
			3,32	1,88	2	m²	12,45	Querwände Gang über TA2	
			3,32	1,80	1	m²	5,98	Querwand über TA3	
			3,32	2,45	1	m²	8,73	Querwand Sanitär mitte	
			3,32	1,78	2	m²	11,78	Querwände über TA1	
			3,32	0,60	1	m²	1,98	Querwand PA1	
			3,32	1,98	1	m²	6,56	Querwand PA4	
			3,32	27,05	1	m²	89,81	Längswand oben links	
			3,32	10,58	1	m²	35,11	Längswand unten links	
			3,32	3,15	1	m²	10,46	Längswand PA4	
			3,32	4,03	2	m²	26,73	Längswand Sanitär A3	
			3,32	16,23	1	m²	53,87	Längswand über TA3	
			3,32	4,03	1	m²	13,36	Längswand über S4	
			3,32	3,88	1	m²	12,87	Längswand unter S4	
			3,32	10,58	1	m²	35,11	Längswand links neben TA2	
			3,32	8,13	1	m²	26,98	Längswand rechts neben TA2	
			3,32	2,93	1	m²	9,71	Längswand rechts oben	
			3,32	4,08	1	m²	13,53	Längswand S2+3	
			3,32	8,30	1	m²	27,56	Längswand über TA2	
			3,32	5,73	4	m²	76,03	Querwände TA I +r außen	
			3,32	2,48	2	m²	16,43	Querwände TA I +r FA	
			3,32	2,23	2	m²	14,77	Querwände TA I +r MA	
			3,32	5,43	2	m²	36,02	Querwände TA m außen	
			3,32	2,05	2	m²	13,61	Querwände TA m FA	
			3,32	8,35	2	m²	55,44	Längswände TA I +r außen	
			3,32	5,40	2	m²	35,86	Längswände TA I +r Treppe	
			3,32	5,65	1	m²	18,70	Längswände TA m außen	
			3,32	2,45	2	m²	16,27	Längswände TA m FA	
							Zwischensumme ein OG:	1.097,53	
							Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:	5.487,63	
								Summe IWF:	6.826,59
Deckenfläche (DEF):									
	UG Lager		16,55	8100	1	m²	1340,55	Äußere Abmessungen in Bodenhöhe ohne Dämmung	
	UG TG		16,55	8100	1	m²	1340,55	wird hier nicht berücksichtigt, zählt als GRF!	
	EG		19,20	8130	1	m²	1073,16		
	1 OG		19,20	8130	1	m²	1073,16		
	2 OG		19,20	8130	1	m²	1073,16		
	3 OG		19,20	8130	1	m²	1073,16		
	4 OG		19,20	8130	1	m²	1073,16		
	5 OG		19,20	8130	1	m²	1073,16	wird hier nicht berücksichtigt, zählt als DAF!	
								Summe DEF:	6.706,35
Dachfläche (DAF):									
	Decke über 5. OG		19,20	8130	1	m²	1073,16	Äußere Abmessungen in Bodenhöhe Fassade mit 40cm	
								Summe DAF:	1.073,16
Dachkonstruktionsfläche (DKI):									
									entspricht DAF
								Summe DKI:	1.073,16
Dachfenster-/Dachbühnenfläche (DFB):									
	RWA		1,20	120	6	m²	8,64	Annahme 6 RWAs über Treppenaufgängen Abmessungen 120 x 120	
	Lichtkuppeln		1,00	100	25	m²	25,00		
								Summe DFB:	33,64
Dachbelastungsfläche (DBL):									
									Entspricht DAF minus DFB
								Summe DBL:	1.039,52
Dachbekleidungsfläche (DBK):									
									hier ohne Bekleidung, nur Dachbellage
								Summe DBK:	0,00
Deckenkonstruktionsfläche (DKK):									
	Treppenaufgang rechts und links		8,40	5,60	-2	m²	-94,08	Entspricht DEF minus Schächte und Treppenaufgänge	Treppenlauf
	Treppenaufgang B + Aufzug		5,70	5,60	-1	m²	-31,92		Mittlerer Treppenaufgang
								Zwischensumme:	-126,00
	Deckenflächen DEF							Summe alle Etagen:	-882,00
	Rampe in der Tiefgarage		5,00	5,00		m²	25,50		
								Summe DKK:	5.824,35
								Summe DKK (inkl. Rampe):	5.849,85

Tabelle D-19: Mengenermittlung – Realisierung hohe Variabilität (Teil 2 von 3)
Table D-19: Quantity determination - realisation of high variability (part 2 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung							Bemerkungen
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit	Menge	
Deckenbelagsfläche [DKBL]:									
		aus IWF:	Höhe [m]	Dicke [m]	IWF [m ²]				DKK minus Wandkonstruktion (Annahme: mittlere Breite 0,225m in UG's und 0,5 m EG/OG's)
		UG Lager	2,17	0,23	41151	-1	m ²	-42,67	Länge Innenwandflächen mal mittlere Breite
		UG TG	2,16	0,25	193,10	-1	m ²	-22,35	(Treppen ohne Beläge)
		EG	4,24	0,15	734,35	-1	m ²	-25,98	Raumhöhe aus IWF (lichtes Maß)
		1-4. OG	3,32	0,15	1097,53	-4	m ²	-98,35	(Decke über 5. OG = Dach)
		DKK						5.824,35	
								Summe DKBL:	5.535,00
Deckenbekleidungsfläche [DKBK]:									
								Summe DKBK:	5.535,00
Außenwandfläche tragend [AWT]:									
	UG TG		2,47		8160	2	m ²	403,10	vertikal ab OK Fundament/Decke bis UK Decke
			2,47		16,85	2	m ²	401,47	nach Plan: SN quer, längs
	UG Lager		2,46		8160	2	m ²	83,24	nach Plan: UG Lager
			2,46		16,85	2	m ²	82,90	
	Decken UG/TG		0,60		98,45	2	m ²	18,14	nach Plan: SN quer, längs, von OK Decke bis OK Attika
	Attika		0,80		82,10	2	m ²	13,36	
			0,80		14,00	2	m ²	22,40	
								Summe AWT:	1.242,62
Außenwandfläche nichttragend [AWN]:									
								Summe AWN:	0,00
Außenstützenlänge [AST]:									
	UG Lager		2,47		1	0	m	0,00	Messregel: Lichte Länge der Außenstützen
	UG TG		2,46		1	0	m	0,00	
	EG		4,24		1	26	m	10,24	von OK UG-Decke bis OK EG-Decke
	1. OG		3,32		1	26	m	86,32	
	2. OG		3,32		1	26	m	86,32	
	3. OG		3,32		1	26	m	86,32	
	4. OG		3,32		1	26	m	86,32	
	5. OG		3,32		1	26	m	86,32	
								Summe AST:	541,84
Innenstützenlänge [IST]:									
	UG Lager		2,47		1	22	m	54,34	Messregel: Lichte Länge der Außenstützen
	UG TG		2,46		1	21	m	51,66	
								Summe IST:	106,00
Außentüren-/Außenfensterfläche [ATF]:									
	Türen EG Haupt		2,50		2,30	7	m ²	40,25	Annahme 1-5. OG alle 3 Felder ein Fenster mit 2,5 m ²
	Türen UG's Flucht		2,50		0,90	0	m ²	0,00	Annahme EG Glasfassade und Fenster OG in Elementfassade
								Summe ATF:	40,25
Außenwandbekleidungen außen [ABKA]:									
	UGs		5,63		8130	2	m ²	95,44	AWF minus Öffnungen; von UK Streifenfundament bis GOK
			5,63		16,55	2	m ²	186,35	8160 abzgl. Dämmung; erdberührender Bereich
	Tor		2,20		5,10	-1	m ²	-11,22	Tor
								Summe ABKA:	1.090,57
Sonnenschutz [SSS]:									
								2.948,35	Annahme: komplette Fläche vor allen Fenstern in OG's nicht im Treppengang
								Summe ATF:	2.948,35
Nichttragende Innenwände [IWN]:									
	UG Lager		2,17		5,23	5	m ²	56,75	Annahme: Treppenhäuser sind tragend
			2,17		10,53	2	m ²	45,70	Querwände komplett
			2,17		61,30	1	m ²	133,02	Querwände lang; Annahme: Längswand ist tragend
								Zwischensumme:	235,47
	EG		4,24		7,48	1	m ²	31,69	Querwand links über TA1
			4,24		7,48	1	m ²	31,69	Querwand über TA3
			4,24		5,54	2	m ²	46,94	Querwand rechts über TA2 lang
			4,24		1,75	2	m ²	14,84	Querwand rechts über TA2 kurz
			4,24		5,73	1	m ²	24,27	Querwand neben TA3
			4,24		2,45	1	m ²	10,39	Querwand Sanitär1
			4,24		4,48	1	m ²	18,97	Querwand Sanitär2
			4,24		2,45	1	m ²	10,39	Querwand Sanitär3
			4,24		2,30	1	m ²	9,75	Querwand Sanitär4
			4,24		2,30	1	m ²	9,75	Querwand Sanitär5
			4,24		4,00	2	m ²	33,92	Längswand Sanitär1
			4,24		5,35	1	m ²	22,68	Längswand Sanitär2
			4,24		4,00	2	m ²	33,92	Längswand Sanitär3
			4,24		4,00	1	m ²	16,96	Längswand Sanitär4
			4,24		4,00	1	m ²	16,96	Längswand Sanitär5
			4,24		2,65	1	m ²	11,24	Längswand neben TA1
			4,24		2,68	1	m ²	11,34	Längswand neben TA3
			4,24		6,30	1	m ²	26,71	Längswand über TA2
			4,24		2,00	1	m ²	8,48	Längswand neben TA2
								Zwischensumme:	390,91
	1. OG bis 5. OG		3,32		5,73	1	m ²	19,01	Brandwand
			3,32		12,69	2	m ²	83,66	Querwände durchgehend, abzgl. 2 Stützen an den Enden
			3,32		6,53	1	m ²	293,75	Querwand
			3,32		2,40	2	m ²	15,94	Querwände Sanitär oben kurz
			3,32		1,88	2	m ²	12,45	Querwände Gang über TA2
			3,32		1,80	1	m ²	5,98	Querwand über TA3
			3,32		2,45	1	m ²	8,13	Querwand Sanitär mitte
			3,32		1,78	2	m ²	11,79	Querwände über TA1
			3,32		0,60	1	m ²	1,99	Querwand PA1
			3,32		1,98	1	m ²	6,56	Querwand PA4
			3,32		27,05	1	m ²	89,81	Längswand oben links
			3,32		10,58	1	m ²	35,11	Längswand unten links
			3,32		3,35	1	m ²	13,46	Längswand PA4
			3,32		4,03	2	m ²	26,73	Längswand Sanitär A3
			3,32		16,23	1	m ²	53,87	Längswand über TA3
			3,32		4,03	1	m ²	13,36	Längswand über S4
			3,32		3,88	1	m ²	12,87	Längswand unter S4
			3,32		10,58	1	m ²	35,11	Längswand links neben TA2
			3,32		8,13	1	m ²	26,98	Längswand rechts neben TA2
			3,32		2,93	1	m ²	9,71	Längswand rechts oben
			3,32		4,08	1	m ²	13,53	Längswand S2+3
			3,32		4,30	1	m ²	27,56	Längswand über TA2
								Zwischensumme ein OG:	814,33
								Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:	4.071,65
								Summe IWN:	4.698,02
Tragende Innenwände [IWT]:									
	UG Lager		2,17		5,43	4	m ²	47,09	Fahrräder und Treppenaufgänge tragend
			2,17		2,48	2	m ²	10,74	Querwände TA1+FA außen
			2,17		2,23	2	m ²	9,66	Querwände TA1+MFA
			2,17		5,43	2	m ²	23,54	Querwände TA m außen
			2,17		2,05	2	m ²	8,90	Querwände TA m FA
			2,17		8,35	2	m ²	36,24	Längswände TA1+FA außen
			2,17		5,40	2	m ²	23,44	Längswände TA1+Trepp
			2,17		5,65	1	m ²	12,26	Längswände TA m außen
			2,17		2,45	2	m ²	10,63	Längswände TA m FA
								Zwischensumme:	182,50
	UG TG		2,16		5,30	1	m ²	11,45	Innenwand Rampenverlängerung
			2,16		5,43	4	m ²	46,87	Querwände TA1+FA außen
			2,16		2,48	2	m ²	10,69	Querwände TA1+FA
			2,16		2,23	2	m ²	9,61	Querwände TA1+MFA
			2,16		5,43	2	m ²	23,44	Querwände TA m außen
			2,16		2,05	2	m ²	8,86	Querwände TA m FA
			2,16		8,35	2	m ²	36,07	Längswände TA1+FA außen
			2,16		5,40	2	m ²	23,33	Längswände TA1+Trepp
			2,16		5,65	1	m ²	12,20	Längswände TA m außen
			2,16		2,45	2	m ²	10,58	Längswände TA m FA
								Zwischensumme:	193,10
	EG		4,24		5,43	4	m ²	92,01	Querwände TA1+FA außen
			4,24		2,48	2	m ²	20,99	Querwände TA1+FA
			4,24		2,23	2	m ²	18,87	Querwände TA1+MFA
			4,24		5,43	2	m ²	46,00	Querwände TA m außen
			4,24		2,05	2	m ²	17,38	Querwände TA m FA
			4,24		8,35	2	m ²	70,81	Längswände TA1+FA außen
			4,24		5,40	2	m ²	45,79	Längswände TA1+Trepp
			4,24		5,65	1	m ²	23,96	Längswände TA m außen
			4,24		2,45	2	m ²	20,78	Längswände TA m FA
								Zwischensumme:	356,58
	1. OG bis 5. OG		3,32		5,73	4	m ²	76,03	Querwände TA1+FA außen
			3,32		2,48	2	m ²	16,43	Querwände TA1+FA
			3,32		2,23	2	m ²	14,77	Querwände TA1+MFA
			3,32		5,43	2	m ²	36,02	Querwände TA m außen
			3,32		2,05	2	m ²	16,61	Querwände TA m FA
			3,32		8,35	2	m ²	55,44	Längswände TA1+FA außen
			3,32		5,40	2	m ²	35,86	Längswände TA1+Trepp
			3,32		5,65	1	m ²	16,76	Längswände TA m außen
			3,32		2,45	2	m ²	16,27	Längswände TA m FA
								Zwischensumme:	283,20
								Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:	1.415,98
								Summe IWT:	2.148,17
Innentüren/Innentenster [ITF]:									
	Treppenschächte		30,00		100	1	St	30,00	Rauchschutztür je Etage 4x pro Etage
	UG		6,00		100	1	St	6,00	normale Innentür
	EG		6,00		100</				

Tabelle D-20: Mengenermittlung – Realisierung hohe Variabilität (Teil 3 von 3)
Table D-20: Quantity determination - realisation of high variability (part 3 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung				Einheit	Menge	Bemerkungen							
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]										
Innenwandbekleidungen IIBKI:															
Fließen EG						m²	616	Lichte Wandfläche, Annahme: Putz nur an tragenden Wänden, Fahrstuhl nur von Außen verputzt							
							34,4	Sanitär Längswände, da nur bis auf 2m Höhe gefliest wird							
							10	Sanitär G2							
							10,2	Sanitär G2							
							35,8	Sanitär G2							
							Zwischensumme ein OG:				152,00				
							Fliesen OG						m²	30,80	Sanitär unten Längswände
														17,20	Sanitär unten Querwände
														31,44	Sanitär oben rechts Längswände
														17,20	Sanitär oben rechts Querwände
9,80	Sanitär oben links Längswände, kein Putz an Fensterseite														
44,00	Sanitär oben links Querwände														
Zwischensumme ein OG:				150,44											
Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:				752,20											
Zwischensumme EG bis 5. OG:				904,20											
Putz UG Lager						m²	10160	Treppenaufgang rechts und links Innen							
							83,37	Treppenaufgang rechts und links Außen							
							33,87	Treppenaufgang mitte Innen							
							35,83	Treppenaufgang mitte Außen							
							20,09	Fahrstuhl Mitte Außen							
							Zwischensumme:				274,77				
Putz UG TG						m²	10113	Treppenaufgang rechts und links Innen							
							82,99	Treppenaufgang rechts und links Außen							
							33,72	Treppenaufgang mitte Innen							
							35,66	Treppenaufgang mitte Außen							
							20,00	Fahrstuhl Mitte Außen							
							Zwischensumme:				273,50				
Putz EG						m²	43,06	Treppenaufgang rechts und links Innen							
							58,17	Treppenaufgang rechts und links Außen							
							63,01	Treppenaufgang mitte Innen							
							65,13	Treppenaufgang mitte Außen							
							9,63	Fahrstuhl Mitte Außen							
							Zwischensumme:				348,99				
Putz 1.OG bis 5. OG						m²	12,02	Treppenaufgang rechts und links Innen							
							45,55	Treppenaufgang rechts und links Außen							
							49,17	Treppenaufgang mitte Innen							
							51,66	Treppenaufgang mitte Außen							
							6,37	Fahrstuhl Mitte Außen							
							Zwischensumme:				273,77				
Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:				1.368,84											
Summe Putz:				2.266,10											
Summe IIBK:				3.170,30											
Elementierte Innenwände IIEWI:															
EG						m²	0,00	Annahme: 2 Stück über volle Breite und Höhe im EG							
							Summe ITF:				0,00				
KG 363: Klempnerarbeiten:															
Rinne Fallrohre						m	164,20	Annahme: 2 Stück über volle Breite und Höhe im EG							
							312,90								
							Summe Klempner:				477,10				
KG 369: Sekurant:															
Länge Breite						St	24,00	ABS Safety GmbH: < 7,5 m Abstand = 2 Stück pro Länge und Seite							
							6,00								
							Summe:				30,00				
KG 359: Treppeneinländer:															
Schächte außen UG Lager Schächte außen UG TG Schächte außen EG Schächte außen 1.-5.OG zzgl. Schacht innen						m	20,60	mit Zwischenpodest, d.h. zwei Treppen pro Geschoß							
							17,00	Nur Handlauf in äußeren Treppenaufgängen auf beiden Seiten der Treppe							
							27,80	mit h: 2,55 dami l: 3,0 m							
							65,40	mit h: 2,59 dami l: 3,5 m							
							145,60	mit h: 3,43 dami l: 4,6 m							
							55,20	mit h: 3,00 dami l: 4,6 m							
							5,50	Wert Treppenschacht analog geringe Var.							
							Zwischensumme UG bis EG:				65,40				
							Zwischensumme:				145,60				
							Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:				728,00				
Summe:				1.308,60											
Deckenbeläge einzeln:															
UG TG Abzug Treppenhäuser Abzug Wände EG Abzug Wände Abzug Treppenhäuser 1.OG 2.OG 3.OG 4.OG 5.OG Abzug Wände 1-5.OG Abzug Treppenhäuser						m²	129195	Außere Abmessungen in Bodenhöhe							
							-26,00								
							-48,28								
							Zwischensumme:				1.117,67				
							1073,16								
							-10,15								
							-26,00								
							Zwischensumme:				837,01				
							1073,16								
							1073,16								
1073,16															
1073,16															
1073,16															
1073,16															
1073,16															
-823,14															
-630,00															
Zwischensumme:				3.912,66											
Summe Beläge:				5.867,34											
Summe Hohlrumboden:				3.912,66											
							1.OG bis 5.OG								
Sanitär, Boden:															
EG OG						m²	38,30	Bodenfläche Sanitärräume							
							20,25	4 gleich große Sanitärräume							
							58,55	Sanitär G2							
							6,58	Sanitärräume unten							
							6,90	Sanitärräume oben rechts							
							26,95	Sanitärräume oben links							
							Zwischensumme:				60,40				
							Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:				302,02				
							Summe:				360,57				
							Bodenbelag:								
EG 1OG bis 5. OG							837,01	Laminat							
							3.130,12	80% Textil, 20% Linoleum							
							782,53	80% Textil, 20% Linoleum							
Estrich:															
EG bis 5. OG EG Wände EG OG Wände OG						m²	5.535,00	entspricht DKBL ohne UG, da Bodenplatte in KG 325 und TG mit OS11							
							-94,08	Treppenlauf							
							-3192								
							-25,98								
							Zwischensumme:				921,18				
							-94,08	Treppenlauf							
							-3192								
							-69,50								
							Zwischensumme ein OG:				887,66				
							Estrich 1. bis 5. OG:				4.438,28				
Summe Estrich:				5.359,46											
Fertigteiltreppen:															
UG Lager UG TG EG OG						m³	7,20	Treppenaufgänge rechts und links							
							4,20	Treppenaufgang Mitte							
							Zwischensumme:				11,40				
							8,40	Treppenaufgänge rechts und links							
							4,20	Treppenaufgang Mitte							
							Zwischensumme:				12,60				
							7,20	Treppenaufgänge rechts und links							
							3,60	Treppenaufgänge rechts und links kurz							
							4,20	Treppenaufgang Mitte							
							Zwischensumme:				15,00				
12,00	Treppenaufgänge rechts und links														
4,20	Treppenaufgang Mitte														
Zwischensumme:				16,20											
Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:				81,00											
Summe Fertigteile:				120,00											
Oberflächenschutzsystem KG 362:															
UG TG Abzüge TH						m²	129195								
							-26,00								
Summe:				1.165,95											
Abgehängene Decke KG 363:															
EG 1.OG 2.OG 3.OG 4.OG Decke über 5. OG Abzug TH						m²	1073,16	betrifft EG bis 5. OG (6 Decken)							
							1073,16								
							1073,16								
							1073,16								
							1073,16								
							1073,16								
							Zwischensumme:				6.438,96				
							Zwischensumme 6 Decken:				-756,00				
							Summe:				5.359,46				
							Außenwandbekleidung, außen KG 334:								
Brüstung, 1.-5. OG Decken, 1-5. OG						m²	1057,90	EG ohne Brüstung, komplette Verglasung							
							108,66	OGs als Bandfassade mit h = 1,10 m							
							2.075,76	d.h. 6 Decken + Attika verkleiden							
Pfosten-Riegel-Fassade KG 334:															
EG 1-5.OG						m²	84,93	Annahme Pfosten-Riegel-Fassade zur Glasaufschaltung/Fenster							
							2.134,42	EG: komplette Höhe							
							Summe:				2.948,35				

D.2.4 Mengenermittlung für die Umbaukosten
Quantity determination for the renovation costs

Tabelle D-21: Mengenermittlung – Umbau geringe Variabilität in Wohnen (Teil 1 von 3)
Table D-21: Quantity determination - conversion low variability in residential use (part 1 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung							Bemerkungen
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit	Menge	
Bruttogrundfläche [BGF]:									
	UG Lager			16,850	8,160		m ²	1374,96	ohne Dämmung
	UG TG			16,850	8,160		m ²	1374,96	inkl. Treppenaufgänge
	Rampe			5,700	19,00		m ²	108,30	aus CAD-Datei gelesen
	EG			11,000	82,0		m ²	1149,40	
	1 OG			11,000	82,0		m ²	1149,40	
	2 OG			11,000	82,0		m ²	1149,40	
	3 OG			11,000	82,0		m ²	1149,40	
	4 OG			11,000	82,0		m ²	1149,40	
	5 OG			11,000	82,0		m ²	1149,40	
								Summe BGF:	9.754,62
Fläche des Baugrundstücks [FBG]:									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Außenanlagenfläche [AUF]:									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Baugrubenrauminhalt [BGII]:									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Gründungsfläche [GRFI]:									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Außenwandfläche [AWFI]:									
	UGs			4,930	8,130	2	m ²	80,162	vertikal ab OK Bodenplatte bis OK Attika
				4,930	16,85	2	m ²	166,14	nach Plan: SN quer, längs, von OK Streifenfundamenten bis OK UG-Decke
	EG bis 5. OG			22,200	82,0	2	m ²	3.645,24	nach Plan: SN quer, längs, von OK UG-Decke bis OK Attika
				22,200	14,00	2	m ²	621,60	nach Plan: SN quer, längs, von OK UG-Decke bis OK Attika
								Summe AWF:	5.234,60
Innenwandfläche [IWF]:									
	UG Lager			2,17	10,23	1	m ²	22,19	Querwand oben lang
				2,17	10,53	1	m ²	22,84	Querwand oben lang durchgehend
				2,17	5,23	6	m ²	68,03	Querwand unten Lager
				2,17	3,58	2	m ²	15,52	Querwand unten Waschküche
				2,17	10,53	1	m ²	22,84	Längswand unten links
				2,17	48,35	1	m ²	104,92	Längswand unten mitte
				2,17	10,53	1	m ²	22,84	Längswand unten rechts
				2,17	5,43	4	m ²	47,08	Querwände Treppenaufgang
				2,17	2,05	4	m ²	17,79	Querwände Fahrstuhlschacht
				2,17	5,65	2	m ²	24,52	Längswände Treppenaufgang
				2,17	2,45	4	m ²	21,27	Längswände Fahrstuhlschacht
								Zwischensumme UG Lager:	389,84
	UG TG			2,16	5,43	4	m ²	46,87	Querwände Treppenaufgang
				2,16	2,05	4	m ²	17,71	Querwände Fahrstuhlschacht
				2,16	5,65	2	m ²	24,41	Längswände Treppenaufgang
				2,16	2,45	4	m ²	21,17	Längswände Fahrstuhlschacht
								Zwischensumme UG TG:	110,16
	EG			4,28	13,20	3	m ²	169,49	Brandwand
				4,28	3,83	2	m ²	32,74	Querwände Sanitär außen
				4,28	7,48	2	m ²	63,99	Querwände Fahrradkeller
				4,28	4,20	2	m ²	35,95	Querwände Sanitär mitte außen
				4,28	3,85	2	m ²	32,96	Querwände Sanitär mitte Innen
				4,28	2,65	2	m ²	22,68	Längswände Sanitär außen
				4,28	5,35	4	m ²	91,59	Längswände Sanitär mitte
				4,28	5,65	2	m ²	48,36	Querwand TA oben
				4,28	5,73	2	m ²	49,01	Längswand TA lang
				4,28	3,65	2	m ²	31,24	Längswand TA kurz
				4,28	2,45	4	m ²	42,194	Querwände Fahrstuhlschacht
				4,28	5,73	4	m ²	98,01	Längswand TA außen
				4,28	3,65	1	m ²	15,62	Längswand TA links Innen
				4,28	3,65	1	m ²	15,62	Längswand TA echts Innen
								Zwischensumme EG:	749,21
	1 OG und 5. OG			2,90	3,00	1	m ²	8,70	Längswand W1 Sanitär ganz links
				2,90	4,10	1	m ²	11,89	Längswand W1 Schlafen ganz links
				2,90	3,50	1	m ²	10,15	Längswand W1 Sanitär oben
				2,90	3,85	1	m ²	11,17	Längswand W1 Sanitär Innen
				2,90	4,70	1	m ²	13,63	Querwand W1 Sanitär verschachtelt
				2,90	10,08	1	m ²	40,62	Längswand Flur links links
				2,90	0,76	1	m ²	2,21	Längswand W1 Küche
				2,90	2,53	1	m ²	7,32	Längswand W1 Sanitär mitte
				2,90	2,60	1	m ²	7,54	Längswand W2 Küche
				2,90	3,58	1	m ²	10,37	Längswand W2 Schlafen
				2,90	16,98	1	m ²	46,33	Längswand Flur links mitte unten
				2,90	3,70	1	m ²	10,73	Längswand W3 Küche
				2,90	3,70	1	m ²	10,73	Längswand W3 Schlafen
				2,90	3,70	1	m ²	10,73	Längswand W4 Küche
				2,90	3,70	1	m ²	10,73	Längswand W4 Schlafen
				2,90	3,30	1	m ²	9,27	Längswand W5 Schlafen
				2,90	4,78	1	m ²	13,85	Längswand E5 Sanitär verschachtelt
				2,90	3,47	3	m ²	30,22	Längswand W5 Sanitär Innen
				2,90	2,00	1	m ²	5,80	Querwand W1 Sanitär ganz links
				2,90	5,70	1	m ²	16,53	Querwand W1 Schlafen
				2,90	6,68	1	m ²	16,46	Querwand W1 unten
				2,90	5,50	1	m ²	15,95	Querwand W1 Trennung Essbereich
				2,90	1,60	1	m ²	4,64	Querwand W1 Küche
				2,90	5,50	1	m ²	15,95	Querwand W1 Trennung Arbeitsplatz
				2,90	5,20	1	m ²	15,08	Querwand W2 Trennwand
				2,90	1,78	1	m ²	5,15	Querwand W1 Flur kurz
				2,90	5,95	1	m ²	17,26	Querwand Flur links mitte
				2,90	3,23	1	m ²	9,35	Querwand W2 Sanitär
				2,90	10,85	1	m ²	31,47	Querwand W2/3 Trennwand
				2,90	3,93	1	m ²	11,38	Querwand W3 Schlafen
				2,90	1,85	1	m ²	5,37	Querwand W3 Sanitär
				2,90	10,85	1	m ²	31,47	Querwand W3/4 Trennwand
				2,90	3,93	1	m ²	11,38	Querwand W4 Schlafen
				2,90	2,85	1	m ²	8,27	Querwand W4 Sanitär
				2,90	12,30	1	m ²	35,67	Querwand W4/5 Trennwand
				2,90	4,05	1	m ²	11,75	Querwand W5 Schlafen außen
				2,90	3,90	1	m ²	11,31	Querwand W5 Schlafen Innen
				2,90	7,53	1	m ²	21,82	Querwand W5 Sanitär + Schlafen
								Summe eines OG's - Hälfte:	577,41
				2,90	13,20	1	m ²	38,28	Brandwand
				2,90	5,73	4	m ²	66,41	Querwände Treppenaufgang
				2,90	2,05	4	m ²	23,78	Querwände Fahrstuhlschacht
				2,90	5,65	2	m ²	32,77	Längswände Treppenaufgang
				2,90	2,45	4	m ²	28,42	Längswände Fahrstuhlschacht
								Zwischensumme ein OG:	1.344,48
								Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:	6.722,40
								Summe IWF:	7.971,62
Deckenfläche [DEF]:									
	UG Lager			13,20	8,130	1	m ²	1073,16	Außere Abmessungen in Bodenhöhe ohne Dämmung
	UG TG			13,20	8,130	1	m ²	1073,16	
	EG			13,20	8,130	1	m ²	1073,16	
	1 OG			13,20	8,130	1	m ²	1073,16	
	2 OG			13,20	8,130	1	m ²	1073,16	
	3 OG			13,20	8,130	1	m ²	1073,16	
	4 OG			13,20	8,130	1	m ²	1073,16	
	5 OG			13,20	8,130	1	m ²	1073,16	wird nicht berücksichtigt nur für Estrich rechnung notwendig!
								Summe DEF:	7.512,12

Tabelle D-23: Mengenermittlung – Umbau geringe Variabilität in Wohnen (Teil 3 von 3)
Table D-23: Quantity determination - conversion low variability in residential use (part 3 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung						Menge	Bemerkungen																		
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit																				
Innenwandbekleidungen (IBK):																											
Fliesen EG					2,00	3,83	4	m ²	30,60	Lichte Wandfläche																	
					2,00	3,85	8	m ²	61,60	Querwände Sanitär außen																	
					2,00	2,50	4	m ²	20,00	Querwände Sanitär Innen																	
					2,00	2,55	4	m ²	20,40	Längswände Sanitär außen																	
					2,00	2,50	4	m ²	20,00	Längswände Sanitär Innen																	
					Zwischensumme EG:						152,60																
					Fliesen OG					2,00	1,80	2	m ²	7,20	Querwände Sanitär W1oben												
										2,00	1,45	2	m ²	5,80	Querwände Sanitär W1unten												
										2,00	1,80	2	m ²	7,20	Querwände Sanitär W2 links												
										2,00	1,45	2	m ²	5,80	Querwände Sanitär W2 rechts												
										2,00	3,23	2	m ²	12,90	Querwände Sanitär W3												
										2,00	1,85	2	m ²	7,40	Querwände Sanitär W4												
										2,00	1,85	2	m ²	7,40	Querwände Sanitär W5												
										2,00	1,82	2	m ²	7,30	Querwände Sanitär W6 oben												
										2,00	1,50	2	m ²	6,00	Querwände Sanitär W6 verschachtelt												
										2,00	2,85	2	m ²	11,40	Längswände Sanitär W1oben												
										2,00	3,85	2	m ²	15,40	Längswände Sanitär W1unten												
										2,00	3,50	2	m ²	14,00	Längswände Sanitär W2 links												
										2,00	2,53	2	m ²	10,10	Längswände Sanitär W2 rechts												
										2,00	1,83	2	m ²	7,30	Längswände Sanitär W3												
2,00	2,85	2	m ²	11,40						Längswände Sanitär W4																	
2,00	2,85	2	m ²	11,40						Längswände Sanitär W5																	
2,00	3,47	2	m ²	13,89						Längswände Sanitär W6 oben																	
2,00	3,47	2	m ²	13,90						Längswände Sanitär W6 verschachtelt																	
Summe eines OG's Hälfte										175,78																	
Zwischensumme ein OG:										351,57																	
Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:						1.757,84																					
Fliesen Gesamt:						1.910,44																					
Putz UG Lager					2,17	5,43	4	m ²	47,09	Querwände Treppenaufgang außen																	
					2,17	5,65	2	m ²	24,52	Längswände Treppenaufgang außen																	
					2,17	5,45	4	m ²	44,70	Längswand Treppenaufgang außen innen																	
					2,17	5,23	4	m ²	45,35	Querwände Treppenaufgang außen innen																	
					2,17	2,45	4	m ²	21,27	Längswand Fahrstuhlschacht																	
					2,17	2,05	4	m ²	17,79	Querwand Fahrstuhlschacht																	
Zwischensumme UG Lager:						200,73																					
Putz UG TG					2,16	5,43	4	m ²	46,87	Querwände Treppenaufgang außen																	
					2,16	5,65	2	m ²	24,41	Längswände Treppenaufgang außen																	
					2,16	5,45	4	m ²	44,50	Längswand Treppenaufgang außen innen																	
					2,16	5,23	4	m ²	45,14	Querwände Treppenaufgang außen innen																	
					2,16	2,45	4	m ²	21,17	Längswand Fahrstuhlschacht																	
					2,16	2,05	4	m ²	17,71	Querwand Fahrstuhlschacht																	
Zwischensumme UG TG:						199,80																					
Putz EG					4,28	5,73	2	m ²	49,01	Querwände TA außen																	
					4,28	5,48	2	m ²	46,87	Querwände TA Innen lang																	
					4,28	3,65	4	m ²	62,49	Querwände TA Innen kurz																	
					4,28	5,65	2	m ²	48,36	Längswände TA außen																	
					4,28	5,40	2	m ²	46,22	Längswände TA Innen lang																	
					4,28	2,05	4	m ²	35,10	Querwände Fahrstuhlschacht																	
4,28	2,45	4	m ²	41,94	Längswände Fahrstuhlschacht																						
Zwischensumme EG:						329,99																					
Putz OG					2,90	5,73	4	m ²	66,41	Querwände Treppenaufgang außen																	
					2,90	5,65	2	m ²	32,77	Längswände Treppenaufgang außen																	
					2,90	5,48	4	m ²	63,51	Längswand Treppenaufgang außen innen																	
					2,90	5,23	4	m ²	60,61	Querwände Treppenaufgang außen innen																	
					2,90	2,45	4	m ²	28,42	Längswand Fahrstuhlschacht																	
					2,90	2,05	4	m ²	23,78	Querwand Fahrstuhlschacht																	
Zwischensumme ein OG:						275,50																					
Zwischensumme 1. bis 5. OG:						1.377,50																					
Summe Putz:						2.108,01																					
Summe IBK:						4.018,45																					
Deckenbeläge einzeln:																											
im UG Lager										Äußere Abmessungen in Bodenhöhe																	
											Abzug Wände UG Lager	2,17	0,23	8130	1	m ²	1073,86										
											Abzug Treppenhäuser			389,84	-1	m ²	-40,42										
											Zwischensumme UG Lager:						997,72										
											UG TG																
																						Abzug Wände UG TG	2,16	0,25	8130	1	m ²
											Abzug Treppenhäuser			110,86	-1	m ²	-12,75										
											Zwischensumme UG TG:						1.025,39										
											EG																
																						Abzug Wände EG	4,28	0,25	749,21	-1	m ²
Abzug Treppenhäuser																											
Zwischensumme EG:						990,42																					
1. OG																											
2. OG																											
3. OG																											
4. OG																											
5. OG																											
Abzug Wände 1-5. OG																											
Abzug Treppenhäuser	2,90	0,18	1344,48	-5	m ²	-47,25																					
Zwischensumme aller OG's:						4.753,65																					
Summe Beläge:						7.767,17																					
Summe Hohraumboden:						5.744,06																					
Sanitär, Boden:																											
EG										Bodenfläche Sanitärräume																	
											3,83	2,50	2	m ²	19,13	Sanitär Außen											
											3,85	2,55	2	m ²	19,64	Sanitär Innen links											
											3,85	2,50	2	m ²	19,25	Sanitär Innen rechts											
											Zwischensumme EG:						58,01										
											OG																
																						1,80	2,85	1	m ²	5,13	Sanitär W1oben
																						1,45	2,85	1	m ²	4,13	Sanitär W1unten
																						1,30	0,55	-1	m ²	-0,72	Sanitär W1unten Abzüge
																						1,80	3,50	1	m ²	6,30	Sanitär W2 links
1,50	2,53	1	m ²	3,79	Sanitär W2 rechts																						
3,23	1,83	1	m ²	5,89	Sanitär W3																						
1,85	2,85	1	m ²	5,27	Sanitär W4																						
1,85	2,85	1	m ²	5,27	Sanitär W5																						
1,82	3,47	1	m ²	6,33	Sanitär W6 oben																						
1,50	4,74	1	m ²	7,11	Sanitär W6 verschachtelt																						
1,33		-1	m ²	-0,53	Sanitär W6 verschachtelt Abzüge																						
Summe eines OG's Hälfte						47,19																					
Zwischensumme:						95,96																					
Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:						479,80																					
Summe:						537,81																					
Bodenbeläge:																											
EG																											
											0,5					495,21	50% Linoleum, 50% Laminat										
											0,8					3.802,92	80% Textil										
											0,2					950,73	20% Linoleum										
Summe Laminat:						495,21																					
Summe Textil:						3.802,92																					
Summe Linoleum:						1.445,94																					
Estrich:																											
EG bis 5. OG																											
											5,50	3,40	-2	m ²	6.438,96	entspricht DKBL ohne UG, da Bodenplatte in KG 325 und TG mit OS11											
											Estrich EG:						994,38										
											Abzug Wände EG	4,28	0,25	749,21	-1	m ²	-43,76										
											Estrich ein OG:						954,69										
											Wände OG	2,90	0,18	1344,48	-1	m ²	-83,45										
Estrich aller OG's:						4.773,45																					
Summe Estrich für EG bis 5. OG:						5.767,82																					
Oberflächenschutzsystem KG 352:																											
UG TG																											
											6,55	8130	1	m ²	1345,52												
Treppenaufgang + Aufzug																											
Zwischensumme:						-63,84																					
Summe:						1.281,68																					

Tabelle D-24: Mengenermittlung – Umbau geringe Variabilität in Hotel (Teil 1 von 3)
Table D-24: Quantity determination - conversion low variability in hotel (part 1 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung						Menge	Bemerkungen
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit		
Bruttoarundfläche [BGF]:									
	UG Lager			16,850	8160		m²	1374,96	ohne Dämmung
	UG TG			16,850	8160		m²	1374,96	inkl. Treppenaufgänge
	Rampe			5,700	19,00		m²	108,30	aus CAD-Datei gelesen
	EG			14,000	82,10		m²	1149,40	
	1. OG			14,000	82,10		m²	1149,40	
	2. OG			14,000	82,10		m²	1149,40	
	3. OG			14,000	82,10		m²	1149,40	
	4. OG			14,000	82,10		m²	1149,40	
	5. OG			14,000	82,10		m²	1149,40	
								Summe BGF:	9.754,62
Fläche des Baugrundstücks [FRG]:									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Außenanlagenfläche [AUF]:									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Baugrubenrauminhalt [BGII]:									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Gründungsfläche [GRFI]:									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Außenwandfläche [AWF]:									
	UGs			4,930	8130	2	m²	801,62	vertikal ab OK Bodenplatte bis OK Attika
				4,930	16,85	2	m²	166,14	nach Plan: SN quer, längs, von OK Streifenfundamenten bis OK UG-Decke
	EG bis 5. OG			24,90	82,10	2	m²	3972,00	nach Plan: UG Lager, von OK Streifenfundamenten bis OK UG-Decke
				24,90	14,00	2	m²	677,32	nach Plan: SN quer, längs, von OK UG-Decke bis OK Attika
								Summe AWF:	5.617,08
Innenwandfläche [IWF]:									
	UG Lager			2,17	10,55	2	m²	45,79	vertikal ab OK Bodenplatte bis OK Attika
				2,17	5,20	7	m²	78,99	Querwand oben lang
				2,17	3,05	1	m²	6,62	Querwand unten Lager
				2,17	3,80	1	m²	8,25	Querwand Trennwand Duschen
				2,17	8,55	4	m²	74,21	Querwand Trennwand Umkleide
				2,17	8,55	1	m²	18,55	Querwände Sanitär/ komplett neu eingefügt
				2,17	14,0	2	m²	6,08	Querwände Umkleide Tür
				2,17	5,10	2	m²	22,13	Längswand Dusche
				2,17	32,45	1	m²	70,42	Längswand lang oben
				2,17	10,53	1	m²	22,84	Längswand unten links
				2,17	48,35	1	m²	104,92	Längswand unten mitte
				2,17	10,53	1	m²	22,84	Längswand unten rechts
				2,17	5,43	4	m²	47,09	Querwände Treppenaufgang
				2,17	2,05	4	m²	17,79	Querwände Fahrstuhlschacht
				2,17	5,65	2	m²	24,52	Längswände Treppenaufgang
				2,17	2,45	4	m²	2127	Längswände Fahrstuhlschacht
								Zwischensumme UG Lager:	592,30
	UG TG			2,16	5,43	4	m²	46,87	Querwände Treppenaufgang
				2,16	2,05	4	m²	17,71	Querwände Fahrstuhlschacht
				2,16	5,65	2	m²	24,41	Längswände Treppenaufgang
				2,16	2,45	4	m²	2127	Längswände Fahrstuhlschacht
								Zwischensumme UG TG:	110,16
	EG			4,28	13,20	1	m²	56,50	Brandwand lang Hotel
				4,28	12,30	1	m²	52,64	Brandwand Gewerbe
				4,28	4,40	2	m²	37,66	Querwände Sanitär Cafe + Bar
				4,28	2,05	1	m²	8,77	Querwände Sanitär Cafe + Bar Innen
				4,28	2,02	1	m²	8,63	Querwände Sanitär Cafe + Bar unten
				4,28	4,65	1	m²	19,90	Querwand Rezeption
				4,28	4,50	1	m²	19,26	Querwand Leseraum
				4,28	5,50	2	m²	47,08	Querwand Küche/ Aufbereitung
				4,28	2,40	1	m²	10,27	Querwand Küche/ Aufbereitung Kurz
				4,28	4,00	2	m²	34,24	Querwände Sanitär
				4,28	7,48	1	m²	31,99	Querwand rechts über Treppenaufgang lang
				4,28	2,00	1	m²	8,56	Längswand Cafe + Bar
				4,28	3,55	1	m²	15,19	Längswand Cafe + Bar
				4,28	8,55	2	m²	73,19	Längswände Sanitär
				4,28	3,80	1	m²	16,26	Längswand Gepäck Innen
				4,28	2,00	1	m²	8,56	Längswand Frühstücksraum kurz
				4,28	24,30	1	m²	104,00	Längswand Frühstücksraum lang
				4,28	5,35	1	m²	22,90	Längswände Sanitär außerhalb Hotel
				4,28	2,65	1	m²	11,34	Längswände Sanitär außerhalb Hotel
				4,28	7,00	1	m²	29,96	Querwand TA links Oben
				4,28	14,0	1	m²	6,00	Querwand TA links Innen
				4,28	8,30	1	m²	35,52	Querwand TA rechts
				4,28	2,45	4	m²	41,94	Querwände Fahrstuhlschacht
				4,28	5,73	4	m²	98,01	Längswand TA außen
				4,28	3,65	1	m²	15,62	Längswand TA links innen
				4,28	3,65	1	m²	15,62	Längswand TA rechts innen
								Zwischensumme EG:	829,65
	1. OG und 5. OG			2,90	13,20	2	m²	76,56	Brandwand
				2,90	0,60	36	m²	62,64	Längswand Schrank
				2,90	2,10	32	m²	194,88	Längswand Sanitär normal
				2,90	2,50	4	m²	29,00	Längswand Sanitär behindert
				2,90	28,38	2	m²	164,58	Längswand Flur oben außen
				2,90	24,05	2	m²	139,49	Längswand Flur mitte
				2,90	10,83	2	m²	62,79	Längswand Flur unten außen
				2,90	11,90	2	m²	69,02	Längswand Flur unten Innen
				2,90	4,90	4	m²	56,84	Querwand Zimmertrennwand abzgl. Stützen x2
				2,90	5,20	4	m²	60,32	Querwand Zimmertrennwand abzgl. Stützen x1
				2,90	5,50	20	m²	319,00	Querwand Zimmertrennwand
				2,90	2,25	32	m²	208,80	Querwand Sanitär normal
				2,90	2,35	4	m²	27,28	Querwand Sanitär behindert
				2,90	5,73	4	m²	68,41	Querwände Treppenaufgang
				2,90	2,05	4	m²	23,78	Querwände Fahrstuhlschacht
				2,90	5,65	2	m²	32,77	Längswände Treppenaufgang
				2,90	2,45	4	m²	28,42	Längswände Fahrstuhlschacht
								Zwischensumme ein OG:	1.622,55
								Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:	8.112,75
								Summe IWF:	9.644,86
Deckenfläche [DEFI]:									
	UG Lager			13,20	8130	1	m²	1073,16	Außere Abmessungen in Bodenhöhe ohne Dämmung
	UG TG			13,20	8130	1	m²	1073,16	
	EG			13,20	8130	1	m²	1073,16	
	1. OG			13,20	8130	1	m²	1073,16	
	2. OG			13,20	8130	1	m²	1073,16	
	3. OG			13,20	8130	1	m²	1073,16	
	4. OG			13,20	8130	1	m²	1073,16	
	5. OG			13,20	8130	1	m²	1073,16	wird nicht berücksichtigt nur für Estrich notwendig!
								Summe DEF:	7.512,12
Deckenkonstruktionsfläche [DKKI]:									
	UG Lager			5,50	3,40	-2	m²	-35,02	Entspricht DEF minus Schächte und Treppenaufgänge
		Treppenaufgang + Aufzug							Treppenlauf
								Zwischensumme UG Lager:	-35,02
	UG TG			5,50	3,40	-2	m²	-35,02	Treppenlauf
		Treppenaufgang + Aufzug							
								Zwischensumme UG TG:	-35,02
	EG			5,50	3,40	-2	m²	-35,02	Treppenlauf
		Treppenaufgang + Aufzug							
								Zwischensumme UG EG:	-35,02
	OG			5,50	3,40	-2	m²	-35,02	Treppenlauf
		Treppenaufgang + Aufzug							
								Zwischensumme ein OG:	-35,02
								Summe alle OG's:	-175,10
								Summe aller Etagen:	-280,16
	Deckenflächen DEF							7.512,12	
								Summe DKK:	7.231,96

Tabelle D-25: Mengenermittlung – Umbau geringe Variabilität in Hotel (Teil 2 von 3)
Table D-25: Quantity determination – conversion low variability in hotel (part 2 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung						Bemerkungen
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit	
Deckenbelegfläche [DKBL]:								
		aus IWF:	Höhe [m]	Dicke [m]	IWF [m²]			DKK minus Wandkonstruktion
		UG Lager	2,17	0,20	592,30	-1	m²	Länge Innenwandflächen mal mittlere Breite
		UG TG	2,16	0,25	10,16	-1	m²	
		EG	4,28	0,23	829,65	-1	m²	
		1 bis 5. OG	2,90	0,18	1622,55	-4	m²	(Decke über 5. OG = Dach)
		DKK						7,23196
								Summe DKBL: 6.718,17
Deckenbekleidungsfläche [DKBK]:								
								Summe DKBK: 6.718,17
Nichttragende Innenwände [IWN]:								
	UG Lager		2,17	10,23	2	m²	44,38	Querwand oben lang
			2,17	5,20	6	m²	67,70	Querwand unten Lager
			2,17	3,05	1	m²	6,62	Querwand Trennwand Duschen
			2,17	3,80	1	m²	8,25	Querwand Trennwand Umkleide
			2,17	8,55	4	m²	74,21	Querwände oben
			2,17	1,40	2	m²	6,08	Querwände Umkleide Tür
			2,17	5,10	2	m²	22,15	Längswand Dusche
			2,17	32,45	1	m²	70,42	Längswand lang oben
			2,17	10,53	1	m²	22,84	Längswand unten links
			2,17	48,35	1	m²	104,92	Längswand unten mitte
			2,17	10,53	1	m²	22,84	Längswand unten rechts
								Zwischensumme UG Lager: 450,38
	EG		4,28	13,20	1	m²	56,50	Brandwand lang Hotel
			4,28	12,30	1	m²	52,64	Brandwand Gewerbe
			4,28	4,40	2	m²	37,66	Querwände Sanitär Cafe + Bar
			4,28	2,05	1	m²	8,77	Querwände Sanitär Cafe + Bar Innen
			4,28	2,02	1	m²	8,63	Querwände Sanitär Cafe + Bar unten
			4,28	4,65	1	m²	19,90	Querwand Rezeption
			4,28	4,50	1	m²	19,28	Querwand Leserraum
			4,28	5,50	2	m²	47,08	Querwand Küche/ Aufbereitung
			4,28	2,40	1	m²	10,27	Querwand Küche/ Aufbereitung Kurz
			4,28	4,00	2	m²	34,24	Querwände Sanitär
			4,28	7,48	1	m²	3199	Querwand rechts über Treppenaufgang lang
			4,28	2,00	1	m²	8,56	Längswand Cafe + Bar
			4,28	3,55	1	m²	15,19	Längswand Cafe + Bar
			4,28	8,55	2	m²	73,19	Längswände Sanitär
			4,28	3,80	1	m²	16,26	Längswand Gepäck Innen
			4,28	2,00	1	m²	8,56	Längswand Frühstücksraum kurz
			4,28	24,30	1	m²	104,00	Längswand Frühstücksraum lang
			4,28	5,35	1	m²	22,90	Längswände Sanitär außerhalb Hotel
			4,28	2,65	1	m²	11,34	Längswände Sanitär außerhalb Hotel
								Zwischensumme EG: 586,97
	1 OG und 5. OG		2,90	13,20	2	m²	76,56	Brandwand
			2,90	0,60	36	m²	62,64	Längswand Schrank
			2,90	2,10	32	m²	194,88	Längswand Sanitär normal
			2,90	2,50	4	m²	29,00	Längswand Sanitär behindert
			2,90	28,38	2	m²	164,58	Längswand Flur oben außen
			2,90	24,05	2	m²	139,49	Längswand Flur mitte
			2,90	10,83	2	m²	62,79	Längswand Flur unten außen
			2,90	4,90	2	m²	69,02	Längswand Flur unten innen
			2,90	4,90	4	m²	56,84	Querwand Zimmertrennwand abzgl. Stützen x2
			2,90	5,20	4	m²	60,32	Querwand Zimmertrennwand abzgl. Stützen x1
			2,90	5,50	20	m²	319,00	Querwand Zimmertrennwand
			2,90	2,25	32	m²	208,80	Querwand Sanitär normal
			2,90	2,35	4	m²	27,26	Querwand Sanitär behindert
								Zwischensumme ein OG: 1.443,91
								Zwischensumme 1. bis 5. OG: 7.219,55
								Summe IWN: 8.256,90
Tragende Innenwände [IWT]:								
	UG Lager		2,17	5,43	4	m²	47,09	Fahrstühle und Treppenaufgänge tragend
			2,17	2,05	4	m²	17,79	Querwände Fahrstuhlschacht
			2,17	5,65	2	m²	24,52	Längswände Treppenaufgang
			2,17	2,45	4	m²	21,27	Längswände Fahrstuhlschacht
								Zwischensumme UG Lager: 110,67
	UG TG		2,16	5,43	4	m²	46,87	Querwände Treppenaufgang
			2,16	2,05	4	m²	17,71	Querwände Fahrstuhlschacht
			2,16	5,65	2	m²	24,41	Längswände Treppenaufgang
			2,16	2,45	4	m²	21,17	Längswände Fahrstuhlschacht
								Zwischensumme UG TG: 110,16
	EG		4,28	7,00	1	m²	29,98	Querwand TA links Oben
			4,28	1,40	1	m²	6,00	Querwand TA links Innen
			4,28	8,30	1	m²	35,52	Querwand TA rechts
			4,28	2,45	4	m²	4194	Querwände Fahrstuhlschacht
			4,28	5,73	4	m²	98,01	Längswand TA außen
			4,28	3,65	1	m²	15,62	Längswand TA links innen
			4,28	3,65	1	m²	15,62	Längswand TA echts Innen
								Zwischensumme EG: 242,68
	OG		2,90	5,73	4	m²	66,41	Querwände Treppenaufgang
			2,90	2,05	4	m²	23,78	Querwände Fahrstuhlschacht
			2,90	5,65	2	m²	32,77	Längswände Treppenaufgang
			2,90	2,45	4	m²	28,42	Längswände Fahrstuhlschacht
								Zwischensumme ein OG: 151,38
								Zwischensumme 1. bis 5. OG: 756,90
								Summe IWT: 1.220,41
Innentüren/Innenfenster [ITF]:								
	UG Lager		20	100	1	St	20,00	
	UG TG		2	100	1	St	2,00	
	EG		19	100	1	St	19,00	
	OG		78	100	5	St	390,00	
								Summe St: 431,00
								Summe ITF: 833,99
								Annahme: Türen 0,9 m x 2,5 m

Tabelle D-26: Mengenermittlung – Umbau geringe Variabilität in Hotel (Teil 3 von 3)
Table D-26: Quantity determination – conversion low variability in hotel (part 3 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung						Menge	Bemerkungen																				
		Material	Dicke (m)	Breite/ Höhe	Länge (m)	Faktor	Einheit																						
Innenwandbekleidungen (IBK):																													
Fliesen UG Lager					2,00	5,8	2	m ²	20,70	Längswand Umkleide																			
					2,00	5,0	2	m ²	20,40	Längswand Umkleide																			
					2,00	5,20	2	m ²	20,80	Querwand Umkleide																			
					2,00	5,0	2	m ²	20,40	Querwand Umkleide																			
					2,00	5,8	4	m ²	41,40	Längswand Dusche																			
					2,00	3,05	4	m ²	24,40	Querwand Dusche																			
					Zwischensumme UG Lager:						148,10																		
					Fliesen EG					2,00	5,35	2	m ²	21,40	Längswand Sanitär links														
										2,00	2,65	2	m ²	10,60	Längswand Sanitär rechts														
										2,00	3,83	4	m ²	30,60	Querwand Sanitär														
										2,00	3,98	2	m ²	15,90	Längswand Sanitär Cafe + Bar														
										2,00	4,08	2	m ²	16,30	Längswand Sanitär Cafe + Bar														
										2,00	2,05	4	m ²	16,40	Querwand Sanitär Cafe + Bar														
										2,00	6,8	1	m ²	12,35	Längswand Küche														
										2,00	5,20	1	m ²	10,40	Längswand Aufbereitung														
2,00	5,60	2	m ²	22,40						Längswand Lager																			
2,00	2,53	2	m ²	10,10						Längswand Küchenlager																			
2,00	8,33	1	m ²	16,65						Längswand Zwischengang																			
2,00	5,50	4	m ²	44,00						Querwand Küche + Aufbereitung																			
2,00	2,40	4	m ²	19,20	Querwand Lager + Küchenlager																								
2,00	1,60	2	m ²	6,00	Querwand Zwischengang																								
Zwischensumme EG:						252,30																							
Fliesen OG					2,00	2,00	32	m ²	28,00	Längswand Sanitär normal																			
					2,00	2,40	4	m ²	9,20	Längswand Sanitär behindert																			
					2,00	2,15	32	m ²	37,60	Querwand Sanitär normal																			
					2,00	2,25	4	m ²	9,00	Querwand Sanitär behindert																			
Zwischensumme ein OG:						302,80																							
Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:						1.514,00																							
Fliesen Gesamt:						1.914,40																							
Putz UG Lager					2,17	5,43	4	m ²	47,09	Querwände Treppenaufgang außen																			
					2,17	5,65	2	m ²	24,52	Längswände Treppenaufgang außen																			
					2,17	5,15	4	m ²	44,70	Längswand Treppenaufgang außen innen																			
					2,17	5,23	4	m ²	45,35	Querwände Treppenaufgang außen innen																			
					2,17	2,45	4	m ²	21,27	Längswand Fahrstuhlschacht																			
					2,17	2,05	4	m ²	17,79	Querwand Fahrstuhlschacht																			
Zwischensumme UG Lager:						200,73																							
Putz UG TG					2,16	5,43	4	m ²	46,87	Querwände Treppenaufgang außen																			
					2,16	5,65	2	m ²	24,41	Längswände Treppenaufgang außen																			
					2,16	5,15	4	m ²	44,50	Längswand Treppenaufgang außen innen																			
					2,16	5,23	4	m ²	45,14	Querwände Treppenaufgang außen innen																			
					2,16	2,45	4	m ²	21,17	Längswand Fahrstuhlschacht																			
					2,16	2,05	4	m ²	17,71	Querwand Fahrstuhlschacht																			
Zwischensumme UG TG:						199,80																							
Putz EG					4,28	5,73	4	m ²	98,01	Querwände Treppenaufgang links außen																			
					4,28	5,48	4	m ²	93,73	Querwände TA Innen lang																			
					4,28	3,65	4	m ²	62,49	Querwände TA Innen kurz																			
					4,28	7,00	2	m ²	59,92	Längswände TA außen																			
					4,28	6,50	2	m ²	55,64	Längswände TA Innen lang																			
					4,28	1,40	1	m ²	5,99	Längswände TA links Innen																			
					4,28	2,05	4	m ²	35,10	Querwände Fahrstuhlschacht																			
					4,28	2,45	4	m ²	41,94	Längswände Fahrstuhlschacht																			
Zwischensumme EG:						452,82																							
Putz OG					2,90	5,73	4	m ²	66,41	Querwände Treppenaufgang außen																			
					2,90	5,65	2	m ²	32,77	Längswände Treppenaufgang außen																			
					2,90	5,48	4	m ²	63,51	Längswand Treppenaufgang außen innen																			
					2,90	5,23	4	m ²	60,61	Querwände Treppenaufgang außen innen																			
					2,90	2,45	4	m ²	28,42	Längswand Fahrstuhlschacht																			
					2,90	2,05	4	m ²	23,78	Querwand Fahrstuhlschacht																			
Zwischensumme ein OG:						275,50																							
Zwischensumme 1. bis 5. OG:						1.377,50																							
Summe Putz:						2.230,85																							
Summe IBK:						4.145,25																							
Deckenbeläge einzeln:																													
im UG Lager										Äußere Abmessungen in Bodenhöhe																			
											Abzug Wände UG Lager	2,17	5,95	8100	1	m ²	129195												
											Abzug Treppenhäuser		0,20	592,30	-1	m ²	-54,59												
											Zwischensumme UG Lager:						1.202,34												
											UG TG																		
																						Abzug Wände UG TG	2,16	5,95	8100	1	m ²	129195	
																						Abzug Treppenhäuser		0,25	10,16	-1	m ²	-12,75	
											Zwischensumme UG TG:						1.244,18												
											EG																		
																						Abzug Wände EG	4,28	13,20	8130	1	m ²	1073,16	
																						Abzug Treppenhäuser		0,23	829,65	-1	m ²	-43,61	
											Zwischensumme EG:						994,53												
											1. OG					13,200	8130	1	m ²	1073,16									
											2. OG					13,200	8130	1	m ²	1073,16									
											3. OG					13,200	8130	1	m ²	1073,16									
4. OG					13,200	8130	1	m ²	1073,16																				
5. OG					13,200	8130	1	m ²	1073,16																				
Abzug Wände 1.-5. OG					2,90	0,80	1622,55	-5	m ²	-503,55																			
Abzug Treppenhäuser										-95,10																			
Zwischensumme aller OG's:						4.687,15																							
Summe Beläge:						8.128,20																							
Summe abgehängene Decke:						5.681,68		Og+EG																					
Sanitär, Boden:																													
UG Lager										Bodenfläche Sanitärräume																			
											5,10	3,05	2	m ²	3111	Dusche													
											5,8	5,20	2	m ²	53,82	Umkleide													
											1,40	1,25	-2	m ²	-3,50	Abzgl. Ausgang													
											Zwischensumme UG Lager:						814,3												
											EG																		
																						3,83	5,20	1	m ²	19,89	Sanitär Gewerbe links		
																						3,83	2,50	1	m ²	9,56	Sanitär Gewerbe rechts		
																						2,05	3,98	1	m ²	8,15	Sanitär Cafe + Bar links		
																						2,05	4,08	1	m ²	8,35	Sanitär Cafe + Bar rechts		
																						5,50	20,00	1	m ²	110,00	Küche + Lager + Aufbereitung		
																						0,20	19,10	-1	m ²	-3,82	Abzgl. Wände		
											0,15	5,50	-2	m ²	-1,65	Abzgl. Wände													
											Zwischensumme EG:						150,49												
											OG																		
2,00	2,15	32	m ²	37,60	Sanitär normal																								
0,90	0,90	-32	m ²	-25,92	Abzgl. Dusche																								
2,40	2,25	4	m ²	21,60	Sanitär Behindert																								
1,40	1,30	4	m ²	7,28	Abzgl. Dusche																								
Zwischensumme OG:						126,00																							
Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:						630,00																							
Summe:						861,92																							
Bodenbelag:																													
EG																													
											0,5					497,26	50% Lino leum, 50% Laminat												
											0,8					3.749,72	80% Textil												
1. OG bis 5. OG					0,2					937,43	20% Lino leum																		
Summe Laminat:						497,26																							
Summe Textil:						3.749,72																							
Summe Lino leum:						1.434,69																							
Estrich:																													
EG bis 5. OG																													
											5,50	3,40	-2	m ²	6.438,96	entspricht DKBL ohne UG, da Bodenplatte in KG 325 und TG mit OS11													
											Estrich EG:						994,53												
											OG																		
																						5,50	3,40	-2	m ²	-35,02	Treppenlauf		
											Estrich ein OG:						937,43												
											Estrich aller OG's:						4.687,15												
											Summe Estrich für EG bis 5. OG:						5.681,68												
											Oberflächenschutzsystem KG 352:																		
											UG TG																		
6,55	8130	1	m ²	1345,52																									
5,600	5,70	-2	m ²	-63,84	Treppenlauf																								
Zwischensumme:						-63,84																							
Summe:						1.281,68																							

Tabelle D-27: Mengenermittlung – Umbau mittlere Variabilität in Wohnen (Teil 1 von 3)
Table D-27: Quantity determination – conversion medium variability in residential use (part 1 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung						Menge	Bemerkungen
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit		
BruttoGrundfläche (BGF):									
	UG Lager			16,850	8160		m ²	1374,96	ohne Dämmung
	UG TG			16,850	8160		m ²	1374,96	inkl. Treppenaufgänge
	Rampe			5,700	19,00		m ²	108,30	aus CAD-Datei gelesen
	EG			14,000	82,0		m ²	1149,40	
	1.OG			14,000	82,0		m ²	1149,40	
	2.OG			14,000	82,0		m ²	1149,40	
	3.OG			14,000	82,0		m ²	1149,40	
	4.OG			14,000	82,0		m ²	1149,40	
	5.OG			14,000	82,0		m ²	1149,40	
								Summe BGF:	9.754,62
Fläche des Baugrundstücks (FBG):									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Außenanlagenfläche (AUF):									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Baugrubenrauminhalt (BRGII):									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Gründungsfläche (GRF):									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Außenwandfläche (AWF):									
	UGs			4,930	8130	2	m ²	80162	vertikal ab OK Bodenplatte bis OK Attika
				4,930	16,85	2	m ²	166,14	nach Plan: SN quer, längs, von OK Streifenfundament bis OK UG-Decke
	EG bis 5. OG			24,190	82,0	2	m ²	3.972,00	nach Plan: UG Lager, von OK Streifenfundament bis OK UG-Decke
				24,190	14,00	2	m ²	677,32	nach Plan: SN quer, längs, von OK UG-Decke bis OK Attika
								Summe AWF:	5.617,08
Innenwandfläche (IWF):									
	UG Lager			2,17	10,53	2	m ²	45,68	vertikal ab OK Bodenplatte bis OK Attika
				2,17	5,23	6	m ²	68,03	Querwand oben lang
				2,17	3,58	2	m ²	15,52	Querwand unten Lager
				2,17	9,8	1	m ²	19,91	Querwand Waschküche
				2,17	48,35	1	m ²	104,92	Längswand unten links links
				2,17	9,8	1	m ²	19,91	Längswand unten links rechts
				2,17	9,8	1	m ²	19,91	Längswand unten rechts rechts
				2,17	5,43	4	m ²	47,09	Querwände Treppenaufgang außen
				2,17	7,00	2	m ²	30,38	Längswände Treppenaufgang außen
				2,17	4,55	2	m ²	19,75	Längswände Treppenaufgang außen innen
				2,17	2,23	2	m ²	9,66	Querwände Treppenaufgang außen innen
								Zwischensumme UG Lager:	380,84
	UG TG			2,16	5,43	4	m ²	46,87	Querwände Treppenaufgang außen
				2,16	7,00	2	m ²	30,24	Längswände Treppenaufgang außen
				2,16	4,55	2	m ²	19,66	Längswände Treppenaufgang außen innen
				2,16	2,23	2	m ²	9,61	Querwände Treppenaufgang außen innen
								Zwischensumme UG TG:	106,38
	EG			4,24	13,20	2	m ²	111,94	Brandwand lang
				4,24	13,20	1	m ²	55,97	Querwand lang
				4,24	2,45	4	m ²	41,55	Querwände Sanitär
				4,24	2,40	4	m ²	40,70	Querwände Sanitär
				4,24	7,48	6	m ²	192,81	Längswände über Treppenaufgänge
				4,24	4,00	8	m ²	136,68	Längswände Sanitär
				4,24	4,20	4	m ²	71,23	Längswände Sanitär
				4,24	0,48	4	m ²	8,06	Querwände Schacht
				4,24	0,63	4	m ²	10,60	Längswände Schacht
				4,24	5,57	4	m ²	94,51	Querwände Treppenaufgang außen
				4,24	2,23	1	m ²	9,43	Querwände Treppenaufgang innen
				4,24	4,05	1	m ²	17,17	Längswände Treppenaufgang links außen
				4,24	5,00	1	m ²	21,20	Längswände Treppenaufgang außen innen
								Zwischensumme EG:	808,21
	1.OG und 5. OG			3,15	3,00	1	m ²	9,45	Längswand links oben Flur 1
				3,15	0,48	2	m ²	2,99	Querwand Schächte
				3,15	0,70	2	m ²	4,41	Längswand Schächte
				3,15	12,15	1	m ²	38,27	Längswand links oben Flur 2
				3,15	4,0	1	m ²	12,92	Längswand links oben Bad-Schlafen außen
				3,15	3,50	1	m ²	11,03	Längswand links oben Bad-Schlafen halb außen
				3,15	2,90	1	m ²	9,14	Längswand links unten Bad außen
				3,15	0,76	1	m ²	2,40	Längswand links Stummel über Treppenaufgang
				3,15	2,53	1	m ²	7,95	Längswand links Bad über Treppenaufgang
				3,15	15,98	1	m ²	50,32	Längswand rechts neben treppenaufgang unten
				3,15	3,70	3	m ²	34,97	Längswand rechts neben Treppenaufgang mitte Küche
				3,15	3,70	2	m ²	23,31	Längswand rechts neben Treppenaufgang mitte Sanitär
				3,15	5,8	1	m ²	18,20	Längswand rechts neben Treppenaufgang mitte Sanitär am Treppenauf
				3,15	6,30	1	m ²	19,85	Längswand Wohnung mitte unten Kinderzimmer
				3,15	4,23	2	m ²	26,62	Längswand Wohnung mitte Sanitär
				3,15	2,65	1	m ²	8,35	Längswand links rechts unten
				3,15	2,50	2	m ²	15,75	Längswand links rechts Sanitär
				3,15	2,00	1	m ²	6,30	Querwand links außen oben zum Schlafen
				3,15	5,50	3	m ²	51,98	Querwand links oben über Treppenaufgang lang
				3,15	1,59	1	m ²	5,02	Querwand über Treppenaufgang Stummel
				3,15	7,48	1	m ²	23,55	Querwand als Wohnungstrennwand über Treppenaufgang
				3,15	5,73	1	m ²	10,03	Querwand links außen unten
				3,15	11,45	2	m ²	72,14	Querwand Trennwand ganz lang
				3,15	3,93	2	m ²	24,73	Querwand rechts neben treppenaufgang Schlafen
				3,15	1,85	3	m ²	17,48	Querwand rechts neben treppenaufgang Sanitär
				3,15	13,20	1	m ²	41,58	Querwand Trennwand durchgehend
				3,15	4,05	1	m ²	12,76	Querwand mitte Kinderzimmer außen
				3,15	3,90	1	m ²	12,29	Querwand mitte Trennt Kinderzimmer
				3,15	3,48	1	m ²	10,95	Querwand mitte Sanitär
				3,15	3,90	1	m ²	12,29	Querwand mitte Schlafen
				3,15	3,48	1	m ²	10,95	Querwand mitte Küche
				3,15	1,48	1	m ²	4,65	Querwand mitte Abstellkammer
								Summe eines OG's - Hälfte:	618,69
								Summe eines OG's ohne TS:	1.237,37
				3,15	13,20	1	m ²	41,58	Brandwand
				3,15	5,73	4	m ²	72,20	Querwände Treppenaufgang außen
				3,15	2,48	2	m ²	15,59	Querwände Treppenaufgang innen
				3,15	3,60	2	m ²	22,68	Längswände Treppenaufgang außen
				3,15	4,55	2	m ²	28,67	Längswände Treppenaufgang innen
				3,15	3,10	2	m ²	19,53	Längswand Flur komisches Sache
								Zwischensumme eines kompletten OG's:	1.437,62
								Zwischensumme 1. OG und 2. OG:	2.875,23
								Zwischensumme 3. OG bis 5. OG:	4.723,60
								Zwischensumme aller OG's:	7.598,83
								Summe IWF:	8.894,25
Deckenfläche (DEF):									
	UG Lager			13,20	8130	1	m ²	1073,16	Äußere Abmessungen in Bodenhöhe ohne Dämmung
	UG TG			13,20	8130	1	m ²	1073,16	
	EG			13,20	8130	1	m ²	1073,16	
	1.OG			13,20	8130	1	m ²	1073,16	
	2.OG			13,20	8130	1	m ²	1073,16	
	3.OG			13,20	8130	1	m ²	1073,16	
	4.OG			13,20	8130	1	m ²	1073,16	
								Summe DEF:	7.512,12
Deckenkonstruktionsfläche (DKK):									
	UG Lager	Treppenaufgang		3,65	2,70	-2	m ²	-9,71	Entspricht DEF minus Schächte und Treppenaufgänge
		Aufzug		3,10	1,73	-2	m ²	-10,73	Treppenauf
								Zwischensumme UG Lager:	-20,44
	UG TG	Treppenaufgang		3,65	2,70	-2	m ²	-9,71	Treppenauf
		Aufzug		3,10	1,73	-2	m ²	-10,73	linker und rechter Aufzug Person
								Zwischensumme UG TG:	-20,44
	EG	Treppenaufgang		3,65	3,00	-2	m ²	-11,90	Treppenauf
		Aufzug		3,10	1,73	-2	m ²	-10,73	linker und rechter Aufzug Person
								Zwischensumme UG EG:	-22,63
	OG	Treppenaufgang		4,55	3,00	-2	m ²	-13,65	Treppenauf
		Aufzug		3,10	1,73	-2	m ²	-10,73	linker und rechter Aufzug Person
								Zwischensumme ein OG:	-24,38
								Summe alle OG's:	-516,39
								Summe aller Etagen:	-609,89
	Deckenflächen DEF								7.512,12
								Summe DKK:	6.902,23

Tabelle D-28: Mengenermittlung – Umbau mittlere Variabilität in Wohnen (Teil 2 von 3)
Table D-28: Quantity determination – conversion medium variability in residential use (part 2 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung						Menge	Bemerkungen
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit		
Deckenbelagsfläche [DKBL]:									
	aus IWF:		Höhe [m]	Dicke [m]	IWF [m²]				DKK minus Wandkonstruktion (Annahme: mittlere Breite 0,225m in UG's und 0,15 m EG/OG's)
	UG Lager		2,17	0,20	380,84	-1	m²	-35,10	Länge Innenwandflächen mal mittlere Breite
	UG TG		2,16	0,25	106,38	-1	m²	-2,31	
	EG		4,24	0,25	808,21	-1	m²	-47,65	
	1 OG - 2 OG		3,15	0,18	1437,62	-2	m²	-164,30	(Decke über 5. OG = Dach)
	3. bis 5. OG		3,45	0,18	1437,62	-3	m²	-225,02	da unterschiedliche Raumhöhen laut Schnitt SN
	DKK							6.902,23	
								6.417,85	
Deckenbekleidungsfläche [DKBK]:									
								6.417,85	Ertspricht DKBL
Nichttragende Innenwände [IWN]:									
	UG Lager		2,17		10,53	2	m²	45,68	Annahme: Treppenhäuser sind tragend
			2,17		5,23	6	m²	68,03	Querwand oben lang
			2,17		3,58	2	m²	15,52	Querwand unten Lager
			2,17		9,18	1	m²	9,91	Längswand unten links links
			2,17		48,35	1	m²	104,92	Längswand unten links
			2,17		9,18	1	m²	9,91	Längswand unten rechts rechts
								273,98	
	EG		4,24		13,20	2	m²	11,94	Brandwand lang
			4,24		13,20	1	m²	55,97	Querwand lang
			4,24		2,45	4	m²	4,155	Querwände Sanitär
			4,24		2,40	4	m²	40,70	Querwände Sanitär
			4,24		7,48	6	m²	190,16	Querwände über Treppenaufgänge
			4,24		4,00	8	m²	135,68	Längswände Sanitär
			4,24		4,20	4	m²	7,123	Längswände Sanitär
			4,24		0,48	4	m²	8,06	Querwände Schacht
			4,24		0,63	4	m²	10,60	Längswände Schacht
			4,24		5,57	4	m²	94,51	Querwände Treppenaufgang außen
			4,24		2,23	1	m²	9,43	Querwände Treppenaufgang innen
			4,24		4,05	1	m²	17,17	Längswände Treppenaufgang links außen
			4,24		5,00	1	m²	2,120	Längswand Treppenaufgang außen innen
								808,21	
	1 OG und 5. OG		3,15		3,00	1	m²	9,45	Längswand links oben Flur 1
			3,15		0,48	2	m²	2,99	Querwand Schächte
			3,15		0,70	2	m²	4,41	Längswand Schächte
			3,15		12,15	1	m²	38,27	Längswand links oben Flur 2
			3,15		4,10	1	m²	12,92	Längswand links oben Bad+Schlafen außen
			3,15		3,50	1	m²	11,03	Längswand links oben Bad+Schlafen halb außen
			3,15		2,90	1	m²	9,14	Längswand links unten Bad außen
			3,15		0,76	1	m²	2,40	Längswand links Stummel über Treppenaufgang
			3,15		2,53	1	m²	7,95	Längswand links Bad über Treppenaufgang
			3,15		15,98	1	m²	50,32	Längswand rechts neben treppenaufgang unten
			3,15		3,70	3	m²	34,97	Längswand rechts neben Treppenaufgang mitte Küche
			3,15		3,70	2	m²	23,31	Längswand rechts neben Treppenaufgang mitte Sanitär
			3,15		5,18	1	m²	16,30	Längswand rechts neben Treppenaufgang mitte Sanitär am Treppenauf
			3,15		6,30	1	m²	19,85	Längswand Wohnung mitte unten Kinderzimmer
			3,15		4,23	2	m²	26,62	Längswand Wohnung mitte Sanitär
			3,15		2,65	1	m²	8,35	Längswand links rechts unten
			3,15		2,50	2	m²	15,75	Längswand links rechts Sanitär
			3,15		2,00	1	m²	6,30	Querwand links außen oben zum Schlafen
			3,15		5,50	3	m²	5,198	Querwand links oben über Treppenaufgang lang
			3,15		1,59	1	m²	5,02	Querwand über Treppenaufgang Stummel
			3,15		7,48	1	m²	23,55	Querwand als Wohnungstrennwand über Treppenaufgang
			3,15		5,73	1	m²	18,03	Querwand links außen unten
			3,15		11,45	2	m²	72,14	Querwand Trennwand ganz lang
			3,15		3,93	2	m²	24,73	Querwand rechts neben treppenaufgang Schlafen
			3,15		1,85	3	m²	17,48	Querwand rechts neben treppenaufgang Sanitär
			3,15		13,20	1	m²	4,158	Querwand Trennwand durchgehend
			3,15		4,05	1	m²	12,76	Querwand mitte Kinderzimmer außen
			3,15		3,90	1	m²	12,29	Querwand mitte Kinderzimmer
			3,15		3,48	1	m²	10,95	Querwand mitte Sanitär
			3,15		3,90	1	m²	12,29	Querwand mitte Schlafen
			3,15		3,48	1	m²	10,95	Querwand mitte Küche
			3,15		1,48	1	m²	4,65	Querwand mitte Abstellkammer
								618,69	gespiegelt
								1.237,37	
			3,15		13,20	1	m²	4,158	Brandwand
								1.278,95	
								2.557,90	
								3.532,34	mit Raumhöhe 2,70m
								6.090,24	
								7.172,41	
Tragende Innenwände [IWT]:									
	UG Lager		2,17		5,43	4	m²	47,09	Fahrstühle und Treppenaufgänge tragend
			2,17		7,00	2	m²	30,38	Querwände Treppenaufgang außen
			2,17		4,55	2	m²	19,75	Längswand Treppenaufgang außen innen
			2,17		2,23	2	m²	9,66	Querwände Treppenaufgang außen innen
								106,87	
	UG TG		2,16		5,43	4	m²	46,87	Querwände Treppenaufgang außen
			2,16		7,00	2	m²	30,24	Längswände Treppenaufgang außen
			2,16		4,55	2	m²	19,66	Längswand Treppenaufgang außen innen
			2,16		2,23	2	m²	9,61	Querwände Treppenaufgang außen innen
								106,38	
	EG		4,24		5,57	4	m²	94,51	Querwände Treppenaufgang außen
			4,24		2,23	1	m²	9,43	Querwände Treppenaufgang innen
			4,24		4,05	1	m²	17,17	Längswände Treppenaufgang links außen
			4,24		5,00	1	m²	2,120	Längswand Treppenaufgang außen innen
								142,32	
	OG		4,24		5,73	4	m²	97,18	Querwände Treppenaufgang außen
			4,24		2,48	2	m²	20,99	Querwände Treppenaufgang innen
			4,24		3,60	2	m²	30,53	Längswände Treppenaufgang außen
			4,24		4,55	2	m²	38,58	Längswände Treppenaufgang innen
			4,24		3,10	2	m²	26,29	Längswand Flur komisches Sache
								213,57	
								427,14	
								576,64	mit Raumhöhe 2,70m
								1.003,77	
								1.359,34	
Innentüren/Innenfenster [ITF]:									
	UG Lager		10		100	1	St	18,00	
	UG TG		2		100	1	St	2,00	
	EG		8		100	1	St	8,00	
	OG		54		100	5	St	270,00	
								298,00	
								576,63	Annahme: Türen 0,9 m x 2,15 m

Tabelle D-29: Mengenermittlung – Umbau mittlere Variabilität in Wohnen (Teil 3 von 3)
Table D-29: Quantity determination – conversion medium variability in residential use (part 3 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung						Bemerkungen																					
		Material	Dicke (m)	Breite/ Höhe	Länge (m)	Faktor	Einheit		Menge																				
Innenwandbekleidungen (IBK):																													
Fliesen UG Lager					2,00	9,8	2	m ²	36,70	Lichte Wandfläche																			
					2,00	3,80	2	m ²	15,20	Längswand Waschküche außen																			
					2,00	5,8	2	m ²	20,70	Längswand Waschküche innen 1																			
					2,00	5,23	2	m ²	20,90	Längswand Waschküche innen 2																			
					2,00	5,23	2	m ²	20,90	Querwand Waschküche außen																			
					2,00	5,23	2	m ²	20,90	Querwand Waschküche Treppenaufgang																			
					2,00	3,58	2	m ²	14,30	Querwand Waschküche Trenn																			
					Zwischensumme UG Lager:						128,70																		
					Fliesen EG					2,00	3,85	8	m ²	61,60	Längswand Sanitär														
										2,00	3,90	4	m ²	31,20	Längswand Sanitär														
										2,00	2,10	4	m ²	15,80	Querwände Sanitär														
										2,00	2,15	8	m ²	34,40	Querwände Sanitär														
					Zwischensumme EG:						144,00																		
					Fliesen OG					2,00	2,85	2	m ²	11,40	Längswand Sanitär 1														
										2,00	3,50	2	m ²	14,00	Längswand Sanitär 2														
										2,00	2,90	2	m ²	11,60	Längswand Sanitär 3														
										2,00	2,53	2	m ²	10,10	Längswand Sanitär 4														
										2,00	2,85	2	m ²	11,40	Längswand Sanitär 5														
										2,00	2,85	2	m ²	11,40	Längswand Sanitär 6														
										2,00	2,85	2	m ²	11,40	Längswand Sanitär 7														
2,00	1,50	2	m ²	6,00						Längswand Sanitär 8																			
2,00	1,83	2	m ²	7,30						Längswand Sanitär 9																			
2,00	1,80	2	m ²	7,20						Querwand Sanitär 1																			
2,00	1,80	2	m ²	7,20						Querwand Sanitär 2																			
2,00	1,45	2	m ²	5,80						Querwand Sanitär 3																			
2,00	1,45	2	m ²	5,80						Querwand Sanitär 4																			
2,00	1,85	2	m ²	7,40						Querwand Sanitär 5																			
2,00	1,85	2	m ²	7,40						Querwand Sanitär 6																			
2,00	1,95	2	m ²	7,80						Querwand Sanitär 7																			
2,00	3,48	2	m ²	13,90						Querwand Sanitär 8																			
2,00	3,48	2	m ²	13,90						Querwand Sanitär 9																			
Summe eines OG's - Hälfte:										171,00	gespiegelt																		
Zwischensumme ein OG:										342,00																			
Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:						1.710,00																							
Fliesen Gesamt:						1.982,70																							
Putz UG Lager					2,17	5,43	4	m ²	47,09	Querwände Treppenaufgang außen																			
					2,17	7,00	2	m ²	30,38	Längswand Treppenaufgang außen																			
					2,17	4,55	2	m ²	19,75	Längswand Treppenaufgang außen innen																			
					2,17	2,23	2	m ²	9,66	Querwände Treppenaufgang außen innen																			
					2,17	2,70	2	m ²	11,72	Treppenaufgang Innen																			
					2,17	0,25	2	m ²	1,09	Treppenaufgang Innen																			
					2,17	3,15	2	m ²	13,90	Treppenaufgang Innen																			
					2,17	5,23	2	m ²	22,68	Treppenaufgang Innen																			
					2,17	6,40	2	m ²	27,76	Treppenaufgang Innen																			
					Zwischensumme UG Lager:						183,78																		
					Putz UG TG					2,16	5,43	4	m ²	46,87	Querwände Treppenaufgang außen														
										2,16	7,00	2	m ²	30,24	Längswand Treppenaufgang außen														
										2,16	4,55	2	m ²	19,66	Längswand Treppenaufgang außen innen														
										2,16	2,23	2	m ²	9,61	Querwände Treppenaufgang außen innen														
2,16	2,70	2	m ²	11,66						Treppenaufgang Innen																			
2,16	0,25	2	m ²	1,08						Treppenaufgang Innen																			
2,16	3,15	2	m ²	13,61						Treppenaufgang Innen																			
2,16	5,23	2	m ²	22,57						Treppenaufgang Innen																			
2,16	6,40	2	m ²	27,63						Treppenaufgang Innen																			
Zwischensumme UG TG:										182,93																			
Putz EG					4,24	5,73	6	m ²	145,64	Querwände Treppenaufgang außen																			
					4,24	4,05	2	m ²	34,34	Längswand Treppenaufgang oben																			
					4,24	2,23	2	m ²	18,87	Querwand Treppenaufgang Fahrstuhl																			
					4,24	0,70	2	m ²	5,94	Längswand Treppenaufgang Fahrstuhlbereich																			
					4,24	5,00	2	m ²	42,40	Längswand Treppenaufgang																			
					4,24	3,00	2	m ²	25,44	Querwand Treppenaufgang Innen																			
					4,24	0,25	8	m ²	8,48	Stöße Treppenaufgang rechts																			
					4,24	1,65	2	m ²	13,98	Längswand neben Fahrstuhl																			
Zwischensumme EG:						295,10																							
Putz OG					3,15	5,73	6	m ²	108,20	Querwände Treppenaufgang außen																			
					3,15	3,60	2	m ²	22,68	Längswand Treppenaufgang außen																			
					3,15	4,55	2	m ²	28,67	Längswand Treppenaufgang außen innen																			
					3,15	2,23	2	m ²	14,02	Querwände Treppenaufgang außen innen																			
					3,15	1,20	2	m ²	7,56	Treppenaufgang Innen																			
					3,15	0,25	6	m ²	4,73	Treppenaufgang Stöße																			
Zwischensumme ein OG:						185,85																							
Zwischensumme 1. OG und 2. OG:						371,70																							
Zwischensumme 3. bis 5. OG:						1.026,60	hier mit Raumhöhe 2,7m																						
Summe aller OG's:						1.398,30																							
Summe Putz:						2.060,12																							
Summe IBK:						4.042,82																							
Deckenbeläge einzeln:																													
im UG Lager																													
											Abzug Wände UG Lager	2,17	5,95	8100	1	m ²	129195	Äußere Abmessungen in Bodenhöhe											
											Abzug Treppenhäuser	0,20	0,20	380,84	-1	m ²	-35,10												
											Zwischensumme UG Lager:						1.226,41												
											UG TG																		
																						Abzug Wände UG TG	2,16	5,95	8100	1	m ²	129195	
																						Abzug Treppenhäuser	0,25	0,25	106,38	-1	m ²	-25,31	
											Zwischensumme UG TG:						1.249,20												
											EG																		
																						Abzug Wände EG	4,24	13,20	8130	1	m ²	1073,16	
											Abzug Treppenhäuser	0,25	0,25	808,21	-1	m ²	-47,65												
											Zwischensumme EG:						992,88												
											1. OG																		
											2. OG																		
											3. OG																		
											4. OG																		
											5. OG																		
																						Abzug Wände 1-2 OG	3,15	0,80	1437,62	-2	m ²	-64,30	
																						Abzug Wände 3-5 OG	2,90	0,80	1437,62	-3	m ²	-267,69	
Abzug Treppenhäuser																													
Zwischensumme aller OG's:						4.417,42																							
Summe Beläge:						7.885,91																							
Summe abgehangene Decke:						5.410,30	EG bis 5. OG																						
Sanitär, Boden:																													
UG Lager																													
											5,23	9,8	2	m ²	95,88	Bodenfläche Sanitäräume													
											0,20	0,20	-2	m ²	-1,43	Abzgl. Trennwand													
											Zwischensumme UG Lager:						94,45												
											EG																		
																						2,15	3,85	4	m ²	33,11	Sanitär		
											2,10	3,90	2	m ²	16,38	Sanitär mitte													
											Zwischensumme EG:						33,11												
											OG																		
																						2,85	1,80	1	m ²	5,13	Sanitär 1		
																						3,50	1,80	1	m ²	6,30	Sanitär 2		
																						2,90	1,45	1	m ²	4,21	Sanitär 3		
																						2,53	1,45	1	m ²	3,66	Sanitär 4		
																						2,85	1,85	1	m ²	5,27	Sanitär 5		
																						2,85	1,85	1	m ²	5,27	Sanitär 6		
																						2,85	1,85	1	m ²	5,27	Sanitär 7		
																						1,50	3,48	1	m ²	5,21	Sanitär 8		
																						1,83	3,48	1	m ²	6,34	Sanitär 9		
											0,75	1,80	-9	m ²	-12,15	Abzgl. Badewanne													
											Summe eines OG's - Hälfte:						34,52	gespiegelt											
Zwischensumme:						69,04																							
Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:						345,18																							
Summe:						472,74																							
Bodenbelag:																													
EG																													
											0,5					496,44	50% Linoleum, 50% Laminat												
											0,8					3.533,93	80% Textil, 20% Linoleum												
											0,2					883,48	80% Textil, 20% Linoleum												
											Summe Laminat:						496,44												
Summe Textil:						3.533,93																							
Summe Linoleum:						1.379,92																							
Estrich:																													
EG bis 5. OG																													
											Treppenaufgang	3,65	3,00	-2	m ²	-21,90	entspricht DKBL ohne UG, da Bodenplatte in KG 325 und TG mit OS11												
											Aufzug	3,10	1,73	-2	m ²	-10,70	Treppenauf												
											Zwischensumme EG:						-32,60	linker und rechter Aufzug Person											
											Abzug Wände EG																		
																						4,24	0,25	808,21	-1	m ²	-47,65		
											Estrich EG:						992,91												
											OG																		
																						Treppenaufgang	4,550	3,00	-2	m ²	-27,30	Treppenauf	
											Aufzug	3,100	1,73	-2	m ²	-10,73	linker und rechter Aufzug Person												
											Zwischensumme ein OG:						-38,03												
											Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:						-190,13												
											1 und 2. OG																		
																						3,75	0,8	1437,62	-2	m ²	-138,01		
3. bis 5. OG																													
3,45	0,8	1437,62	-3	m ²	-225,02																								
Estrich aller OG's:						3.739,48																							
Summe Estrich für EG bis 5. OG:						5.832,09																							
Oberflächenschutzsystem KG 352:																													
UG TG																													
											5,95	8100	1	m ²	129195														
											5,60	5,70	-2	m ²	-63,84	Treppenauf													
Treppenaufgang																													
linker / rechter Aufzug																													
Zwischensumme:						-63,84	linker und rechter Aufzug Person																						
Summe:						1.228,11																							

Tabelle D-30: Mengenermittlung – Umbau mittlere Variabilität in Hotel (Teil 1 von 3)
Table D-30: Quantity determination – conversion medium variability in hotel (part 1 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung						Menge	Bemerkungen
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit		
Bruttoarundfläche [BGF]:									
	UG Lager			16,850	8160		m²	1374,96	ohne Dämmung
	UG TG			16,850	8160		m²	1374,96	inkl. Treppenaufgänge
	Rampe			5,700	19,00		m²	108,30	aus CAD-Datei gelesen
	EG			14,000	82,0		m²	1149,40	
	1.OG			14,000	82,0		m²	1149,40	
	2.OG			14,000	82,0		m²	1149,40	
	3.OG			14,000	82,0		m²	1149,40	
	4.OG			14,000	82,0		m²	1149,40	
	5.OG			14,000	82,0		m²	1149,40	
								Summe BGF:	9.754,62
Fläche des Baugrundstücks [FRG]:									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Außenanlagenfläche [AUF]:									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Baugrubenrauminhalt [BGII]:									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Gründungsfläche [GRF]:									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Außenwandfläche [AWF]:									
	UGs			4,930	8130	2	m²	801,62	vertikal ab OK Bodenplatte bis OK Attika
				4,930	16,85	2	m²	166,14	nach Plan: SN quer, längs, von OK Streifenfundamenten bis OK UG-Decke
	EG bis 5. OG			24,90	82,0	2	m²	3,972,00	nach Plan: UG Lager, von OK Streifenfundamenten bis OK UG-Decke
				24,90	14,00	2	m²	677,32	nach Plan: SN quer, längs, von OK UG-Decke bis OK Attika
								Summe AWF:	5.617,08
Innenwandfläche [IWF]:									
	UG Lager			2,17	10,53	2	m²	45,68	vertikal ab OK Bodenplatte bis OK Attika
				2,17	5,23	6	m²	68,03	Querwand oben lang
				2,17	3,05	1	m²	6,62	Querwand unten Lager
				2,17	3,80	1	m²	8,25	Querwand Trennwand Duschen
				2,17	8,55	5	m²	92,77	Querwand Trennwand Umkleide
				2,17	140	2	m²	6,08	Querwände Umkleide Tür
				2,17	5,78	2	m²	22,46	Längswand Dusche
				2,17	32,43	1	m²	70,36	Längswand lang oben
				2,17	9,78	1	m²	19,91	Längswand unten links links
				2,17	49,35	1	m²	104,92	Längswand unten links
				2,17	9,78	1	m²	19,91	Längswand unten rechts rechts
				2,17	5,43	4	m²	47,09	Querwände Treppenaufgang außen
				2,17	7,00	2	m²	30,38	Längswände Treppenaufgang außen
				2,17	4,55	2	m²	19,75	Längswand Treppenaufgang außen innen
				2,17	2,23	2	m²	9,66	Querwände Treppenaufgang außen innen
								Zwischensumme UG Lager:	571,85
	UG TG			2,16	5,43	4	m²	46,87	Querwände Treppenaufgang außen
				2,16	7,00	2	m²	30,24	Längswände Treppenaufgang außen
				2,16	4,55	2	m²	19,66	Längswand Treppenaufgang außen innen
				2,16	2,23	2	m²	9,61	Querwände Treppenaufgang außen innen
								Zwischensumme UG TG:	106,38
	EG			4,24	13,20	3	m²	167,90	Brandwand lang
				4,24	0,48	4	m²	8,06	Querwand Schächte
				4,24	0,63	4	m²	10,60	Längswand Schächte
				4,24	2,50	2	m²	21,20	Querwände Sanitär außerhalb Hotel
				4,24	2,40	2	m²	20,35	Querwände Sanitär außerhalb Hotel
				4,24	5,50	2	m²	46,64	Querwand Küche/ Aufbereitung
				4,24	4,50	1	m²	19,08	Querwand Leseraum
				4,24	4,65	1	m²	19,72	Querwand Rezeption
				4,24	4,40	2	m²	37,31	Querwände Sanitär
				4,24	2,05	1	m²	8,69	Querwand Sanitär Innen
				4,24	2,05	1	m²	8,69	Querwand Cafe + Bar kurz
				4,24	5,53	1	m²	23,43	Querwand rechts über Treppenaufgang lang
				4,24	1,95	2	m²	16,54	Querwand rechts über Treppenaufgang kurz
				4,24	4,00	2	m²	33,92	Längswände Sanitär außerhalb Hotel
				4,24	1,30	1	m²	5,51	Längswände Sanitär außerhalb Hotel
				4,24	4,20	2	m²	35,62	Längswände Sanitär außerhalb Hotel
				4,24	7,00	1	m²	29,68	Längswand links über Treppenaufgang
				4,24	1,98	1	m²	8,37	Längswand Frühstücksraum kurz
				4,24	14,60	1	m²	61,90	Längswand Frühstücksraum lang
				4,24	3,70	2	m²	31,38	Längswand Lager
				4,24	3,80	1	m²	15,11	Längswand Gepäck Innen
				4,24	4,05	1	m²	17,17	Längswand Gepäck unten
				4,24	2,00	1	m²	8,48	Längswand Cafe + Bar
				4,24	3,55	1	m²	16,05	Längswand Cafe + Bar
				4,24	8,55	2	m²	72,50	Längswände Sanitär
				4,24	5,57	4	m²	94,51	Querwände Treppenaufgang außen
				4,24	2,23	1	m²	9,43	Querwände Treppenaufgang rechts innen
				4,24	2,48	1	m²	10,49	Querwände Treppenaufgang links innen
				4,24	7,00	1	m²	29,68	Längswände Treppenaufgang links außen
				4,24	5,00	1	m²	21,20	Längswand Treppenaufgang außen innen
				4,24	6,50	1	m²	27,56	Längswand Treppenaufgang links innen
				4,24	3,60	1	m²	15,26	Längswand Treppenaufgang links außen
								Zwischensumme EG:	952,05
	1. OG und 5. OG			3,15	13,20	2	m²	83,16	Brandwand
				3,15	0,48	4	m²	5,99	Querwand Schächte
				3,15	0,63	4	m²	7,88	Längswand Schächte
				3,15	0,60	36	m²	68,04	Längswand Schrank
				3,15	2,10	34	m²	224,91	Längswand Sanitär normal
				3,15	2,50	2	m²	16,75	Längswand Sanitär behindert
				3,15	28,38	1	m²	89,38	Längswand links Flur
				3,15	24,05	2	m²	15,12	Längswand mitte Flur
				3,15	29,38	1	m²	89,38	Längswand rechts Flur
				3,15	9,48	2	m²	59,69	Längswand links unten Flur
				3,15	11,90	2	m²	74,97	Längswand mitte unten Flur
				3,15	5,50	28	m²	485,10	Querwand Zimmertrennwand
				3,15	2,25	32	m²	226,80	Querwand Sanitär normal
				3,15	2,35	2	m²	14,81	Querwand Sanitär behindert
				3,15	5,73	4	m²	72,14	Querwände Treppenaufgang außen
				3,15	7,00	2	m²	44,10	Längswände Treppenaufgang außen
				3,15	4,55	2	m²	28,67	Längswand Treppenaufgang außen innen
				3,15	2,23	2	m²	14,02	Querwände Treppenaufgang außen innen
								Zwischensumme ein OG:	1.756,28
								Zwischensumme 1. OG und 2. OG:	3.512,57
								Zwischensumme 3. OG bis 5. OG:	4.850,69
								Zwischensumme aller OG's:	8.363,25
								Summe IWF:	9.993,53
Deckenfläche [DEF]:									
	UG Lager			13,20	8130	1	m²	1073,16	Äußere Abmessungen in Bodenhöhe ohne Dämmung
	UG TG			13,20	8130	1	m²	1073,16	
	EG			13,20	8130	1	m²	1073,16	
	1.OG			13,20	8130	1	m²	1073,16	
	2.OG			13,20	8130	1	m²	1073,16	
	3.OG			13,20	8130	1	m²	1073,16	
	4.OG			13,20	8130	1	m²	1073,16	
								Summe DEF:	7.512,12
Deckenkonstruktionsfläche [DKK]:									
	UG Lager	Treppenaufgang		3,65	2,70	-2	m²	-9,71	Entspricht DEF minus Schächte und Treppenaufgänge
		Aufzug		3,10	173	-2	m²	-10,73	Treppenlauf
								Zwischensumme UG Lager:	-30,44
	UG TG	Treppenaufgang		3,65	2,70	-2	m²	-9,71	linker und rechter Aufzug Person
		Aufzug		3,10	173	-2	m²	-10,73	Treppenlauf
								Zwischensumme UG TG:	-30,44
	EG	Treppenaufgang		3,65	3,00	-2	m²	-21,90	linker und rechter Aufzug Person
		Aufzug		3,10	173	-2	m²	-10,73	Treppenlauf
								Zwischensumme UG EG:	-32,63
	OG	Treppenaufgang		4,55	3,00	-2	m²	-27,30	linker und rechter Aufzug Person
		Aufzug		3,10	173	-2	m²	-10,73	Treppenlauf
								Zwischensumme ein OG:	-103,28
								Summe alle OG's:	-516,39
								Summe aller Etagen:	-609,89
	Deckenflächen DEF								7.512,12
								Summe DKK:	6.902,23

Tabelle D-31: Mengenermittlung – Umbau mittlere Variabilität in Hotel (Teil 2 von 3)
Table D-31: Quantity determination – conversion medium variability in hotel (part 2 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung						Bemerkungen
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit	
Deckenbelegfläche [DKBL]:								
	aus IWF:		Höhe [m]	Dicke [m]	IWF [m²]			DKK minus Wandkonstruktion (Annahme: mittlere Breite 0,225m in UG's und 0,5 m EG/OG's)
	UG Lager		2,17	0,20	57185	-1	m²	-52,71
	UG TG		2,16	0,25	106,38	-1	m²	-12,31
	EG		4,24	0,25	952,05	-1	m²	-56,14
	1.OG - 2. OG		3,75	0,18	1756,28	-2	m²	-168,60 (Decke über 5. OG = Dach)
	3. bis 5. OG		3,45	0,18	1756,28	-3	m²	-274,90 da unterschiedliche Raumhöhen laut Schnitt SN
	DKK							6.902,23
								Summe DKBL: 6.337,58
Deckenbekleidungsfläche [DKBK]:								
								Summe DKBK: 6.337,58
Nichttragende Innenwände [IWN]:								
	UG Lager		2,17	10,53	2	m²	45,68	Annahme: Treppenhäuser sind tragend
			2,17	5,23	6	m²	68,03	Querwand oben lang
			2,17	3,05	1	m²	6,62	Querwand Trennwand Duschen
			2,17	3,80	1	m²	8,25	Querwand Trennwand Umkleide
			2,17	8,55	5	m²	92,77	Querwände oben
			2,17	1,40	2	m²	6,08	Querwände Umkleide Tür
			2,17	5,18	2	m²	22,46	Längswand Dusche
			2,17	32,43	1	m²	70,36	Längswand lang oben
			2,17	9,18	1	m²	19,91	Längswand unten links links
			2,17	48,35	1	m²	104,92	Längswand unten links
			2,17	9,18	1	m²	19,91	Längswand unten rechts rechts
							Zwischensumme UG Lager: 464,98	
	EG		4,24	13,20	3	m²	167,90	Brandwand lang
			4,24	0,48	4	m²	8,06	Querwand Schächte
			4,24	0,63	4	m²	10,60	Längswand Schächte
			4,24	2,50	2	m²	21,20	Querwände Sanitär außerhalb Hotel
			4,24	2,40	2	m²	20,35	Querwände Sanitär außerhalb Hotel
			4,24	5,50	2	m²	48,64	Querwand Küche/ Aufbereitung
			4,24	4,50	1	m²	18,08	Querwand Leseraum
			4,24	4,65	1	m²	19,72	Querwand Rezeption
			4,24	4,40	2	m²	37,31	Querwände Sanitär
			4,24	2,05	1	m²	8,69	Querwand Sanitär Innen
			4,24	2,05	1	m²	8,69	Querwand Cafe + Bar kurz
			4,24	5,53	1	m²	23,43	Querwand rechts über Treppenaufgang lang
			4,24	195	2	m²	16,54	Querwand rechts über Treppenaufgang kurz
			4,24	4,00	2	m²	33,92	Längswände Sanitär außerhalb Hotel
			4,24	1,30	1	m²	5,51	Längswände Sanitär außerhalb Hotel
			4,24	4,20	2	m²	35,62	Längswände Sanitär außerhalb Hotel
			4,24	7,00	1	m²	29,68	Längswand links über Treppenaufgang
			4,24	198	1	m²	8,37	Längswand Frühstücksraum kurz
			4,24	14,60	1	m²	61,90	Längswand Frühstücksraum lang
			4,24	3,70	2	m²	31,38	Längswand Lager
			4,24	3,80	1	m²	16,11	Längswand Gepäck Innen
			4,24	4,05	1	m²	17,17	Längswand Gepäck unten
			4,24	2,00	1	m²	8,48	Längswand Cafe + Bar
			4,24	3,55	1	m²	15,05	Längswand Cafe + Bar
			4,24	8,55	2	m²	72,50	Längswände Sanitär
							Zwischensumme EG: 743,91	
	1. OG und 5. OG		3,15	13,20	2	m²	83,8	Brandwand
			3,15	0,48	4	m²	5,99	Querwand Schächte
			3,15	0,63	4	m²	7,88	Längswand Schächte
			3,15	0,60	36	m²	68,04	Längswand Schrank
			3,15	2,10	34	m²	224,91	Längswand Sanitär normal
			3,15	2,50	2	m²	15,75	Längswand Sanitär behindert
			3,15	28,38	1	m²	89,38	Längswand links Flur
			3,15	24,05	2	m²	151,52	Längswand mitte Flur
			3,15	28,38	1	m²	89,38	Längswand rechts Flur
			3,15	9,48	2	m²	59,69	Längswand links unten Flur
			3,15	19,90	2	m²	74,97	Längswand mitte unten Flur
			3,15	5,50	28	m²	485,13	Querwand Zimmertrennwand
			3,15	2,25	32	m²	226,80	Querwand Sanitär normal
			3,15	2,35	2	m²	14,81	Querwand Sanitär behindert
							Zwischensumme ein OG: 1.597,37	
							Zwischensumme 1. OG bis 2. OG: 3.194,73	
							Zwischensumme 3. bis 5. OG: 4.411,77	mit Raumhöhe 2,90 m
							Summe aller OG's: 7.606,50	
							Summe IWN: 8.815,38	
Tragende Innenwände [IWT]:								
	UG Lager		2,17	5,43	4	m²	47,09	Fahrradstühle und Treppenaufgänge tragend
			2,17	7,00	2	m²	30,38	Längswände Treppenaufgang außen
			2,17	4,55	2	m²	19,75	Längswand Treppenaufgang außen innen
			2,17	2,23	2	m²	9,66	Querwände Treppenaufgang außen innen
							Zwischensumme UG Lager: 106,87	
	UG TG		2,16	5,43	4	m²	46,87	Querwände Treppenaufgang außen
			2,16	7,00	2	m²	30,24	Längswände Treppenaufgang außen
			2,16	4,55	2	m²	19,66	Längswand Treppenaufgang außen innen
			2,16	2,23	2	m²	9,61	Querwände Treppenaufgang außen innen
							Zwischensumme UG TG: 106,38	
	EG		4,24	5,57	4	m²	94,5	Querwände Treppenaufgang außen
			4,24	2,23	1	m²	9,43	Querwände Treppenaufgang rechts innen
			4,24	2,48	1	m²	10,49	Querwände Treppenaufgang links innen
			4,24	7,00	1	m²	29,68	Längswände Treppenaufgang links außen
			4,24	5,00	1	m²	21,20	Längswand Treppenaufgang außen innen
			4,24	6,50	1	m²	27,56	Längswand Treppenaufgang links innen
			4,24	3,60	1	m²	15,26	Längswand Treppenaufgang links außen
							Zwischensumme EG: 208,14	
	OG		3,15	5,73	4	m²	72,14	Querwände Treppenaufgang außen
			3,15	7,00	2	m²	44,10	Längswände Treppenaufgang außen
			3,15	4,55	2	m²	28,67	Längswand Treppenaufgang außen innen
			3,15	2,23	2	m²	14,02	Querwände Treppenaufgang außen innen
							Zwischensumme ein OG: 158,92	
							Zwischensumme 1. und 2. OG: 317,84	
							Zwischensumme 3. bis 5. OG: 429,08	mit Raumhöhe 2,70m
							Summe aller OG's: 746,91	
							Summe IWT: 1.168,31	
Innentüren/Innenfenster [ITF]:								
	UG Lager		24	100	1	St	24,00	
	UG TG		2	100	1	St	2,00	
	EG		19	100	1	St	19,00	
	OG		78	100	5	St	390,00	
							Summe St: 435,00	
							Summe ITF: 841,73	Annahme: Türen 0,9 m x 2,15 m

Tabelle D-32: Mengenermittlung – Umbau mittlere Variabilität in Hotel (Teil 3 von 3)
Table D-32: Quantity determination – conversion medium variability in hotel (part 3 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung						Menge	Bemerkungen																		
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit																				
Innenwandbekleidungen TIBKI:																											
Fliesen UG Lager					2,00	5,78	2	m²	20,70	Längswand Umkleide																	
					2,00	5,78	2	m²	20,70	Längswand Umkleide																	
					2,00	5,5	2	m²	20,60	Querwand Umkleide																	
					2,00	5,28	2	m²	21,0	Querwand Umkleide																	
					2,00	5,78	2	m²	20,70	Längswand Dusche																	
					2,00	3,05	4	m²	24,40	Querwand Dusche																	
					2,00	2,48	4	m²	19,80	Längswand Sanitär																	
					2,00	8,55	4	m²	68,40	Querwand Sanitär																	
					Zwischensumme UG Lager:						216,40																
					Fliesen EG					2,00	3,85	4	m²	30,80	Längswände Sanitär												
										2,00	2,5	4	m²	17,20	Querwände Sanitär												
										2,00	3,90	2	m²	15,60	Längswände Sanitär												
										2,00	2,10	2	m²	8,40	Querwände Sanitär												
										2,00	3,98	4	m²	31,80	Längswand Sanitär Cafe + Bar												
2,00	2,05	4	m²	16,40						Querwand Sanitär Cafe + Bar																	
2,00	29,40	1	m²	58,80						Längswand Küche + Aufbereitung + Lager																	
2,00	26,80	1	m²	53,60						Querwand Küche + Aufbereitung + Lager																	
Zwischensumme EG:										232,60																	
Fliesen OG										2,00	2,40	34	m²	156,00	Längswand Sanitär normal												
					2,00	2,40	2	m²	9,60	Längswand Sanitär behindert																	
					2,00	2,15	34	m²	146,30	Querwand Sanitär normal																	
					2,00	2,25	2	m²	9,00	Querwand Sanitär behindert																	
Zwischensumme ein OG:						300,80																					
Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:						1.504,00																					
Fliesen Gesamt:						1.953,00																					
Putz UG Lager					2,17	5,43	4	m²	47,09	Querwände Treppenaufgang außen																	
					2,17	7,00	2	m²	30,38	Längswände Treppenaufgang außen																	
					2,17	4,55	2	m²	19,75	Längswand Treppenaufgang außen innen																	
					2,17	2,23	2	m²	9,66	Querwände Treppenaufgang außen innen																	
					2,17	2,70	2	m²	11,72	Treppenaufgang Innen																	
					2,17	0,25	2	m²	1,09	Treppenaufgang Innen																	
					2,17	3,15	2	m²	13,67	Treppenaufgang Innen																	
					2,17	5,23	2	m²	22,68	Treppenaufgang Innen																	
					2,17	6,40	2	m²	27,76	Treppenaufgang Innen																	
					Zwischensumme UG Lager:						183,78																
Putz UG TG					2,16	5,43	4	m²	46,87	Querwände Treppenaufgang außen																	
					2,16	7,00	2	m²	30,24	Längswände Treppenaufgang außen																	
					2,16	4,55	2	m²	19,66	Längswand Treppenaufgang außen innen																	
					2,16	2,23	2	m²	9,61	Querwände Treppenaufgang außen innen																	
					2,16	2,70	2	m²	11,66	Treppenaufgang Innen																	
					2,16	0,25	2	m²	1,08	Treppenaufgang Innen																	
					2,16	3,15	2	m²	13,61	Treppenaufgang Innen																	
					2,16	5,23	2	m²	22,57	Treppenaufgang Innen																	
					2,16	6,40	2	m²	27,63	Treppenaufgang Innen																	
					Zwischensumme UG TG:						182,93																
Putz EG					4,24	5,73	3	m²	72,82	Querwände Treppenaufgang links außen																	
					4,24	3,60	1	m²	15,26	Längswand Treppenaufgang links oben																	
					4,24	3,15	1	m²	13,36	Querwand Treppenaufgang links Fahrstuhl																	
					4,24	2,48	1	m²	10,49	Längswand Treppenaufgang links Fahrstuhlbereich																	
					4,24	6,50	1	m²	27,56	Längswand Treppenaufgang links																	
					4,24	3,00	1	m²	12,72	Querwand Treppenaufgang links Innen																	
					4,24	5,73	3	m²	72,82	Querwände Treppenaufgang rechts Außen																	
					4,24	2,25	1	m²	9,54	Querwände Treppenaufgang rechts innen																	
					4,24	5,00	2	m²	42,40	Längswand Treppenaufgang Rechts lang																	
					4,24	1,65	2	m²	13,99	Längswand Treppenaufgang Rechts Fahrstuhlbereich																	
4,24	3,00	1	m²	12,72	Querwände Treppenaufgang rechts																						
4,24	0,25	4	m²	4,24	Stöße Treppenaufgang rechts																						
Zwischensumme EG:						307,99																					
Zwischensumme 1. OG und 2. OG:						467,46																					
Zwischensumme 3. bis 5. OG:						1.291,08	hier mit Raumhöhe 2,90 m																				
Summe aller OG's:						1.758,54																					
Summe Putz:						2.433,25																					
Summe IBK:						4.386,25																					
Deckenbeläge einzeln:																											
im UG Lager										5,95	8100	1	m²	129195	Äußere Abmessungen in Bodenhöhe												
										Abzug Wände UG Lager	2,17	0,20	57185	-1	m²	-52,71											
										Abzug Treppenhäuser						-30,44											
										Zwischensumme UG Lager:						1.208,81											
										UG TG										5,95	8100	1	m²	129195			
																				Abzug Wände UG TG	2,16	0,25	10638	-1	m²	-2,31	
																				Abzug Treppenhäuser						-30,44	
										Zwischensumme UG TG:						1.249,20											
										EG										5,20	8130	1	m²	1073,6			
																				Abzug Wände EG	4,24	0,25	952,05	-1	m²	-56,14	
										Abzug Treppenhäuser							-32,63										
										Zwischensumme EG:						984,40											
										1. OG										5,200	8130	1	m²	1073,6			
																				2. OG	5,200	8130	1	m²	1073,6		
3. OG	5,200	8130	1	m²	1073,6																						
4. OG	5,200	8130	1	m²	1073,6																						
5. OG	5,200	8130	1	m²	1073,6																						
Abzug Wände 1-2. OG	3,15	0,80	1756,28	-2	m²	-200,72																					
Abzug Wände 3.-5. OG	2,90	0,80	1616,90	-3	m²	-301,08																					
Abzug Treppenhäuser						-56,39																					
Zwischensumme aller OG's:						4.347,62																					
Summe Beläge:						7.790,02																					
Summe abgehängene Decke:						5.332,01	Og+EG																				
Sanitär, Boden:																											
UG Lager										5,78	3,05	2	m²	31,57	Dusche												
										5,28	5,78	2	m²	54,60	Umkleide												
										1,40					-3,50	Abzgl. Ausgang											
										Zwischensumme UG Lager:						82,66											
										EG										2,15	3,85	3	m²	24,88	Sanitär		
2,05	3,98	1	m²	8,15	Sanitär Cafe + Bar links																						
2,05	4,08	1	m²	8,35	Sanitär Cafe + Bar rechts																						
5,50	14,60	1	m²	80,30	Küche + Lager + Aufbereitung																						
0,20	18,40	-1	m²	-3,68	Abzgl. Wände																						
Zwischensumme EG:						117,96																					
OG										2,00	2,15	34	m²	146,20	Sanitär normal												
										0,90	0,90	-34	m²	-27,54	Abzgl. Dusche												
										2,40	2,25	2	m²	10,80	Sanitär Behindert												
										1,40	1,30	-2	m²	-3,64	Abzgl. Dusche												
Zwischensumme:						125,82																					
Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:						829,72																					
Summe:						829,72																					
Bodenbelag:																											
EG										0,5				492,20	50% Lino leum, 50% Laminat												
										1. OG bis 5. OG	0,8				3.478,09	80% Textil, 20% Lino leum											
											0,2				869,52	80% Textil, 20% Lino leum											
Summe Laminat:						492,20																					
Summe Textil:						3.478,09																					
Summe Lino leum:						1.361,72																					
Estrich:																											
EG bis 5. OG																6.337,58	entspricht DKBL ohne UG, da Bodenplatte in KG 325 und TG mit OS11										
																Treppenaufgang	3,65	3,00	-2	m²	-2190	Treppenaufgang					
																Aufzug	3,10	173	-2	m²	-10,70	linker und rechter Aufzug Person					
																Zwischensumme EG:						-32,60					
																Abzug Wände EG	4,24	0,25	952,05	-1	m²	-56,14					
Estrich EG:						984,43																					
OG										4,550	3,00	-2	m²	-27,30	Treppenaufgang												
										Aufzug	3,100	173	-2	m²	-10,73	linker und rechter Aufzug Person											
Zwischensumme ein OG:						-38,03																					
Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:						-190,13																					
1 und 2. OG										0,8	1756,28	-2	m²	-58,60													
3. bis 5. OG										3,45	1756,28	-3	m²	-274,90													
Estrich aller OG's:						3.659,01																					
Summe Estrich für EG bis 5. OG:						5.671,36																					
Oberflächenschutzsystem KG 352:																											
UG TG										5,95	8100	1	m²	129195													
										Treppenaufgang	5,60	5,70	-2	m²	-63,84	Treppenaufgang											
linker / rechter Aufzug														-63,84	linker und rechter Aufzug Person												
Zwischensumme:						-63,84																					
Summe:						1.228,11																					

Tabelle D-33: Mengenermittlung – Umbau mittlere Variabilität in gemischte Nutzung (Teil 1 von 3)
Table D-33: Quantity determination – conversion medium variability in mixed use (part 1 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung						Menge	Bemerkungen
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit		
Bruttogrundfläche [BGF]:									
	UG Lager			16,850	8160		m²	1374,96	ohne Dämmung
	UG TG			16,850	8160		m²	1374,96	inkl. Treppenaufgänge
	Rampe			5,700	19,00		m²	108,30	aus CAD-Datei gelesen
	EG			14,000	82,0		m²	1149,40	
	1.OG			14,000	82,0		m²	1149,40	
	2.OG			14,000	82,0		m²	1149,40	
	3.OG			14,000	82,0		m²	1149,40	
	4.OG			14,000	82,0		m²	1149,40	
	5.OG			14,000	82,0		m²	1149,40	
								Summe BGF:	9.754,62
Fläche des Baugrundstücks [FBG]:									
Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI									
Außenanlagenfläche [AUF]:									
Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI									
Baugrubenrauminhalt [BGI]:									
Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI									
Gründungsfläche [GRF]:									
Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI									
Außenwandfläche [AWF]:									
	UGs			4,930	8130	2	m²	801,62	vertikal ab OK Bodenplatte bis OK Attika
				4,930	16,85	2	m²	166,14	nach Plan: SN quer, längs, von OK Streifenfundamenten bis OK UG-Decke
	EG bis 5. OG			24,900	82,0	2	m²	3.972,00	nach Plan: SN quer, längs, von OK UG-Decke bis OK Attika
				24,900	14,00	2	m²	1.773,32	nach Plan: SN quer, längs, von OK UG-Decke bis OK Attika
								Summe AWF:	5.617,08
Innenwandfläche [IWF]:									
	UG Lager			2,17	10,53	2	m²	45,70	Längswände lang
				2,17	80,70	1	m²	175,12	nach Plan: SN quer, lichte Höhe, Längswand innen
				2,17	5,23	8	m²	90,73	Querwände Lager
				2,17	5,23	4	m²	45,40	Querwände Treppenaufgang
				2,17	2,23	2	m²	9,68	Querwände Treppenaufgang kurz - innen
				2,17	4,55	2	m²	19,75	Längswände Treppenaufgang kurz
				2,17	3,0	2	m²	13,45	Längswände Treppenaufgang ganz kurz
								Zwischensumme UG Lager:	399,89
	UG TG			2,16	5,30	1	m²	11,45	Innenwand Rampenverlängerung
				2,16	5,43	4	m²	46,92	Querwände Treppenaufgang lang
				2,16	2,23	2	m²	9,63	Querwände Treppenaufgang kurz
				2,16	7,00	2	m²	30,24	Längswände Treppenaufgang lang
				2,16	4,55	2	m²	19,66	Längswände Treppenaufgang kurz
								Zwischensumme UG TG:	117,89
	EG			4,24	13,20	1	m²	63,89	Querwände durchgehend
				4,24	13,20	1	m²	63,89	Brandwand
				4,24	5,73	4	m²	10,93	Querwände Treppenaufgänge tragend
				4,24	2,23	2	m²	21,59	Querwände Treppenaufgänge innen
				4,24	4,95	2	m²	47,92	Längswände Treppenaufgänge innen
				4,24	7,00	2	m²	67,76	Längswände Treppenaufgänge tragend
				4,24	8,30	1	m²	40,17	Längswände über Treppenaufgänge, rechts
				4,24	2,65	1	m²	12,83	Längswand neben Treppenaufgang rechts kurz
				4,24	7,48	1	m²	36,18	Querwand über TA, links
				4,24	1,25	2	m²	12,10	Schachtwände
				4,24	4,48	1	m²	21,66	Längswände Sanitär - groß
				4,24	5,35	1	m²	25,89	Querwände Sanitär - groß
				4,24	4,00	6	m²	18,16	Längswände Sanitär - klein
				4,24	2,45	5	m²	59,29	Querwände Sanitär - klein
								Zwischensumme ein OG:	700,25
	1.OG und 2.OG			3,15	0,45	4	m²	5,67	Schachtwände längs
				3,15	0,78	4	m²	9,77	Schachtwände quer
				3,15	13,20	1	m²	41,58	Brandwand
				3,15	5,53	15	m²	261,29	Querwand
				3,15	2,45	3	m²	23,16	Querwände Sanitär oben rechts
				3,15	3,35	1	m²	10,55	Querwand rechts oben über Klo
				3,15	5,60	2	m²	35,28	Querwand rechts oben
				3,15	5,68	3	m²	53,68	Querwände Kante unten
				3,15	5,50	3	m²	51,98	Querwände Sanitär oben
				3,15	2,00	5	m²	31,50	Querwände Flur
				3,15	2,23	2	m²	14,05	Querwände Treppenaufgang innen
				3,15	5,73	4	m²	72,20	Querwände Treppenaufgang r4 außen
				3,15	0,60	1	m²	1,89	Querwand links stummel
				3,15	2,193	1	m²	69,08	Längswand links Flur unten
				3,15	43,03	1	m²	135,54	Längswand links Flur oben
				3,15	24,28	1	m²	76,48	Längswand rechts Flur unten
				3,15	11,28	1	m²	35,53	Längswand rechts Flur oben
				3,15	6,81	1	m²	21,45	Längswand Sanitär rechts oben
				3,15	3,88	1	m²	12,22	Längswand Sanitär mitte unten
				3,15	4,55	2	m²	28,67	Längswand Treppenaufgang r4 kurz
				3,15	7,00	2	m²	44,10	Längswand Treppenaufgang zum Flur
								Zwischensumme ein OG:	1.035,66
								Zwischensumme 1. OG und 2. OG:	2.071,31
	3.OG bis 5.OG			2,90	3,00	1	m²	8,70	Längswand links oben Flur 1
				3,45	0,48	2	m²	3,28	Querwand Schächte
				3,45	0,70	2	m²	4,83	Längswand Schächte
				2,90	12,45	1	m²	35,24	Längswand links oben Flur 2
				2,90	4,0	1	m²	11,89	Längswand links oben Bad-Schlafen außen
				2,90	3,50	1	m²	10,15	Längswand links oben Bad-Schlafen halb außen
				2,90	2,90	1	m²	8,41	Längswand links unten Bad außen
				2,90	0,76	1	m²	2,21	Längswand links Stummel über Treppenaufgang
				2,90	2,53	1	m²	7,32	Längswand links Bad über Treppenaufgang
				2,90	16,98	1	m²	46,33	Längswand rechts neben treppenaufgang unten
				2,90	3,70	3	m²	32,19	Längswand rechts neben Treppenaufgang mitte Küche
				2,90	3,70	2	m²	21,46	Längswand rechts neben Treppenaufgang mitte Sanitär
				2,90	5,8	1	m²	16,01	Längswand rechts neben Treppenaufgang mitte Sanitär am Treppenauf
				2,90	6,30	1	m²	16,27	Längswand Wohnung mitte unten Kinderzimmer
				2,90	4,23	2	m²	24,51	Längswand Wohnung mitte Sanitär
				2,90	2,65	1	m²	7,69	Längswand links rechts unten
				2,90	2,50	2	m²	14,50	Längswand links rechts Sanitär
				2,90	2,00	1	m²	5,80	Querwand links außen oben zum Schlafen
				2,90	5,50	3	m²	47,85	Querwand links oben über Treppenaufgang lang
				2,90	1,59	1	m²	4,62	Querwand über Treppenaufgang Stummel
				2,90	7,48	1	m²	21,68	Querwand als Wohnungstrennwand über Treppenaufgang
				2,90	5,73	1	m²	16,60	Querwand links außen unten
				2,90	1,45	2	m²	66,41	Querwand Trennwand ganz lang
				2,90	3,93	2	m²	22,77	Querwand rechts neben treppenaufgang Schlafen
				2,90	1,85	3	m²	16,10	Querwand rechts neben treppenaufgang Sanitär
				2,90	13,20	1	m²	38,28	Querwand Trennwand durchgehend
				2,90	4,05	1	m²	11,75	Querwand mitte Kinderzimmer außen
				2,90	3,90	1	m²	11,31	Querwand mitte Trennt Kinderzimmer
				2,90	3,48	1	m²	10,08	Querwand mitte Sanitär
				2,90	3,90	1	m²	11,32	Querwand mitte Schlafen
				2,90	3,48	1	m²	10,08	Querwand mitte Küche
				2,90	1,48	1	m²	4,28	Querwand mitte Abstellkammer
								Summe eines OG's - Hälfte:	570,88
								Summe eines OG's ohne TS:	1.141,75
				2,90	13,20	1	m²	38,28	Brandwand
				2,90	5,73	4	m²	66,47	Querwände Treppenaufgang außen
				2,90	2,48	2	m²	14,36	Querwände Treppenaufgang innen
				2,90	3,60	2	m²	20,88	Längswände Treppenaufgang außen
				2,90	4,55	2	m²	28,39	Längswände Treppenaufgang innen
				2,90	3,0	2	m²	17,98	Längswand Flur komisches Sache
								Zwischensumme eines kompletten OG's:	1.326,10
								Zwischensumme 3. OG bis 5. OG:	3.978,31
								Zwischensumme aller OG's:	6.049,63
								Summe IWF:	7.267,66
Deckenfläche [DEF]:									
Äußere Abmessungen in Bodenhöhe ohne Dämmung									
	UG Lager			13,20	8130	1	m²	1073,16	
	UG TG			13,20	8130	1	m²	1073,16	
	EG			13,20	8130	1	m²	1073,16	
	1.OG			13,20	8130	1	m²	1073,16	
	2.OG			13,20	8130	1	m²	1073,16	
	3.OG			13,20	8130	1	m²	1073,16	
	4.OG			13,20	8130	1	m²	1073,16	
								Summe DEF:	7.512,12

Tabelle D-34: Mengenermittlung – Umbau mittlere Variabilität in gemischte Nutzung (Teil 2 von 3)
Table D-34: Quantity determination – conversion medium variability in mixed use (part 2 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung							Bemerkungen
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit	Menge	
Deckenkonstruktionsfläche [DKKI]:									
UG Lager		Treppenaufgang		3,65	2,70	-2	m ²	-9,71	Treppenlauf
		Aufzug		3,10	1,73	-2	m ²	-10,73	linker und rechter Aufzug Person
							Zwischensumme UG Lager:	-30,44	
UG TG		Treppenaufgang		3,65	2,70	-2	m ²	-9,71	Treppenlauf
		Aufzug		3,10	1,73	-2	m ²	-10,73	linker und rechter Aufzug Person
							Zwischensumme UG TG:	-30,44	
EG		Treppenaufgang		3,65	3,00	-2	m ²	-21,90	Treppenlauf
		Aufzug		3,10	1,73	-2	m ²	-10,73	linker und rechter Aufzug Person
							Zwischensumme UG EG:	-32,63	
OG		Treppenaufgang		4,55	3,00	-2	m ²	-27,30	Treppenlauf
		Aufzug		3,10	1,73	-2	m ²	-10,73	linker und rechter Aufzug Person
							Zwischensumme ein OG:	-103,28	
							Summe alle OG's:	-516,39	
							Summe aller Etagen:	-609,89	
							Summe DKK:	6.902,23	
Deckenbelagsfläche [DKBL]:									
		aus IWF:	Höhe [m]	Dicke [m]	IWF [m ²]				DKK minus Wandkonstruktion (Annahme: mittlere Breite 0,225m in UG's und 0,6 m EG/OG's)
		UG Lager	2,17	0,20	399,89	-1	m ²	-36,86	Länge Innenwandflächen mal mittlere Breite
		UG TG	2,17	0,25	17,89	-1	m ²	-13,65	
		EG	4,24	0,25	700,25	-1	m ²	-41,29	
		1 OG - 2 OG	3,15	0,18	1326,10	-2	m ²	-151,55	Decke über 5. OG = Dach
		3. bis 5. OG	3,45	0,18	1326,10	-3	m ²	-207,56	da unterschiedliche Raumhöhen laut Schnitt SN
							Summe DKBL:	6.451,32	
Deckenbekleidungsfläche [DKBK]:									
							Summe DKBK:	6.451,32	Entspricht DKBL
Nichttragende Innenwände [IWN]:									
UG Lager			2,17	5,23	8	m ²	90,79	Querwände komplett	Annahme: Treppenhäuser sind tragend
			2,17	10,53	2	m ²	45,70	Querwände lang; Annahme: Längswand ist tragend	
							Zwischensumme UG Lager:	281,23	
EG			4,24	13,20	1	m ²	55,97	Querwände durchgehend	
			4,24	13,20	1	m ²	55,97	Brandwand	
							Zwischensumme EG:	396,02	
1 OG und 2 OG			3,15	0,45	4	m ²	5,67	Schachtwände längs	
			3,15	0,78	4	m ²	9,77	Schachtwände quer	
							Zwischensumme ein OG:	651,11	
3. OG bis 5. OG			2,90	3,00	1	m ²	8,70	Längswand links oben Flur 1	
			2,90	0,48	2	m ²	2,76	Querwand Schächte	
							Zwischensumme 1. und 2. OG:	1.302,21	
							Zwischensumme eines kompletten OG's:	1.177,45	
							Zwischensumme 3. OG bis 5. OG:	3.532,34	
							Summe aller OG's:	4.834,55	
							Summe IWN:	5.511,80	
Tragende Innenwände [IWT]:									
UG Lager			2,17	5,23	4	m ²	45,40	Querwände Treppenaufgang	Fahrstühle und Treppenaufgänge tragend
			2,17	2,23	2	m ²	9,68	Querwände Treppenaufgang kurz - innen	
							Zwischensumme UG Lager:	105,20	
UG TG			2,17	4,55	2	m ²	19,75	Längswände Treppenaufgang kurz	
			2,17	7,00	2	m ²	30,38	Längswände Treppenaufgang außen	
							Zwischensumme UG TG:	115,52	
EG			4,24	5,73	4	m ²	97,18	Querwände Treppenaufgänge tragend	
			4,24	2,23	2	m ²	19,91	Querwände Treppenaufgänge innen	
							Zwischensumme EG:	217,43	
OG			3,15	2,23	2	m ²	14,05	Querwände Treppenaufgang innen	
			3,15	5,48	4	m ²	69,05	Querwände Treppenaufgang r4 außen	
							Zwischensumme eines OG's:	155,86	
							Zwischensumme 1. und 2. OG:	311,72	
							Zwischensumme 3. bis 5. OG:	512,12	mit Raumhöhe 3,45 m
							Summe aller IWT:	823,84	
							Summe IWT:	1.261,99	
Innentüren/innenfenster [ITF]:									
UG Lager			18	100	1	St	18,00		
UG TG			2	100	1	St	2,00		
EG			8	100	1	St	8,00		
1 und 2 OG			31	100	2	St	62,00		
3. bis 5. OG			54	100	3	St	162,00		
							Summe St:	252,00	
							Summe ITF:	487,82	Annahme: Türen 0,9 m x 2,5 m

Tabelle D-35: Mengenermittlung – Umbau mittlere Variabilität in gemischte Nutzung (Teil 3 von 3)
Table D-35: Quantity determination – conversion medium variability in mixed use (part 3 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung						Einheit	Menge	Bemerkungen																	
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor																					
Innenwandbekleidungen [IBK]:																											
Fliesen EG					2,00	3,85	6	m ²	46,2	Sanitär Längswände																	
					2,00	2,5	6	m ²	25,8	Sanitär Querwände																	
					2,00	5,20	2	m ²	20,8	Sanitär raum 2																	
					2,00	4,0	2	m ²	8,4	Sanitär raum 2																	
					2,00	3,90	2	m ²	5,6	Sanitär Raum 3																	
					2,00	2,0	2	m ²	8,4	Sanitär Raum 3																	
					Zwischensumme EG:								133,20														
					Fliesen 1 und 2. OG					2,00	3,85	2	m ²	15,40	Sanitär unten Längswände												
										2,00	2,5	2	m ²	8,60	Sanitär unten Querwände												
										2,00	3,05	2	m ²	12,20	Sanitär oben rechts Längswände 1												
										2,00	3,25	2	m ²	13,00	Sanitär oben rechts Längswände 2												
										2,00	2,5	2	m ²	8,60	Sanitär oben rechts Querwände 1												
										2,00	2,5	2	m ²	8,60	Sanitär oben rechts Querwände 2												
										2,00	2,45	2	m ²	9,80	Sanitär oben links Längswände, kein Putz an Fensterseite												
										2,00	5,50	4	m ²	44,00	Sanitär oben links Querwände												
Zwischensumme ein OG:												120,20															
Zwischensumme 1. und 2. OG:												240,40															
Fliesen 3. bis 5. OG					2,00	2,85	2	m ²	11,40	Längswand Sanitär 1																	
					2,00	3,50	2	m ²	14,00	Längswand Sanitär 2																	
					2,00	2,90	2	m ²	11,60	Längswand Sanitär 3																	
					2,00	2,53	2	m ²	10,10	Längswand Sanitär 4																	
					2,00	2,85	2	m ²	11,40	Längswand Sanitär 5																	
					2,00	2,85	2	m ²	11,40	Längswand Sanitär 6																	
					2,00	2,85	2	m ²	11,40	Längswand Sanitär 7																	
					2,00	1,50	2	m ²	6,00	Längswand Sanitär 8																	
					2,00	1,83	2	m ²	7,30	Längswand Sanitär 9																	
					2,00	1,80	2	m ²	7,20	Querwand Sanitär 1																	
					2,00	1,80	2	m ²	7,20	Querwand Sanitär 2																	
					2,00	1,45	2	m ²	5,80	Querwand Sanitär 3																	
					2,00	1,45	2	m ²	5,80	Querwand Sanitär 4																	
					2,00	1,85	2	m ²	7,40	Querwand Sanitär 5																	
					2,00	1,85	2	m ²	7,40	Querwand Sanitär 6																	
					2,00	1,95	2	m ²	7,80	Querwand Sanitär 7																	
					2,00	3,48	2	m ²	13,90	Querwand Sanitär 8																	
					2,00	3,48	2	m ²	13,90	Querwand Sanitär 9																	
Summe eines OG's - Hälfte:								171,00	gespiegelt																		
Zwischensumme ein OG:								342,00																			
Zwischensumme 3. OG bis 5. OG:								1.026,00																			
Fliesen Gesamt:								1.399,60																			
Putz UG Lager					2,17	25,41	2	m ²	10,28	Treppenaufgang rechts und links Innen																	
					2,17	17,86	2	m ²	77,51	Treppenaufgang rechts und links Außen																	
					Zwischensumme UG Lager:								187,79														
Putz UG TG					2,16	27,51	2	m ²	18,84	Treppenaufgang rechts und links Innen																	
					2,16	12,86	2	m ²	55,56	Treppenaufgang rechts und links Außen																	
Zwischensumme UG TG:								14,40																			
Putz EG					4,24	20,1	2	m ²	89,68	Treppenaufgang rechts und links Innen																	
					4,24	18,46	2	m ²	56,54	Treppenaufgang rechts und links Außen																	
Zwischensumme EG:								326,23																			
Putz OG					3,15	17,86	2	m ²	12,52	Treppenaufgang rechts und links Innen																	
					3,15	6,01	2	m ²	20,86	Treppenaufgang rechts und links Außen																	
Zwischensumme ein OG:								213,38																			
Zwischensumme 1. OG und 2. OG:								426,76																			
Zwischensumme 3. bis 5. OG:								589,34	hier mit Raumhöhe 2,90 m																		
Summe aller OG's:								1.016,10																			
Summe Putz:								1.704,52																			
Summe IBK:								3.104,12																			
Deckenbeläge einzeln:																											
im UG Lager					5,95	8100	1	m ²	129195	Außere Abmessungen in Bodenhöhe																	
					0,20	399,89	-1	m ²	-36,86																		
					Zwischensumme UG Lager:								1.224,66														
					UG TG					5,95	8100	1	m ²	129195													
										0,25	117,89	-1	m ²	-13,65													
										Zwischensumme UG TG:								1.247,87									
					EG					3,20	8130	1	m ²	1073,6													
										0,25	700,25	-1	m ²	-4129													
										Zwischensumme EG:								999,25									
					1. OG					3,200	8130	1	m ²	1073,6													
					2. OG					3,200	8130	1	m ²	1073,6													
					3. OG					3,200	8130	1	m ²	1073,6													
					4. OG					3,200	8130	1	m ²	1073,6													
					5. OG					3,200	8130	1	m ²	1073,6													
										3,15	0,80	1326,0	-2	m ²	-5155												
					2,90	0,80	1326,0	-3	m ²	-246,93																	
Zwischensumme aller OG's:								4.450,93																			
Summe Beläge:								9.516,73																			
Summe abgehangene Decke:								3.430,17	EG bis 5. OG																		
Sanitär, Boden:																											
EG					2,15	3,85	4	m ²	33,11	Bodenfläche Sanitärräume																	
					4,10	5,20	1	m ²	21,32	4 gleich große Sanitärräume																	
					2,10	3,90	1	m ²	8,19	Sanitär Raum 2																	
					Zwischensumme EG:								62,62														
					1 und 2. OG					2,15	3,85	1	m ²	8,28													
										2,15	3,05	1	m ²	6,56													
										2,15	3,25	1	m ²	6,99													
										5,50	2,45	2	m ²	26,95													
										Zwischensumme 1. OG und 2. OG:								48,77									
					3. bis 5. OG					2,85	1,80	1	m ²	5,13	Sanitär 1												
										3,50	1,80	1	m ²	6,30	Sanitär 2												
										2,90	1,45	1	m ²	4,21	Sanitär 3												
										2,53	1,45	1	m ²	3,66	Sanitär 4												
										2,85	1,85	1	m ²	5,27	Sanitär 5												
										2,85	1,85	1	m ²	5,27	Sanitär 6												
2,85	1,85	1	m ²	5,27						Sanitär 7																	
1,50	3,48	1	m ²	5,21						Sanitär 8																	
1,83	3,48	1	m ²	6,34						Sanitär 9																	
0,75	1,80	-9	m ²	-12,15						Abzgl. Badewanne																	
Summe eines OG's - Hälfte:								34,52	gespiegelt																		
Zwischensumme:								69,04																			
Zwischensumme 3. OG bis 5. OG:								207,11																			
Summe aller OG's:								304,65																			
Summe:								367,27																			
Bodenbelag:																											
EG									0,5	499,62	50% Linoleum, 50% Laminat																
									0,8	3.560,74	80% Textil, 20% Linoleum																
									0,2	890,19	80% Textil, 20% Linoleum																
Summe Laminat:								499,62																			
Summe Textil:								3.560,74																			
Summe Linoleum:								1.399,81																			
Estrich:																											
EG bis 5. OG									6,45132	entspricht DKBL ohne UG, da Bodenplatte in KG 325 und TG mit OS11																	
									EG	Treppenaufgang	3,65	3,00	-2	m ²	-2190	Treppenauf											
										Aufzug	3,10	1,73	-2	m ²	-10,70	linker und rechter Aufzug Person											
									Zwischensumme EG:								-32,60										
									OG									4,550	3,00	-2	m ²	-27,30	Treppenauf				
																			Aufzug	3,100	1,73	-2	m ²	-10,73	linker und rechter Aufzug Person		
																		Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:								-190,13	
																		1 und 2. OG		3,15	0,8	1326,0	-2	m ²	-1555		
																		3. bis 5. OG		3,45	0,8	1326,0	-3	m ²	-207,56		
									Estrich aller OG's:								3.743,39										
									Summe Estrich für EG bis 5. OG:								5.869,48										
									Oberflächenschutzsystem KG 352:																		
									UG TG									5,95	8100	1	m ²	129195					
																		5,60	5,70	-2	m ²	-63,84	Treppenauf				
																		Zwischensumme:								-63,84	linker und rechter Aufzug Person
Summe:								1.228,11																			

Tabelle D-36: Mengenermittlung – Umbau hohe Variabilität in Wohnen (Teil 1 von 3)
Table D-36: Quantity determination – conversion high variability in residential use (part 1 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung						Bemerkungen	
		Material	Dicke (m)	Breite/ Höhe	Länge (m)	Faktor	Einheit		Menge
Bruttogrundfläche (BGF):									
	UG Lager			16,850	8160		m²	1374,96	ohne Dämmung
	UG TG			16,850	8160		m²	1374,96	inkl. Treppenaufgänge
	Rampe			5,700	19,00		m²	108,30	aus CAD-Datei gelesen
	EG			14,000	82,0		m²	1149,40	
	1.OG			14,000	82,0		m²	1149,40	
	2.OG			14,000	82,0		m²	1149,40	
	3.OG			14,000	82,0		m²	1149,40	
	4.OG			14,000	82,0		m²	1149,40	
	5.OG			14,000	82,0		m²	1149,40	
								Summe BGF:	9.754,62
Fläche des Baugrundstücks (FRG):									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Außenanlagenfläche (AUF):									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Baumuberrauminhalt (BGII):									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Gründungsfläche (GRF):									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Außenwandfläche (AWF):									
	UGs			4,930	8130	2	m²	801,62	vertikal ab OK Bodenplatte bis OK Attika
				4,930	16,85	2	m²	166,14	nach Plan: SN quer, längs, von OK Streifenfundamenten bis OK UG-Decke
	EG bis 5. OG			24,900	82,0	2	m²	4.088,58	nach Plan: UG Lager, von OK Streifenfundamenten bis OK UG-Decke
				24,900	14,00	2	m²	697,20	nach Plan: SN quer, längs, von OK UG-Decke bis OK Attika
								Summe AWF:	5.753,54
Innenwandfläche (IWF):									
	UG Lager			2,17	3,58	2	m²	15,52	vertikal ab OK Bodenplatte bis OK Attika
				2,17	5,23	1	m²	11,34	Querwand Waschküche
				2,17	10,53	1	m²	22,84	Querwand Lager
				2,17	5,73	6	m²	74,60	Querwände Treppenaufgang außen
				2,17	4,71	2	m²	20,44	Querwände Treppenaufgang innen
				2,17	8,35	2	m²	36,24	Längswände Treppenaufgang außen
				2,17	5,35	2	m²	23,22	Längswände Treppenaufgang innen
				2,17	4,0	1	m²	8,90	Längswand Treppenaufgang mitte
				2,17	4,63	2	m²	20,09	Wände Fahrzeugschacht mitte
				2,17	3,0	2	m²	13,02	Längswände Treppenaufgang 3. m
								Zwischensumme UG Lager:	246,64
	UG TG			2,16	5,73	6	m²	74,26	Querwände Treppenaufgang außen
				2,16	4,71	2	m²	20,35	Querwände Treppenaufgang innen
				2,16	8,35	2	m²	36,07	Längswände Treppenaufgang außen
				2,16	5,35	2	m²	23,11	Längswände Treppenaufgang innen
				2,16	4,0	1	m²	8,86	Längswand Treppenaufgang mitte
				2,16	4,63	2	m²	20,00	Wände Fahrzeugschacht mitte
				2,16	3,0	2	m²	13,39	Längswände Treppenaufgang 3. m
								Zwischensumme UG TG:	196,04
	EG			4,84	7,48	2	m²	72,36	Querwand rechts F+K
				4,84	13,20	2	m²	127,76	Brandwand lang
				4,84	7,48	2	m²	72,36	Querwand mitte F+K
				4,84	13,20	1	m²	63,89	Querwand mitte lang
				4,84	7,48	3	m²	108,54	Querwand links
				4,84	2,45	6	m²	71,5	Querwände Sanitär
				4,84	4,00	12	m²	232,32	Längswände Sanitär
				4,84	5,73	6	m²	166,40	Querwände Treppenaufgang außen
				4,84	4,71	2	m²	45,59	Querwände Treppenaufgang innen
				4,84	8,35	2	m²	80,83	Längswände Treppenaufgang außen
				4,84	5,35	2	m²	51,79	Längswände Treppenaufgang innen
				4,84	4,0	1	m²	19,84	Längswand Treppenaufgang mitte
				4,84	4,63	2	m²	44,82	Wände Fahrzeugschacht mitte
				4,84	3,0	2	m²	30,01	Längswände Treppenaufgang 3. m
								Zwischensumme EG:	1.187,66
	1.OG bis 5. OG			3,94	13,20	2	m²	104,02	Brandwand
				3,94	3,00	1	m²	11,82	Längswand links oben Flur
				3,94	3,05	1	m²	12,02	Längswand links unten Flur
				3,94	16,05	1	m²	63,24	Längswand links oben Flur lang
				3,94	8,08	1	m²	31,82	Längswand links unten Flur lang
				3,94	4,0	1	m²	15,5	Längswand links oben
				3,94	3,60	1	m²	14,3	Längswand links oben Sanitär
				3,94	3,05	1	m²	12,02	Längswand links mitte oben
				3,94	2,53	1	m²	9,95	Längswand links mitte Sanitär
				3,94	3,55	1	m²	13,99	Längswand links mitte Sanitär
				3,94	2,96	1	m²	11,64	Längswand links rechts Sanitär
				3,94	6,0	1	m²	24,03	Längswand links mitte unten
				3,94	2,90	1	m²	11,43	Längswand links unten Sanitär
				3,94	3,85	1	m²	15,17	Längswand links rechts lang
				3,94	2,65	1	m²	10,44	Längswand links rechts unten
				3,94	2,50	2	m²	19,70	Längswand links rechts Sanitär
				3,94	2,40	2	m²	19,91	Längswand mitte Flur kurz
				3,94	16,90	1	m²	69,59	Längswand mitte links Flur lang
				3,94	2,25	2	m²	17,73	Längswand mitte Sanitär oben außen
				3,94	1,35	2	m²	10,64	Längswand mitte Eingang außen
				3,94	2,76	1	m²	10,87	Längswand mitte links Sanitär
				3,94	3,25	2	m²	25,61	Längswand mitte Sanitär oben
				3,94	2,80	2	m²	22,06	Längswand mitte rechts Sanitär
				3,94	3,05	2	m²	24,03	Längswand mitte unten
				3,94	2,65	1	m²	10,44	Längswand rechts links unten
				3,94	3,85	1	m²	15,17	Längswand rechts links oben
				3,94	2,50	1	m²	9,85	Längswand rechts links Sanitär
				3,94	6,08	1	m²	23,82	Längswand mitte links unten
				3,94	6,15	1	m²	24,23	Längswand mitte links ganz unten
				3,94	3,06	1	m²	12,05	Längswand mitte links Küche
				3,94	2,53	1	m²	9,95	Längswand mitte Sanitär
				3,94	15,20	1	m²	59,89	Längswand mitte Flur lang
				3,94	3,50	1	m²	13,79	Längswand mitte rechts Sanitär 1
				3,94	4,0	1	m²	15,5	Längswand mitte rechts Sanitär 2
				3,94	3,00	1	m²	11,82	Längswand mitte rechts Flur oben
				3,94	3,0	1	m²	12,21	Längswand mitte rechts Flur unten
				3,94	2,80	1	m²	11,03	Längswand mitte rechts Sanitär unten
				3,94	2,15	1	m²	8,47	Querwand links links kurz oben
				3,94	5,70	2	m²	44,92	Querwand links links lang oben
				3,94	5,73	1	m²	22,56	Querwand links links lang unten
				3,94	5,50	3	m²	65,01	Querwand links innen oben
				3,94	1,78	2	m²	13,99	Querwand links mitte Flur
				3,94	1,78	1	m²	6,99	Querwand links rechts Flur Sanitär
				3,94	0,78	1	m²	3,05	Querwand links rechts Flur stummel
				3,94	7,68	1	m²	30,24	Querwand links rechts Ende
				3,94	3,93	1	m²	15,50	Querwand links rechts Flur
				3,94	4,3	1	m²	16,25	Querwand links rechts unten lang
				3,94	3,98	1	m²	15,66	Querwand links rechts unten innen
				3,94	3,98	2	m²	31,32	Querwand mitte außen Flur Ende
				3,94	7,68	2	m²	60,48	Querwand mitte außen Flur
				3,94	7,48	3	m²	88,35	Querwand mitte oben Innen
				3,94	2,0	2	m²	15,55	Querwand mitte Sanitär
				3,94	3,55	1	m²	13,99	Querwand mitte mitte oben
				3,94	4,3	2	m²	32,51	Querwand mitte unten
				3,94	3,98	1	m²	15,66	Querwand rechts links Flur Ende
				3,94	7,68	1	m²	30,24	Querwand rechts links oben lang
				3,94	3,93	1	m²	15,46	Querwand rechts links Sanitär lang
				3,94	3,8	1	m²	12,51	Querwand rechts links Sanitär innen
				3,94	1,78	1	m²	6,99	Querwand rechts links Sanitär Flur
				3,94	1,78	1	m²	6,99	Querwand rechts Flur
				3,94	5,50	3	m²	65,01	Querwand rechts oben Innen
				3,94	5,70	1	m²	22,46	Querwand rechts rechts oben lang
				3,94	2,00	1	m²	7,88	Querwand rechts rechts oben kurz
				3,94	5,73	1	m²	22,56	Querwand rechts rechts unten
				3,94	4,3	1	m²	16,25	Querwand rechts links unten Innen
				3,94	3,98	1	m²	15,66	Querwand rechts links unten lang
				3,94	5,73	6	m²	135,46	Querwände Treppenaufgang außen
				3,94	4,71	2	m²	37,11	Querwände Treppenaufgang innen
				3,94	8,35	2	m²	65,80	Längswände Treppenaufgang außen
				3,94	5,35	2	m²	42,1	Längswände Treppenaufgang innen
				3,94	4,0	1	m²	15,5	Längswand Treppenaufgang mitte
				3,94	4,63	2	m²	36,48	Wände Fahrzeugschacht mitte
				3,94	3,0	2	m²	24,43	Längswände Treppenaufgang 3. m
								Zwischensumme ein OG:	1.897,57
								Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:	9.487,85
								Summe IWF:	11.118,20
Deckenfläche (DEF):									
	UG Lager			13,200	8130	1	m²	1073,16	Außere Abmessungen in Bodenhöhe ohne Dämmung
	UG TG			13,200	8130	1	m²	1073,16	Auch UG's von Umbau diesmal betroffen
	EG			13,200	8130	1	m²	1073,16	
	1.OG			13,200	8130	1	m²	1073,16	
	2.OG			13,200	8130	1	m²	1073,16	
	3.OG			13,200	8130	1	m²	1073,16	
	4.OG			13,200	8130	1	m²	1073,16	
								Summe DEF:	7.512,12

Tabelle D-37: Mengenermittlung – Umbau hohe Variabilität in Wohnen (Teil 2 von 3)
Table D-37: Quantity determination – conversion high variability in residential use (part 2 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung							Bemerkungen
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit	Menge	
Deckenkonstruktionsfläche [DKK]:									
	Treppenaufgang rechts und links			8,40	5,60	-2	m ²	-94,08	Entspricht DEF minus Schächte und Treppenaufgänge
	Treppenaufgang B +Aufzug			5,70	5,60	-1	m ²	-31,92	Mittlerer Treppenaufgang
								Zwischensumme:	-126,00
								Summe alle Etagen:	-882,00
	Deckenflächen DEF							7,52,12	
	Rampe in der Tiefgarage			5,00	5,00			6.630,12	
								25,50	
								Summe DKK (inkl. Rampe):	6.655,62
Deckenbelagsfläche [DKBL]:									
	aus IVF:	Höhe [m]	Dicke [m]	IVF [m ²]					DKK minus Wandkonstruktion (Annahme: mittlere Breite 0,225m in UG's und 0,15 m EG/OG's)
	UG Lager	2,17	0,25	246,64	-1	m ²		-28,42	Länge Innenwandflächen mal mittlere Breite
	UG TG	2,16	0,25	96,04	-1	m ²		-22,69	
	EG	4,84	0,20	187,66	-1	m ²		-49,08	(Decke über 5.OG = Dach)
	1.-4.OG	3,94	0,18	1897,57	-5	m ²		-433,46	
	DKK							6.655,62	
								Summe DKBL:	6.121,98
Deckenbekleidungsfläche [DKBK]:									
								Summe DKBK:	6.121,98
Nichttragende Innenwände [IWN]:									
	UG Lager			2,17	3,58	2	m ²	15,52	Annahme: Treppenhäuser sind tragend
				2,17	5,23	1	m ²	11,34	Querwand Waschküche
				2,17	10,53	1	m ²	22,84	Querwand Lager
								Zwischensumme UG Lager:	49,69
	EG			4,24	7,48	2	m ²	63,39	Querwand rechts F-K
				4,24	13,20	2	m ²	11,94	Brandwand lang
				4,24	7,48	2	m ²	63,39	Querwand mitte F-K
				4,24	13,20	1	m ²	55,97	Querwand links oben lang
				4,24	7,48	3	m ²	95,08	Querwand links
				4,24	2,45	6	m ²	62,33	Querwände Sanitär
				4,24	4,00	12	m ²	203,52	Längswände Sanitär
								Zwischensumme EG:	655,61
	1.OG bis 5.OG			3,32	13,20	2	m ²	87,65	Brandwand
				3,32	3,00	1	m ²	9,96	Längswand links oben Flur
				3,32	3,05	1	m ²	10,13	Längswand links unten Flur
				3,32	16,05	1	m ²	53,29	Längswand links oben Flur lang
				3,32	8,08	1	m ²	26,81	Längswand links unten Flur lang
				3,32	4,10	1	m ²	13,61	Längswand links oben
				3,32	3,60	1	m ²	11,95	Längswand links oben Sanitär
				3,32	3,05	1	m ²	10,13	Längswand links mitte oben
				3,32	2,53	1	m ²	8,38	Längswand links mitte Sanitär
				3,32	3,55	1	m ²	11,79	Längswand links mitte Sanitär
				3,32	2,96	1	m ²	9,81	Längswand links rechts Sanitär
				3,32	6,10	1	m ²	20,25	Längswand links mitte unten
				3,32	2,90	1	m ²	9,63	Längswand links unten Sanitär
				3,32	3,85	1	m ²	12,78	Längswand links rechts lang
				3,32	2,65	1	m ²	8,80	Längswand links rechts unten
				3,32	2,50	2	m ²	16,60	Längswand links rechts Sanitär
				3,32	2,40	2	m ²	15,94	Längswand mitte Flur kurz
				3,32	16,90	1	m ²	56,11	Längswand mitte links Flur lang
				3,32	2,25	2	m ²	14,94	Längswand mitte Sanitär oben außen
				3,32	1,35	2	m ²	8,96	Längswand mitte Eingang außen
				3,32	2,76	1	m ²	9,16	Längswand mitte links Sanitär
				3,32	3,25	2	m ²	21,58	Längswand mitte Sanitär oben
				3,32	2,80	2	m ²	18,59	Längswand mitte rechts Sanitär
				3,32	3,05	2	m ²	20,25	Längswand mitte unten
				3,32	2,65	1	m ²	8,80	Längswand rechts links unten
				3,32	3,85	1	m ²	12,78	Längswand rechts links oben
				3,32	2,50	1	m ²	8,30	Längswand rechts links Sanitär
				3,32	8,08	1	m ²	26,81	Längswand mitte links unten
				3,32	6,15	1	m ²	20,42	Längswand mitte links ganz unten
				3,32	3,06	1	m ²	10,15	Längswand mitte links Küche
				3,32	2,53	1	m ²	8,38	Längswand mitte Sanitär
				3,32	15,20	1	m ²	50,46	Längswand mitte Flur lang
				3,32	3,50	1	m ²	11,62	Längswand mitte rechts Sanitär 1
				3,32	4,10	1	m ²	13,61	Längswand mitte rechts Sanitär 2
				3,32	3,00	1	m ²	9,96	Längswand mitte rechts Flur oben
				3,32	3,10	1	m ²	10,29	Längswand mitte rechts Flur unten
				3,32	2,80	1	m ²	9,30	Längswand mitte rechts Sanitär unten
				3,32	2,15	1	m ²	7,14	Querwand links links kurz oben
				3,32	5,70	2	m ²	37,85	Querwand links links lang oben
				3,32	5,73	1	m ²	19,01	Querwand links links lang unten
				3,32	5,50	3	m ²	54,78	Querwand links innen oben
				3,32	1,78	2	m ²	11,79	Querwand links mitte Flur
				3,32	1,78	1	m ²	5,89	Querwand links rechts Flur Sanitär
				3,32	0,78	1	m ²	2,57	Querwand links rechts Flur stummel
				3,32	7,68	1	m ²	25,48	Querwand links rechts Ende
				3,32	3,93	1	m ²	13,06	Querwand links rechts Flur
				3,32	4,13	1	m ²	13,70	Querwand links rechts unten lang
				3,32	3,98	1	m ²	13,20	Querwand links rechts unten innen
				3,32	3,98	2	m ²	26,39	Querwand mitte außen Flur Ende
				3,32	7,68	2	m ²	50,96	Querwand mitte außen Flur
				3,32	7,48	3	m ²	74,45	Querwand mitte oben Innen
				3,32	2,10	2	m ²	13,94	Querwand mitte Sanitär
				3,32	3,55	1	m ²	11,79	Querwand mitte mitte oben
				3,32	4,13	2	m ²	27,39	Querwand mitte unten
				3,32	3,98	1	m ²	13,20	Querwand rechts links Flur Ende
				3,32	7,68	1	m ²	25,48	Querwand rechts links oben lang
				3,32	3,93	1	m ²	13,03	Querwand rechts links Sanitär lang
				3,32	3,18	1	m ²	10,54	Querwand rechts links Sanitär innen
				3,32	1,78	1	m ²	5,89	Querwand rechts links Sanitär Flur
				3,32	1,78	1	m ²	5,89	Querwand rechts Flur
				3,32	5,50	3	m ²	54,78	Querwand rechts oben Innen
				3,32	5,70	1	m ²	18,92	Querwand rechts rechts oben lang
				3,32	2,00	1	m ²	6,64	Querwand rechts rechts oben kurz
				3,32	5,73	1	m ²	19,01	Querwand rechts rechts unten
				3,32	4,13	1	m ²	13,70	Querwand rechts links unten Innen
				3,32	3,98	1	m ²	13,20	Querwand rechts links unten lang
								Zwischensumme ein OG:	1.297,65
								Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:	6.488,23
								Summe IWN:	7.193,53
Tragende Innenwände [IWT]:									
	UG Lager			2,17	5,73	6	m ²	74,60	Fahrräder und Treppenaufgänge tragend
				2,17	4,71	2	m ²	20,44	Querwände Treppenaufgang außen
				2,17	8,35	2	m ²	36,24	Längswände Treppenaufgang außen
				2,17	5,35	2	m ²	23,22	Längswände Treppenaufgang innen
				2,17	4,10	1	m ²	8,90	Längswand Treppenaufgang mitte
				2,17	4,63	2	m ²	20,09	Wände Fahrzeugschacht mitte
				2,17	3,10	2	m ²	13,45	Längswände Treppenaufgang 3. m
								Zwischensumme UG Lager:	196,95
	UG TG			2,16	5,73	6	m ²	74,26	Querwände Treppenaufgang außen
				2,16	4,71	2	m ²	20,35	Querwände Treppenaufgang innen
				2,16	8,35	2	m ²	36,07	Längswände Treppenaufgang außen
				2,16	5,35	2	m ²	23,11	Längswände Treppenaufgang innen
				2,16	4,10	1	m ²	8,86	Längswand Treppenaufgang mitte
				2,16	4,63	2	m ²	20,00	Wände Fahrzeugschacht mitte
				2,16	3,10	2	m ²	13,39	Längswände Treppenaufgang 3. m
								Zwischensumme UG TG:	196,04
	EG			4,24	5,73	6	m ²	145,77	Querwände Treppenaufgang außen
				4,24	4,71	2	m ²	39,94	Querwände Treppenaufgang innen
				4,24	8,35	2	m ²	70,81	Längswände Treppenaufgang außen
				4,24	5,35	2	m ²	45,37	Längswände Treppenaufgang innen
				4,24	4,10	1	m ²	17,38	Längswand Treppenaufgang mitte
				4,24	4,63	2	m ²	39,26	Wände Fahrzeugschacht mitte
				4,24	3,10	2	m ²	26,29	Längswände Treppenaufgang 3. m
								Zwischensumme EG:	384,82
	OG			3,32	5,73	6	m ²	114,14	Querwände Treppenaufgang außen
				3,32	4,71	2	m ²	31,27	Querwände Treppenaufgang innen
				3,32	8,35	2	m ²	55,44	Längswände Treppenaufgang außen
				3,32	5,35	2	m ²	35,52	Längswände Treppenaufgang innen
				3,32	4,10	1	m ²	13,61	Längswand Treppenaufgang mitte
				3,32	4,63	2	m ²	30,74	Wände Fahrzeugschacht mitte
				3,32	3,10	2	m ²	20,58	Längswände Treppenaufgang 3. m
								Zwischensumme:	301,32
								Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:	1.506,62
								Summe IWT:	2.284,43
Innentüren/Innenfenster [ITF]:									
	UG Lager			14	100	1	St	14,00	
	EG			8	100	1	St	8,00	
	OG			54	100	5			

Tabelle D-39: Mengenermittlung – Umbau hohe Variabilität in Hotel (Teil 1 von 3)
Table D-39: Quantity determination – conversion high variability in hotel (part 1 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung					Einheit	Menge	Bemerkungen
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor			
BruttoGrundfläche [BGF]:									
	UG Lager			6,85	8160		m ²	1374,96	ohne Dämmung
	UG TG			6,85	8160		m ²	1374,96	inkl. Treppenaufgänge
	Rampe			5,70	9,00		m ²	108,30	aus CAD-Datei gelesen
	EG			14,00	82,10		m ²	149,40	
	1.OG			14,00	82,10		m ²	149,40	
	2.OG			14,00	82,10		m ²	149,40	
	3.OG			14,00	82,10		m ²	149,40	
	4.OG			14,00	82,10		m ²	149,40	
	5.OG			14,00	82,10		m ²	149,40	
								Summe BGF:	9.754,82
Fläche des Baugrundstücks [FBG]:									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Außenanlagenfläche [AUE]:									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Baugrubenrauminhalt [BGII]:									
									Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Gründungsfläche [GRF]:									
								1374,96	Ermittlung Durchschnitt aus Vergleichsobjekten BKI
Außenwandfläche [AWF]:									
	UGs			4,93	8160	2	m ²	804,58	vertikal ab OK Bodenplatte bis OK Attika
				4,93	6,55	2	m ²	63,8	nach Plan: SN quer, längs, von OK Streifenfundament bis OK UG-Decke
	EG bis 5. OG			26,16	82,10	2	m ²	4.295,47	nach Plan: UG Lager, von OK Streifenfundament bis OK UG-Decke
				26,16	14,00	2	m ²	732,48	nach Plan: SN quer, längs, von OK UG-Decke bis OK Attika
								Summe AWF:	5.995,71
Innenwandfläche [IWF]:									
	UG Lager			2,17	10,53	2	m ²	45,70	vertikal ab OK Bodenplatte bis OK Attika
				2,17	5,23	5	m ²	56,69	Quenwände lang
				2,17	7,83	2	m ²	33,96	Quenwände kurz unten
				2,17	21,35	2	m ²	92,66	Längswand außen
				2,17	5,43	4	m ²	47,09	Längswand mitte
				2,17	2,48	2	m ²	10,74	Quenwände TA l-r außen
				2,17	2,23	2	m ²	9,66	Quenwände TA l-r FA
				2,17	5,43	2	m ²	23,54	Quenwände TA l-r MA
				2,17	2,05	2	m ²	8,90	Quenwände TA m außen
				2,17	8,35	2	m ²	36,24	Quenwände TA m FA
				2,17	5,40	2	m ²	23,44	Längswände TA l-r außen
				2,17	5,65	1	m ²	12,26	Längswände TA l-r Treppe
				2,17	2,45	2	m ²	10,63	Längswände TA m außen
								Zwischensumme:	411,51
	UG TG			2,16	5,30	1	m ²	11,45	Innenwand Rampenverlängerung
				2,16	5,43	4	m ²	46,87	Quenwände TA l-r außen
				2,16	2,48	2	m ²	10,69	Quenwände TA l-r FA
				2,16	2,23	2	m ²	9,61	Quenwände TA l-r MA
				2,16	5,43	2	m ²	23,44	Quenwände TA m außen
				2,16	2,05	2	m ²	8,86	Quenwände TA m FA
				2,16	8,35	2	m ²	36,07	Längswände TA l-r außen
				2,16	5,40	2	m ²	23,33	Längswände TA l-r Treppe
				2,16	5,65	1	m ²	12,20	Längswände TA m außen
				2,16	2,45	2	m ²	10,58	Längswände TA m FA
								Zwischensumme:	193,10
	EG			4,24	7,48	1	m ²	31,69	Quenwand links über TA 1
				4,24	7,48	1	m ²	31,69	Quenwand über TA 3
				4,24	5,54	2	m ²	46,94	Quenwand rechts über TA 2 lang
				4,24	1,75	2	m ²	14,84	Quenwand rechts über TA 2 kurz
				4,24	5,73	1	m ²	24,27	Quenwand neben TA 3
				4,24	2,45	1	m ²	10,39	Quenwand Sanitär1
				4,24	4,48	1	m ²	19,97	Quenwand Sanitär2
				4,24	2,45	1	m ²	10,39	Quenwand Sanitär3
				4,24	2,30	1	m ²	9,75	Quenwand Sanitär4
				4,24	2,30	1	m ²	9,75	Quenwand Sanitär5
				4,24	4,00	2	m ²	33,92	Längswand Sanitär1
				4,24	5,35	1	m ²	22,68	Längswand Sanitär2
				4,24	4,00	2	m ²	33,92	Längswand Sanitär3
				4,24	4,00	1	m ²	16,96	Längswand Sanitär4
				4,24	4,00	1	m ²	16,96	Längswand Sanitär5
				4,24	2,55	1	m ²	12,24	Längswand neben TA 1
				4,24	2,68	1	m ²	13,24	Längswand neben TA 3
				4,24	6,30	1	m ²	26,71	Längswand über TA 2
				4,24	2,00	1	m ²	8,48	Längswand neben TA 2
				4,24	5,73	4	m ²	97,10	Quenwände TA l-r außen
				4,24	2,48	2	m ²	20,99	Quenwände TA l-r FA
				4,24	2,23	2	m ²	18,87	Quenwände TA l-r MA
				4,24	5,73	2	m ²	48,55	Quenwände TA m außen
				4,24	2,05	2	m ²	17,38	Quenwände TA m FA
				4,24	8,35	2	m ²	70,81	Längswände TA l-r außen
				4,24	5,40	2	m ²	45,79	Längswände TA l-r Treppe
				4,24	5,65	1	m ²	23,96	Längswände TA m außen
				4,24	2,45	2	m ²	20,78	Längswände TA m FA
								Zwischensumme:	734,35
	1.OG bis 5. OG Variante viele Sanitär			3,32	5,73	1	m ²	19,01	Brandwand
				3,32	12,60	2	m ²	83,66	Quenwände durchgehend, abzgl. 2 Stützen an den Enden
				3,32	5,53	6	m ²	293,75	Quenwand
				3,32	2,40	2	m ²	15,94	Quenwände Sanitär oben kurz
				3,32	1,88	2	m ²	12,45	Quenwände Gang über TA 2
				3,32	1,80	1	m ²	5,98	Quenwand über TA 3
				3,32	2,45	1	m ²	8,13	Quenwand Sanitär mitte
				3,32	1,78	2	m ²	11,79	Quenwände über TA 1
				3,32	0,60	1	m ²	1,99	Quenwand PA 1
				3,32	1,98	1	m ²	6,56	Quenwand PA 4
				3,32	27,05	1	m ²	89,81	Längswand oben links
				3,32	10,58	1	m ²	35,11	Längswand unten links
				3,32	3,15	1	m ²	10,46	Längswand PA 4
				3,32	4,03	2	m ²	26,73	Längswand Sanitär A3
				3,32	16,23	1	m ²	53,87	Längswand über TA 3
				3,32	4,03	1	m ²	13,36	Längswand über S4
				3,32	3,88	1	m ²	12,87	Längswand unter S4
				3,32	10,58	1	m ²	35,11	Längswand links neben TA 2
				3,32	8,13	1	m ²	26,98	Längswand rechts neben TA 2
				3,32	2,93	1	m ²	9,71	Längswand rechts oben
				3,32	4,08	1	m ²	13,53	Längswand S2x3
				3,32	8,30	1	m ²	27,56	Längswand über TA 2
				3,32	5,73	4	m ²	76,03	Quenwände TA l-r außen
				3,32	2,48	2	m ²	16,43	Quenwände TA l-r FA
				3,32	2,23	2	m ²	14,77	Quenwände TA l-r MA
				3,32	5,43	2	m ²	36,02	Quenwände TA m außen
				3,32	2,05	2	m ²	13,61	Quenwände TA m FA
				3,32	8,35	2	m ²	55,44	Längswände TA l-r außen
				3,32	5,40	2	m ²	35,96	Längswände TA l-r Treppe
				3,32	5,65	1	m ²	19,76	Längswände TA m außen
				3,32	2,45	2	m ²	16,27	Längswände TA m FA
								Zwischensumme ein OG:	1.097,53
								Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:	5.487,63
								Summe IWF:	6.826,59
Deckenfläche [DEF]:									
	UG Lager			6,55	8100	1	m ²	1340,55	Äußere Abmessungen in Bodenhöhe ohne Dämmung
	UG TG			6,55	8100	1	m ²	1340,55	wird hier nicht berücksichtigt, zählt als GRF!
	EG			13,20	8130	1	m ²	1073,6	
	1.OG			13,20	8130	1	m ²	1073,6	
	2.OG			13,20	8130	1	m ²	1073,6	
	3.OG			13,20	8130	1	m ²	1073,6	
	4.OG			13,20	8130	1	m ²	1073,6	
	5.OG			13,20	8130	1	m ²	1073,6	wird hier nicht berücksichtigt, zählt als DAF!
								Summe DEF:	6.706,35
Dachfläche [DAF]:									
	Decke über 5. OG			13,20	8130	1	m ²	1073,6	Äußere Abmessungen in Bodenhöhe Fassade mir 40cm
								Summe DAF:	1.073,16
Dachkonstruktionsfläche [DKI]:									
									entspricht DAF
								Summe DK:	1.073,16
Dachfenster-/Dachöffnungsfläche [DFO]:									
	RWA			120	120	6	m ²	8,64	Annahme 6 RWAs über Treppenaufgängen Abmessungen 120 x 120
	Lichtkuppeln			100	100	25	m ²	25,00	
								Summe DFO:	33,64
Dachbelaugfläche [DBL]:									
									Entspricht DAF minus DFO
								Summe DBL:	1.039,52
Dachbekleidungsfläche [DBK]:									
									hier ohne Bekleidung, nur Dachbellege
								Summe DBK:	0,00
Deckenkonstruktionsfläche [DKK]:									
	Treppenaufgang rechts und links			8,40	5,60	-2	m ²	-94,08	Entspricht DEF minus Schächte und Treppenaufgänge
	Treppenaufgang B +Aufzug			5,70	5,60	-1	m ²	-31,92	Treppenlauf
									Mittlerer Treppenaufgang
								Zwischensumme:	-126,00
								Summe alle Etagen:	-882,00

Tabelle D-40: Mengenermittlung – Umbau hohe Variabilität in Hotel (Teil 2 von 3)
Table D-40: Quantity determination – conversion high variability in hotel (part 2 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung						Menge	Bemerkungen
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit		
Deckenbelagsfläche [DKBL]:									
	aus IWF:		Höhe [m]	Dicke [m]	IWF [m²]				DKK minus Wandkonstruktion (Annahme: mittlere Breite 0,225m in UG's und 0,15 m EG/OG's)
	UG Lager		2,17	0,23	411,51	-1	m²	-42,67	Länge Innenwandflächen mal mittlere Breite
	UG TG		2,16	0,25	93,10	-1	m²	-22,35	(Treppen ohne Beläge)
	EG		4,24	0,15	734,35	-1	m²	-25,98	Raumhöhe aus IWF (lichtes Maß)
	1.-4. OG		3,32	0,15	1097,53	-4	m²	-198,35	(Decke über 5. OG = Dach)
	DKK							5.824,35	
								5.535,00	
Deckenbekleidungsfläche [DKBK]:									
								5.535,00	Entspricht DKBL
Außenwandfläche, tragend [AWT]:									
	UG TG			2,47	8160	2	m²	403,10	vertikal ab OK Fundament/Decke bis UK Decke
	UG Lager			2,47	16,85	2	m²	401,47	nach Plan: SN quer, längs
	Decken UG/TG			2,46	8160	2	m²	83,24	nach Plan: UG Lager
	Attika			2,46	16,85	2	m²	82,90	
				0,60	98,45	2	m²	18,14	
				0,80	82,10	2	m²	13,36	nach Plan: SN quer, längs, von OK Decke bis OK Attika
				0,80	14,00	2	m²	22,40	
								1.242,62	
Außenwandfläche, nichttragend [AWN]:									
								0,00	im Entwurf nicht vorhanden
Außenstützenlänge [AST]:									
	UG Lager			2,47	1	0	m	0,00	Messregel: Lichte Länge der Außenstützen
	UG TG			2,46	1	0	m	0,00	
	EG			4,24	1	26	m	10,24	von OK UG-Decke bis OK EG-Decke
	1 OG			3,32	1	26	m	86,32	
	2 OG			3,32	1	26	m	86,32	
	3 OG			3,32	1	26	m	86,32	
	4 OG			3,32	1	26	m	86,32	
	5 OG			3,32	1	26	m	86,32	
								541,84	
Innenstützenlänge [IST]:									
	UG Lager			2,47	1	22	m	54,34	Messregel: Lichte Länge der Außenstützen
	UG TG			2,46	1	21	m	51,66	
								106,00	
Außentüren-/Außenfensterfläche [ATF]:									
	Türen EG Haupt			2,50	2,30	7	m²	40,25	Annahme 1-5. OG alle 3 Falder ein Fenster mit 2,5 m²
	Türen UGs Flucht			2,50	0,90	0	m²	0,00	Annahme EG Glasfassade und Fenster OG in Elementfassade
								40,25	
Außenwandbekleidungen, außen [ABKA]:									
	UGs			5,63	8130	2	m²	95,44	AWF minus Öffnungen; von UK Streifenfundament bis GOK
	Tür			5,63	5,55	2	m²	186,35	8160 abzgl. Dämmung; erdberührter Bereich
				2,20	5,10	-1	m²	-122	16,85 abzgl. Dämmung
								1.099,57	ebenso ABKI
Sonnenschutz [SOS]:									
								2.948,35	Annahme: komplette Fläche vor allen Fenstern in OG's nicht im Treppengang
								2.948,35	komplette Pfosten-Riegel-Fassade (KG 334)
Nichttragende Innenwände [IWN]:									
	UG Lager			2,17	5,23	5	m²	56,75	Annahme: Treppenhäuser sind tragend
				2,17	10,53	2	m²	45,70	Querwände komplett
				2,17	61,30	1	m²	133,02	Querwände lang; Annahme: Längswand ist tragend
								235,47	Längswand ohne treppenaufgänge
	EG			4,24	7,48	1	m²	31,69	Querwand links über TA1
				4,24	7,48	1	m²	31,69	Querwand über TA3
				4,24	5,54	2	m²	46,94	Querwand rechts über TA2_lang
				4,24	1,75	2	m²	14,84	Querwand rechts über TA2_kurz
				4,24	5,73	1	m²	24,27	Querwand neben TA3
				4,24	2,45	1	m²	10,39	Querwand Sanitär1
				4,24	4,48	1	m²	18,97	Querwand Sanitär2
				4,24	2,45	1	m²	10,39	Querwand Sanitär3
				4,24	2,30	1	m²	9,75	Querwand Sanitär4
				4,24	2,30	1	m²	9,75	Querwand Sanitär5
				4,24	4,00	2	m²	33,92	Längswand Sanitär1
				4,24	5,35	1	m²	22,68	Längswand Sanitär2
				4,24	4,00	2	m²	33,92	Längswand Sanitär3
				4,24	4,00	1	m²	16,96	Längswand Sanitär4
				4,24	4,00	1	m²	16,96	Längswand Sanitär5
				4,24	2,65	1	m²	11,24	Längswand neben TA1
				4,24	2,68	1	m²	11,34	Längswand neben TA3
				4,24	6,30	1	m²	26,71	Längswand über TA2
				4,24	2,00	1	m²	8,48	Längswand neben TA2
								390,91	
	1 OG bis 5. OG			3,32	5,73	1	m²	18,01	Brandwand
				3,32	12,60	2	m²	83,68	Querwände durchgehend, abzgl. 2 Stützen an den Enden
				3,32	5,53	1	m²	293,75	Querwand
				3,32	2,40	2	m²	5,94	Querwände Sanitär oben kurz
				3,32	1,88	2	m²	12,45	Querwände Gang über TA2
				3,32	1,80	1	m²	5,98	Querwand über TA3
				3,32	2,45	1	m²	8,13	Querwand Sanitär mitte
				3,32	1,78	2	m²	11,79	Querwand über TA1
				3,32	0,60	1	m²	1,99	Querwand PA 1
				3,32	1,98	1	m²	6,56	Querwand PA 4
				3,32	27,05	1	m²	89,81	Längswand oben links
				3,32	10,58	1	m²	35,11	Längswand unten links
				3,32	3,15	1	m²	10,48	Längswand PA 4
				3,32	4,03	2	m²	26,73	Längswand Sanitär A3
				3,32	16,23	1	m²	53,87	Längswand über TA3
				3,32	4,03	1	m²	13,36	Längswand über S4
				3,32	3,88	1	m²	12,87	Längswand unter S4
				3,32	10,58	1	m²	35,11	Längswand links neben TA2
				3,32	8,13	1	m²	26,98	Längswand rechts neben TA2
				3,32	2,93	1	m²	9,71	Längswand rechts oben
				3,32	4,08	1	m²	13,53	Längswand S2+3
				3,32	8,30	1	m²	27,56	Längswand über TA2
								814,33	
								4.071,65	Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:
								4.698,02	Summe IWN:
Tragende Innenwände [IWT]:									
	UG Lager			2,17	5,43	4	m²	47,09	Fahrstühle und Treppenaufgänge tragend
				2,17	2,48	2	m²	10,74	Querwände TA i+r außen
				2,17	2,23	2	m²	9,66	Querwände TA i+r FA
				2,17	5,43	2	m²	23,54	Querwände TA i+r MA
				2,17	2,05	2	m²	9,90	Querwände TA m außen
				2,17	8,35	2	m²	36,24	Längswände TA i+r außen
				2,17	5,40	2	m²	23,44	Längswände TA i+r Treppe
				2,17	5,65	1	m²	12,26	Längswände TA m außen
				2,17	2,45	2	m²	10,63	Längswände TA m FA
								182,50	Zwischensumme:
	UG TG			2,16	5,30	1	m²	11,45	Innenwand Rampenverlängerung
				2,16	5,43	4	m²	46,87	Querwände TA i+r außen
				2,16	2,48	2	m²	10,69	Querwände TA i+r FA
				2,16	2,23	2	m²	9,61	Querwände TA i+r MA
				2,16	5,43	2	m²	23,44	Querwände TA m außen
				2,16	2,05	2	m²	9,90	Querwände TA m FA
				2,16	8,35	2	m²	36,07	Längswände TA i+r außen
				2,16	5,40	2	m²	23,33	Längswände TA i+r Treppe
				2,16	5,65	1	m²	12,20	Längswände TA m außen
				2,16	2,45	2	m²	10,58	Längswände TA m FA
								193,10	Zwischensumme:
	EG			4,24	5,43	4	m²	92,01	Querwände TA i+r außen
				4,24	2,48	2	m²	20,99	Querwände TA i+r FA
				4,24	2,23	2	m²	18,87	Querwände TA i+r MA
				4,24	5,43	2	m²	46,00	Querwände TA m außen
				4,24	2,05	2	m²	17,38	Querwände TA m FA
				4,24	8,35	2	m²	70,81	Längswände TA i+r außen
				4,24	5,40	2	m²	45,79	Längswände TA i+r Treppe
				4,24	5,65	1	m²	23,96	Längswände TA m außen
				4,24	2,45	2	m²	20,78	Längswände TA m FA
								356,58	Zwischensumme:
	1 OG bis 5. OG			3,32	5,73	4	m²	76,03	Querwände TA i+r außen
				3,32	2,48	2	m²	16,43	Querwände TA i+r FA
				3,32	2,23	2	m²	14,77	Querwände TA i+r MA
				3,32	5,43	2	m²	36,02	Querwände TA m außen
				3,32	2,05	2	m²	13,61	Querwände TA m FA
				3,32	8,35	2	m²	55,44	Längswände TA i+r außen
				3,32	5,40	2	m²	35,86	Längswände TA i+r Treppe
				3,32	5,65	1	m²	17,76	Längswände TA m außen
				3,32	2,45	2	m²	16,27	Längswände TA m FA
								283,20	Zwischensumme:
								1.415,98	Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:
								2.148,17	Summe IWT:
Innentüren/Innenfenster [ITF]:									
	Treppenschächte			30,00	100	1	St.	30,00	Rauchschtürze für Etage 4x pro Etage
	UG			6,00	100	1	St.	6,00	normale Innentür
	EG			6,00	100	1	St.	6,00	iniks; Sanitär
	OG			30,00	100	5	St.	150,00	
								199,00	
								385,07	Annahme: Türen 0,9 m x 2,5 m

Tabelle D-41: Mengenermittlung – Umbau hohe Variabilität in Hotel (Teil 3 von 3)
Table D-41: Quantity determination – conversion high variability in hotel (part 3 of 3)

Fläche	Geschoss	Berechnung						Menge	Bemerkungen									
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit											
Innenwandbekleidungen (IBK):																		
Fliesen EG					2,00	3,85	8	m ²	616	Lichte Wandfläche, Annahme: Putz nur an tragenden Wänden, Fahrstuhl nur von Außen verputzt								
					2,00	2,5	8	m ²	34,4	Sanitär Querwände								
					2,00	2,50	2	m ²	10	Sanitär G2								
					2,00	2,55	2	m ²	10,2	Sanitär G2								
					2,00	4,48	4	m ²	35,8	Sanitär G2								
					Zwischensumme ein OG:						152,00							
					Fliesen OG					2,00	3,85	4	m ²	30,80	Sanitär unten Längswände			
										2,00	2,5	4	m ²	17,20	Sanitär unten Querwände			
										2,00	3,93	4	m ²	31,44	Sanitär oben rechts Längswände			
										2,00	2,5	4	m ²	17,20	Sanitär oben rechts Querwände			
2,00	2,45	2	m ²	9,80						Sanitär oben links Längswände, kein Putz an Fensterseite								
2,00	5,50	4	m ²	44,00						Sanitär oben links Querwände								
Zwischensumme ein OG:						150,44												
wischensumme 1. OG bis 5. OG:						752,20												
Zwischensumme EG bis 5. OG:						904,20												
Putz UG Lager					2,17	23,41	2	m ²	10160	Treppenaufgang rechts und links Innen								
					2,17	19,21	2	m ²	83,37	Treppenaufgang rechts und links Außen								
					2,17	15,61	1	m ²	33,87	Treppenaufgang mitte Innen								
					2,17	15,51	1	m ²	35,83	Treppenaufgang mitte Außen								
					2,17	4,63	2	m ²	20,09	Fahrstuhl Mitte Außen								
					Zwischensumme:						274,77							
Putz UGTG					2,16	23,41	2	m ²	10115	Treppenaufgang rechts und links Innen								
					2,16	19,21	2	m ²	82,99	Treppenaufgang rechts und links Außen								
					2,16	15,61	1	m ²	33,72	Treppenaufgang mitte Innen								
					2,16	15,51	1	m ²	35,66	Treppenaufgang mitte Außen								
					2,16	4,63	2	m ²	20,00	Fahrstuhl Mitte Außen								
					Zwischensumme:						273,50							
Putz EG					4,24	16,87	2	m ²	143,06	Treppenaufgang rechts und links Innen								
					4,24	6,86	2	m ²	58,7	Treppenaufgang rechts und links Außen								
					4,24	14,86	1	m ²	63,01	Treppenaufgang mitte Innen								
					4,24	15,36	1	m ²	65,33	Treppenaufgang mitte Außen								
					4,24	4,63	1	m ²	19,63	Fahrstuhl Mitte Außen								
					Zwischensumme:						348,99							
Putz 1 OG bis 5. OG					3,32	16,87	2	m ²	112,02	Treppenaufgang rechts und links Innen								
					3,32	6,86	2	m ²	45,55	Treppenaufgang rechts und links Außen								
					3,32	14,81	1	m ²	49,17	Treppenaufgang mitte Innen								
					3,32	15,56	1	m ²	51,66	Treppenaufgang mitte Außen								
					3,32	4,63	1	m ²	15,37	Fahrstuhl Mitte Außen								
					Zwischensumme:						273,77							
Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:						1.368,84												
Summe Putz:						2.216,10												
Summe IBK:						3.170,30												
Elementierte Innenwände (IWE):																		
EG					4,34	13,20	0	m ²	0,00	Annahme: 2 Stück über volle Breite und Höhe im EG								
									Summe ITF:		0,00							
KG 363: Klempnerarbeiten:																		
Rinne					100	82,10	2	m	164,20	Annahme: 2 Stück über volle Breite und Höhe im EG								
									Fallrohre		100	3129	10	m	312,90			
Summe Klempner:						477,10												
KG 369: Sekurant:																		
Länge					100	2,00	12	St	24,00	ABS Safety GmbH: < 7,5 m Abstand = 12 Stück pro Länge und Seite								
									Breite		100	2,00	3	m	6,00			
Summe:						30,00												
KG 359: Treppengeländer:																		
Schächte außen UG Lager					2	5,5	2	m	20,60	mit Zwischenpodest, d.h. zwei Treppen pro Geschoß Nur Handlauf in äußeren Treppenaufgängen auf beiden Seiten der Treppe								
									Schächte außen UG TG		1	5,50	2	m	17,00			
									Schächte außen EG		1	13,90	2	m	27,80			
									Zwischensumme UG bis EG:						65,40			
									Schächte außen 1-5. OG		2	7,28	10	m	145,60	mit h: 3,00 dami l: 4,6 m		
									zzgl. Schacht innen		1	1030,40	0,5	m	5,520	Wert Treppenschacht analog geringe Var.		
Zwischensumme:						145,60												
Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:						728,00												
Summe:						1.308,60												
Deckenbeläge einzeln:																		
UG TG					5,95	8100	1	m ²	129195	Äußere Abmessungen in Bodenöhe								
									Abzug Treppenhäuser					-126,00				
EG					0,25	13,10	-1	m ²	-48,28									
									Abzug Wände					1,17,67				
Zwischensumme:						1,17,67												
EG					13,20	8130	1	m ²	1073,6									
									Abzug Treppenhäuser					-10,5				
Zwischensumme:						837,01												
1. OG					13,20	8130	1	m ²	1073,6									
									2. OG		13,20	8130	1	m ²	1073,6			
									3. OG		13,20	8130	1	m ²	1073,6			
									4. OG		13,20	8130	1	m ²	1073,6			
									5. OG		13,20	8130	1	m ²	1073,6			
									Zwischensumme:						5.350,00			
Abzug Wände 1-5. OG					0,15	1097,53	-5	m ²	-630,00									
									Abzug Treppenhäuser					-630,00				
Zwischensumme:						3.912,66												
Summe Beläge:						5.867,34												
Summe Hohlrumboden:						3.912,66												
Sanitär, Boden:																		
EG					2,50	3,83	4	m ²	38,30	Bodenfläche Sanitärräume								
									4,05		2,50	2	m ²	20,25	4 gleich große Sanitärräume			
Zwischensumme:						58,55												
OG					2,15	3,85	2	m ²	8,56	Sanitärräume unten								
									2,15		3,93	2	m ²	16,90	Sanitärräume oben rechts			
									5,50		2,45	2	m ²	26,95	Sanitärräume oben links			
									Zwischensumme:						60,40			
Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:						302,02												
Summe:						360,57												
Bodenbelag:																		
EG									837,01	Laminat								
1 OG bis 5. OG									3.130,12	80% Textil, 20% Linoleum								
Summe:						782,53				80% Textil, 20% Linoleum								
Estrich:																		
EG bis 5. OG					8,400	5,60	-2	m ²	5.535,00	entspricht DKBL ohne UG, da Bodenplatte in KG 325 und TG mit OS11								
									EG									-94,08
OG					8,400	5,60	-2	m ²	-94,08	Treppenlauf								
																		-3192
Zwischensumme:						921,18												
OG					8,400	5,60	-2	m ²	-94,08	Treppenlauf								
																		-3192
Zwischensumme:						12,60												
EG					1	3,60	2	m ³	7,20	Treppenaufgänge rechts und links								
									1		1,80	2	m ³	3,60	Treppenaufgänge rechts und links kurz			
Zwischensumme:						15,00												
OG					2	3,00	2	m ³	12,00	Treppenaufgänge rechts und links								
									2		2,10	1	m ³	4,20	Treppenaufgang Mitte			
Zwischensumme:						16,20												
Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:						81,00												
Summe Fertigteile:						120,00												
Oberflächenschutzsystem KG 352:																		
UG TG					5,95	8100	1	m ²	129195									
									Abzüge TH					-126,00				
Summe:						1.165,95												
Abgehängene Decke KG 353:																		
EG					13,20	8130	1	m ²	1073,6	betrifft EG bis 5. OG (6 Decken)								
									1. OG		13,20	8130	1	m ²	1073,6			
									2. OG		13,20	8130	1	m ²	1073,6			
									3. OG		13,20	8130	1	m ²	1073,6			
									4. OG		13,20	8130	1	m ²	1073,6			
									Zwischensumme:						6.438,96			
Decke über 5. OG					13,20	8130	1	m ²	1073,6									
									Zwischensumme:						-126,00			
Zwischensumme 6 Decken:						-756,00												
Abzug TH					4,24	0,15	734,35	-1	m ²	-25,98								
											Abzug Wände 1-5. OG	3,32	0,18	1097,53	-5	m ²	-297,52	
Summe:						5.359,46												
Außenwandbekleidung außen KG 335:																		
Brüstung, 1.-5. OG					110	192,20	5	m ²	1057,10	EG ohne Brüstung, komplette Verglasung								
									Decken, 1-5. OG		5,30	192,20	1	m ²	1019,66	OGs als Bandfassade mit h = 110 m d.h. 6 Decken + Attika verkleiden		
Summe:						2.076,76												
Pfosten-Riegel-Fassade KG 334:																		
EG					4,24	192,20	1	m ²	819,93	Annahme Pfosten-Riegel-Fassade zur Glasausfachung/Fenster								
									1-5. OG		2,22	192,20	5	m ²	2.133,42			
Summe:						2.948,35												

Tabelle D-42: Mengenermittlung – Umbau hohe Variabilität in gemischte Nutzung (Teil 1 von 4)
Table D-42: Quantity determination – conversion high variability in mixed use (part 1 of 4)

Fläche	Geschoss	Berechnung						Menge	Bemerkungen
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit		
Bruttoarundfläche (BGF):									
	UG Lager			16,850	8160		m ²	1374,96	ohne Dämmung
	UG TG			16,850	8160		m ²	1374,96	inkl. Treppenaufgänge
	Rampe			5,700	19,00		m ²	108,30	inkl. Treppenaufgänge
	EG			14,000	82,10		m ²	1149,40	aus CAD-Datei gelesen
	1. OG			14,000	82,10		m ²	1149,40	
	2. OG			14,000	82,10		m ²	1149,40	
	3. OG			14,000	82,10		m ²	1149,40	
	4. OG			14,000	82,10		m ²	1149,40	
	5. OG			14,000	82,10		m ²	1149,40	
								Summe BGF:	9.754,62
Bruttogrundfläche (BGF):									
Außenwandfläche (AWF):									
	UGs			4,930	8130		m ²	801,62	vertikal ab OK Bodenplatte bis OK Attika
				4,930	16,85		m ²	166,14	nach Plan: SN quer, längs, von OK Streifenfundamenten bis OK UG-Decke
	EG bis 5. OG			24,900	82,10		m ²	4.088,58	nach Plan: UG Lager, von OK Streifenfundamenten bis OK UG-Decke
				24,900	14,00		m ²	697,20	nach Plan: SN quer, längs, von OK UG-Decke bis OK Attika
								Summe AWF:	5.753,54
Innenwandfläche (IWF):									
	UG Lager			2,17	10,53		m ²	45,70	vertikal ab OK Bodenplatte bis OK Attika
				2,17	5,23		m ²	56,69	Querwände lang
				2,17	7,83		m ²	33,96	Querwände kurz unten
				2,17	2135		m ²	92,66	Längswand außen
				2,17	5,43		m ²	47,09	Längswand mitte
				2,17	2,48		m ²	10,74	Querwände TA I+r außen
				2,17	2,23		m ²	9,66	Querwände TA I+r FA
				2,17	5,43		m ²	23,54	Querwände TA I+r MA
				2,17	2,05		m ²	8,90	Querwände TA m außen
				2,17	8,35		m ²	36,24	Querwände TA m FA
				2,17	5,40		m ²	23,44	Längswände TA I+r außen
				2,17	5,65		m ²	12,26	Längswände TA I+r Treppe
				2,17	2,45		m ²	10,63	Längswände TA m außen
								Zwischensumme UG Lager:	411,51
	UG TG			2,16	5,30		m ²	11,45	Innenwand Rampenverlängerung
				2,16	5,43		m ²	46,87	Querwände TA I+r außen
				2,16	2,48		m ²	10,69	Querwände TA I+r FA
				2,16	2,23		m ²	9,61	Querwände TA I+r MA
				2,16	5,43		m ²	23,44	Querwände TA m außen
				2,16	2,05		m ²	8,86	Querwände TA m FA
				2,16	8,35		m ²	36,07	Längswände TA I+r außen
				2,16	5,40		m ²	23,33	Längswände TA I+r Treppe
				2,16	5,65		m ²	12,23	Längswände TA m außen
				2,16	2,45		m ²	10,58	Längswände TA m FA
								Zwischensumme UG TG:	193,10
	EG			4,84	7,48		m ²	36,18	Querwand links über TA1
				4,84	7,48		m ²	36,18	Querwand über TA3
				4,84	5,54		m ²	53,58	Querwand rechts über TA2_lang
				4,84	1,75		m ²	16,94	Querwand rechts über TA2_kurz
				4,84	5,73		m ²	27,71	Querwand neben TA3
				4,84	2,45		m ²	11,86	Querwand Sanitär1
				4,84	4,48		m ²	21,66	Querwand Sanitär2
				4,84	2,45		m ²	11,86	Querwand Sanitär3
				4,84	2,30		m ²	11,13	Querwand Sanitär4
				4,84	2,30		m ²	11,13	Querwand Sanitär5
				4,84	4,00		m ²	38,72	Längswand Sanitär1
				4,84	5,35		m ²	25,89	Längswand Sanitär2
				4,84	4,00		m ²	38,72	Längswand Sanitär3
				4,84	4,00		m ²	19,36	Längswand Sanitär4
				4,84	4,00		m ²	19,36	Längswand Sanitär5
				4,84	2,65		m ²	12,83	Längswand neben TA1
				4,84	2,68		m ²	12,95	Längswand neben TA3
				4,84	6,30		m ²	30,49	Längswand über TA2
				4,84	2,00		m ²	9,68	Längswand neben TA2
				4,84	5,73		m ²	110,84	Querwände TA I+r außen
				4,84	2,48		m ²	23,96	Querwände TA I+r FA
				4,84	2,23		m ²	21,54	Querwände TA I+r MA
				4,84	5,73		m ²	55,42	Querwände TA m außen
				4,84	2,05		m ²	19,84	Querwände TA m FA
				4,84	8,35		m ²	80,83	Längswände TA I+r außen
				4,84	5,40		m ²	52,27	Längswände TA I+r Treppe
				4,84	5,65		m ²	27,35	Längswände TA m außen
				4,84	2,45		m ²	23,72	Längswände TA m FA
								Zwischensumme EG:	861,98
	1. OG und 2. OG			3,94	5,73		m ²	22,56	Brandwand
				3,94	12,60		m ²	99,29	Querwände durchgehend, abzgl. 2 Stützen an den Enden
				3,94	5,53		m ²	348,61	Querwand
				3,94	2,40		m ²	9,91	Querwände Sanitär oben kurz
				3,94	1,88		m ²	14,78	Querwand Gang über TA2
				3,94	1,80		m ²	7,09	Querwand über TA3
				3,94	2,45		m ²	9,65	Querwand Sanitär mitte
				3,94	1,78		m ²	13,99	Querwände über TA1
				3,94	0,60		m ²	2,36	Querwand PA1
				3,94	1,98		m ²	7,78	Querwand PA4
				3,94	27,05		m ²	106,58	Längswand oben links
				3,94	10,58		m ²	41,67	Längswand unten links
				3,94	3,15		m ²	12,41	Längswand PA4
				3,94	4,03		m ²	31,72	Längswand Sanitär A3
				3,94	16,23		m ²	63,93	Längswand über TA3
				3,94	4,03		m ²	15,86	Längswand über S4
				3,94	3,88		m ²	15,27	Längswand unter S4
				3,94	10,58		m ²	41,67	Längswand links neben TA2
				3,94	8,13		m ²	32,01	Längswand rechts neben TA2
				3,94	2,93		m ²	11,52	Längswand rechts oben
				3,94	4,08		m ²	15,06	Längswand S2+S3
				3,94	8,30		m ²	32,70	Längswand über TA2
				3,94	5,73		m ²	90,23	Querwände TA I+r außen
				3,94	2,48		m ²	19,50	Querwände TA I+r FA
				3,94	2,23		m ²	17,53	Querwände TA I+r MA
				3,94	5,43		m ²	42,75	Querwände TA m außen
				3,94	2,05		m ²	16,15	Querwände TA m FA
				3,94	8,35		m ²	65,80	Längswände TA I+r außen
				3,94	5,40		m ²	42,55	Längswände TA I+r Treppe
				3,94	5,65		m ²	22,26	Längswände TA m außen
				3,94	2,45		m ²	19,31	Längswände TA m FA
								Zwischensumme ein OG:	1.302,49
								Zwischensumme 1. OG und 2. OG:	2.604,97

Tabelle D-43: Mengenermittlung – Umbau hohe Variabilität in gemischte Nutzung (Teil 2 von 4)

Table D-43: Quantity determination – conversion high variability in mixed use (part 2 of 4)

Fläche	Geschoss	Berechnung							Bemerkungen	
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit	Menge		
	3. OG bis 5. OG				3,94	13,20	2	m²	104,02	Brandwand
					3,94	3,00	1	m²	11,82	Längswand links oben Flur
					3,94	3,05	1	m²	12,02	Längswand links unten Flur
					3,94	16,05	1	m²	63,24	Längswand links oben Flur lang
					3,94	8,08	1	m²	31,82	Längswand links unten Flur lang
					3,94	4,10	1	m²	16,15	Längswand links oben
					3,94	3,60	1	m²	14,18	Längswand links oben Sanitär
					3,94	3,05	1	m²	12,02	Längswand links mitte oben
					3,94	2,53	1	m²	9,95	Längswand links mitte Sanitär
					3,94	3,55	1	m²	15,99	Längswand links mitte Sanitär
					3,94	2,95	1	m²	11,64	Längswand links rechts Sanitär
					3,94	6,10	1	m²	24,03	Längswand links mitte unten
					3,94	2,90	1	m²	11,43	Längswand links unten Sanitär
					3,94	3,85	1	m²	15,17	Längswand links rechts lang
					3,94	2,65	1	m²	10,44	Längswand links rechts unten
					3,94	2,50	2	m²	19,70	Längswand links rechts Sanitär
					3,94	2,40	2	m²	18,91	Längswand mitte Flur kurz
					3,94	16,90	1	m²	66,59	Längswand mitte links Flur lang
					3,94	2,25	2	m²	17,73	Längswand mitte Sanitär oben außen
					3,94	1,35	2	m²	10,64	Längswand mitte Eingang außen
					3,94	2,76	1	m²	11,07	Längswand mitte links Sanitär
					3,94	3,25	2	m²	25,61	Längswand mitte Sanitär oben
					3,94	2,80	2	m²	22,06	Längswand mitte rechts Sanitär
					3,94	3,05	2	m²	24,03	Längswand mitte unten
					3,94	2,65	1	m²	10,44	Längswand rechts links unten
					3,94	3,85	1	m²	15,17	Längswand rechts links oben
					3,94	2,50	1	m²	9,85	Längswand rechts links Sanitär
					3,94	8,08	1	m²	31,82	Längswand mitte links unten
					3,94	6,15	1	m²	24,23	Längswand mitte links ganz unten
					3,94	3,06	1	m²	12,05	Längswand mitte links Küche
					3,94	2,53	1	m²	9,95	Längswand mitte Sanitär
					3,94	19,20	1	m²	75,89	Längswand mitte Flur lang
					3,94	3,50	1	m²	13,79	Längswand mitte rechts Sanitär 1
					3,94	4,10	1	m²	16,15	Längswand mitte rechts Sanitär 2
					3,94	3,00	1	m²	11,82	Längswand mitte rechts Flur oben
					3,94	3,10	1	m²	12,21	Längswand mitte rechts Flur unten
					3,94	2,80	1	m²	11,03	Längswand mitte rechts Sanitär unten
					3,94	2,15	1	m²	8,47	Querwand links links kurz oben
					3,94	5,70	2	m²	44,92	Querwand links links lang oben
					3,94	5,73	1	m²	22,56	Querwand links links lang unten
					3,94	5,50	3	m²	65,01	Querwand links innen oben
					3,94	1,78	2	m²	15,99	Querwand links mitte Flur
					3,94	1,78	1	m²	6,99	Querwand links rechts Flur Sanitär
					3,94	0,78	1	m²	3,05	Querwand links rechts Flur stummel
					3,94	7,68	1	m²	30,24	Querwand links rechts Ende
					3,94	3,93	1	m²	15,50	Querwand links rechts Flur
					3,94	4,13	1	m²	16,25	Querwand links rechts unten lang
					3,94	3,98	1	m²	15,66	Querwand links rechts unten innen
					3,94	3,98	2	m²	31,32	Querwand mitte außen Flur Ende
					3,94	7,68	2	m²	60,48	Querwand mitte außen Flur
					3,94	7,48	3	m²	88,35	Querwand mitte oben Innen
					3,94	2,10	2	m²	16,55	Querwand mitte Sanitär
					3,94	3,55	1	m²	13,99	Querwand mitte mitte oben
					3,94	4,13	2	m²	32,51	Querwand mitte unten
					3,94	3,98	1	m²	15,66	Querwand rechts links Flur Ende
					3,94	7,68	1	m²	30,24	Querwand rechts links oben lang
					3,94	3,93	1	m²	15,46	Querwand rechts links Sanitär lang
					3,94	3,18	1	m²	12,51	Querwand rechts links Sanitär innen
					3,94	1,78	1	m²	6,99	Querwand rechts links Sanitär Flur
					3,94	1,78	1	m²	6,99	Querwand rechts Flur
					3,94	5,50	3	m²	65,01	Querwand rechts oben Innen
					3,94	5,70	1	m²	22,46	Querwand rechts rechts oben lang
					3,94	2,00	1	m²	7,98	Querwand rechts rechts oben kurz
					3,94	5,73	1	m²	22,56	Querwand rechts rechts unten
					3,94	4,13	1	m²	16,25	Querwand rechts links unten Innen
					3,94	3,98	1	m²	15,66	Querwand rechts links unten lang
					3,94	5,73	4	m²	90,23	Querwände TA I + r außen
					3,94	2,48	2	m²	19,50	Querwände TA I + r FA
					3,94	2,23	2	m²	17,53	Querwände TA I + r MA
					3,94	5,43	2	m²	42,75	Querwände TA m außen
					3,94	2,05	2	m²	16,15	Querwände TA m FA
					3,94	8,35	2	m²	65,80	Längswände TA I + r außen
					3,94	5,40	2	m²	42,55	Längswände TA I + r Treppe
					3,94	5,65	1	m²	22,26	Längswände TA m außen
					3,94	2,45	2	m²	19,31	Längswände TA m FA
									Zwischensumme ein OG: 1.876,06	
									Zwischensumme 3. OG bis 5. OG: 5.628,18	
									Summe IWF: 4.071,56	
Deckenfläche (DEF):										
	UG Lager				13,200	8130	1	m²	1073,16	Außere Abmessungen in Bodenhöhe ohne Dämmung
	UG TG				13,200	8130	1	m²	1073,16	Auch UG's von Umbau diesmal betroffen
	EG				13,200	8130	1	m²	1073,16	
	1. OG				13,200	8130	1	m²	1073,16	
	2. OG				13,200	8130	1	m²	1073,16	
	3. OG				13,200	8130	1	m²	1073,16	
	4. OG				13,200	8130	1	m²	1073,16	
									Summe DEF: 7.512,12	
Deckenkonstruktionsfläche (DKK):										
	Treppenaufgang rechts und links				8,40	5,60	-2	m²	-94,08	Entspricht DEF minus Schächte und Treppenaufgänge
	Treppenaufgang B + Aufzug				5,70	5,60	-1	m²	-31,92	Mittlerer Treppenaufgang
									Zwischensumme: -126,00	
									Summe alle Etagen: -882,00	
	Deckenflächen DEF								7.512,12	
	Rampe in der Tiefgarage				5,100	5,00			25,50	
									Summe DKK (inkl. Rampe): 6.630,12	
									Summe DKK (inkl. Rampe): 6.655,62	
Deckenbelegfläche (DKBL):										
	aus IWF:		Höhe [m]	Dicke [m]	IWF [m²]					DKK minus Wandkonstruktion (Annahme: mittlere Breite 0,225m in UG's und 0,15m EG/OG's)
	UG Lager		2,17	0,23	41151	-1	m²	-42,67		Länge Innenwandflächen mal mittlere Breite
	UG TG		2,16	0,25	19310	-1	m²	-22,35		
	EG		4,84	0,20	96198	-1	m²	-35,62		
	1+2. OG		3,94	0,18	130249	-2	m²	-119,01		(Decke über 5. OG = Dach)
	3.-5. OG		3,94	0,18	1876,06	-3	m²	-257,12		
	DKK							6.630,12		
								Summe DKBL: 6.153,35		
Deckenbekleidungsfläche (DKBK):										
									Summe DKBK: 6.153,35	Entspricht DKBL
Nichttragende Innenwände (IWN):										
	UG Lager		2,17	10,53	2	m²	45,70	Annahme: Treppenhäuser sind tragend		
			2,17	5,23	5	m²	58,69	Querwände kurz unten		
			2,17	7,83	2	m²	33,96	Längswand außen		
			2,17	21,35	2	m²	92,66	Längswand mitte		
							Zwischensumme UG Lager: 229,01			
	EG		4,24	7,48	1	m²	31,69	Querwand links über TA 1		
			4,24	7,48	1	m²	31,69	Querwand über TA 3		
			4,24	5,54	2	m²	46,94	Querwand rechts über TA 2 lang		
			4,24	1,75	2	m²	14,84	Querwand rechts über TA 2 kurz		
			4,24	5,73	1	m²	24,27	Querwand neben TA 3		
			4,24	2,45	1	m²	10,39	Querwand Sanitär1		
			4,24	4,48	1	m²	16,97	Querwand Sanitär2		
			4,24	2,45	1	m²	10,39	Querwand Sanitär3		
			4,24	2,30	1	m²	9,75	Querwand Sanitär4		
			4,24	2,30	1	m²	9,75	Querwand Sanitär5		
			4,24	4,00	2	m²	33,92	Längswand Sanitär1		
			4,24	5,35	1	m²	22,68	Längswand Sanitär2		
			4,24	4,00	2	m²	33,92	Längswand Sanitär3		
			4,24	4,00	1	m²	16,96	Längswand Sanitär4		
			4,24	4,00	1	m²	16,96	Längswand Sanitär5		
			4,24	2,65	1	m²	11,24	Längswand neben TA 1		
			4,24	2,68	1	m²	11,34	Längswand neben TA 3		
			4,24	6,30	1	m²	26,71	Längswand über TA 2		
			4,24	2,00	1	m²	8,48	Längswand neben TA 2		
							Zwischensumme EG: 390,91			
	1. OG bis 5. OG		3,32	5,73	1	m²	19,01	Brandwand		
			3,32	12,60	2	m²	83,66	Querwände durchgehend, abzgl. 2 Stützen an den Enden		
			3,32	5,53	1	m²	293,75	Querwand		
			3,32	2,40	2	m²	15,94	Querwände Sanitär oben kurz		
			3,32	1,88	2	m²				

Tabelle D-44: Mengenermittlung – Umbau hohe Variabilität in gemischte Nutzung (Teil 3 von 4)
Table D-44: Quantity determination – conversion high variability in mixed use (part 3 of 4)

Fläche	Geschoss	Berechnung						Menge	Bemerkungen
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit		
								87,65	Brandwand
								9,96	Längswand links oben Flur
								10,13	Längswand links unten Flur
								53,29	Längswand links oben Flur lang
								26,81	Längswand links unten Flur lang
								13,61	Längswand links oben
								11,95	Längswand links oben Sanitär
								10,13	Längswand links mitte oben
								8,38	Längswand links mitte Sanitär
								11,79	Längswand links mitte Sanitär
								9,81	Längswand links rechts Sanitär
								20,25	Längswand links mitte unten
								9,63	Längswand links unten Sanitär
								12,78	Längswand links rechts lang
								8,80	Längswand links rechts unten
								16,60	Längswand links rechts Sanitär
								16,94	Längswand mitte Flur kurz
								56,11	Längswand mitte links Flur lang
								14,94	Längswand mitte Sanitär oben außen
								8,96	Längswand mitte Eingang außen
								9,16	Längswand mitte links Sanitär
								21,58	Längswand mitte Sanitär oben
								8,59	Längswand mitte rechts Sanitär
								20,25	Längswand mitte unten
								8,80	Längswand rechts links unten
								12,78	Längswand rechts links oben
								8,30	Längswand rechts links Sanitär
								26,81	Längswand mitte links unten
								20,42	Längswand mitte links ganz unten
								10,15	Längswand mitte links Küche
								10,38	Längswand mitte links Sanitär
								50,48	Längswand mitte Flur lang
								11,62	Längswand mitte rechts Sanitär 1
								13,61	Längswand mitte rechts Sanitär 2
								9,96	Längswand mitte rechts Flur oben
								10,29	Längswand mitte rechts Flur unten
								9,30	Längswand mitte rechts Sanitär unten
								7,14	Querwand links links kurz oben
								37,85	Querwand links links lang oben
								9,01	Querwand links links lang unten
								54,78	Querwand links innen oben
								11,79	Querwand links mitte Flur
								5,89	Querwand links rechts Flur Sanitär
								2,57	Querwand links rechts Flur stummel
								25,48	Querwand links rechts Ende
								13,06	Querwand links rechts Flur
								13,70	Querwand links rechts unten lang
								13,20	Querwand links rechts unten innen
								26,39	Querwand mitte außen Flur Ende
								50,96	Querwand mitte außen Flur
								74,45	Querwand mitte oben Innen
								13,94	Querwand mitte Sanitär
								11,79	Querwand mitte mitte oben
								27,39	Querwand mitte unten
								13,20	Querwand rechts links Flur Ende
								25,48	Querwand rechts links oben lang
								13,03	Querwand rechts links Sanitär lang
								10,54	Querwand rechts links Sanitär innen
								5,89	Querwand rechts links Sanitär Flur
								5,89	Querwand rechts Flur
								54,78	Querwand rechts oben Innen
								18,92	Querwand rechts rechts oben lang
								6,64	Querwand rechts rechts oben kurz
								13,01	Querwand rechts rechts unten
								13,70	Querwand rechts links unten Innen
								13,20	Querwand rechts links unten lang
								1.297,65	Zwischensumme ein OG:
								3.892,94	Zwischensumme 3. OG bis 5. OG:
								6.141,51	Summe IWN:
Tragende Innenwände [IWT]:									
	UG Lager							47,09	Fahrtöhle und Treppenaufgänge tragend
								47,09	Querwände TA I-r außen
								10,74	Querwände TA I-r FA
								9,65	Querwände TA I-r MA
								23,54	Querwände TA m außen
								8,90	Querwände TA m FA
								36,24	Längswände TA I-r außen
								23,44	Längswände TA I-r Treppe
								12,26	Längswände TA m außen
								10,63	Längswände TA m FA
								182,50	Zwischensumme UG Lager:
	UG TG							11,45	Innenwand Rampenverlängerung
								46,87	Querwände TA I-r außen
								10,69	Querwände TA I-r FA
								9,61	Querwände TA I-r MA
								23,44	Querwände TA m außen
								8,86	Querwände TA m FA
								36,07	Längswände TA I-r außen
								23,33	Längswände TA I-r Treppe
								12,20	Längswände TA m außen
								10,58	Längswände TA m FA
								193,10	Zwischensumme UG TG:
	EG							92,01	Querwände TA I-r außen
								20,99	Querwände TA I-r FA
								18,87	Querwände TA I-r MA
								46,00	Querwände TA m außen
								17,38	Querwände TA m FA
								70,81	Längswände TA I-r außen
								45,79	Längswände TA I-r Treppe
								23,96	Längswände TA m außen
								20,78	Längswände TA m FA
								356,58	Zwischensumme EG:
	OG							76,03	Querwände TA I-r außen
	hier beides gleich da TS gleich bleibt							16,43	Querwände TA I-r FA
								14,77	Querwände TA I-r MA
								36,02	Querwände TA m außen
								13,61	Querwände TA m FA
								55,44	Längswände TA I-r außen
								35,86	Längswände TA I-r Treppe
								18,76	Längswände TA m außen
								16,27	Längswände TA m FA
								283,20	Zwischensumme:
								1.415,98	Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:
								2.148,17	Summe IWT:
Innentüren/innenfenster [ITF]:									
	UG Lager							13	
	EG							7	
	1 und 2. OG							33	
	3. bis 5. OG							54	
								107	Summe St:
								479,88	Summe ITF: Annahme: Türen 0,9 m x 2,15 m

Tabelle D-45: Mengenermittlung – Umbau hohe Variabilität in gemischte Nutzung (Teil 4 von 4)
Table D-45: Quantity determination – conversion high variability in mixed use (part 4 of 4)

Fläche	Geschoss	Berechnung						Menge	Bemerkungen												
		Material	Dicke [m]	Breite/ Höhe	Länge [m]	Faktor	Einheit														
Innenwandbekleidungen (IBK):																					
Fliesen EG				2,00	3,85	8	m ²	616	Sanitär Längswände, da nur bis auf 2m Höhe gefliest wird												
				2,00	2,5	8	m ²	34,4	Sanitär Querwände												
				2,00	2,50	2	m ²	10	Sanitär G2												
				2,00	2,55	2	m ²	10,2	Sanitär G2												
				2,00	4,48	4	m ²	35,8	Sanitär G2												
				Zwischensumme EG:							152,00										
				Fliesen 1 und 2. OG				2,00	3,85	4	m ²	30,80	Sanitär unten Längswände								
								2,00	2,5	4	m ²	17,20	Sanitär unten Querwände								
								2,00	3,93	4	m ²	31,44	Sanitär oben rechts Längswände								
								2,00	2,45	4	m ²	17,20	Sanitär oben rechts Querwände								
								2,00	2,45	2	m ²	9,80	Sanitär oben links Längswände, kein Putz an Fensterseite								
								2,00	5,50	4	m ²	44,00	Sanitär oben links Querwände								
								Zwischensumme ein OG:							150,44						
				Zwischensumme 1. OG und 2. OG:							300,88										
				Fliesen 3. bis 5. OG				2,00	7,50	1	m ²	15,00	Sanitär links links oben								
2,00	10,80	1	m ²					21,60	Sanitär links mitte oben												
2,00	8,70	1	m ²					17,40	Sanitär links mitte unten												
2,00	9,95	1	m ²					19,90	Sanitär links mitte oben												
2,00	10,70	1	m ²					21,40	Sanitär links mitte recht oben												
2,00	6,45	1	m ²					12,90	Sanitär links mitte Flur												
2,00	9,45	1	m ²					18,90	Sanitär links rechts 1												
2,00	7,66	1	m ²					15,32	Sanitär links rechts 2												
2,00	10,80	1	m ²					21,60	Sanitär mitte links 1												
2,00	9,17	1	m ²					18,34	Sanitär mitte links 2												
2,00	9,50	1	m ²					19,00	Sanitär mitte mitte												
2,00	6,63	2	m ²					26,50	Sanitär mitte rechts 1												
2,00	7,43	1	m ²					14,85	Sanitär mitte rechts 2												
2,00	7,25	1	m ²					14,50	Sanitär rechts links 1												
2,00	9,45	1	m ²					18,90	Sanitär rechts links 2												
2,00	9,95	1	m ²					19,90	Sanitär rechts links groß												
2,00	6,45	1	m ²					12,90	Sanitär rechts links Flur												
2,00	7,95	1	m ²					15,90	Sanitär rechts mitte												
2,00	10,60	1	m ²					21,20	Sanitär rechts rechts oben Innen												
2,00	7,50	1	m ²	15,00	Sanitär rechts rechts oben Außen																
2,00	8,50	1	m ²	17,00	Sanitär rechts rechts unten																
Zwischensumme ein OG:							378,01														
Zwischensumme 3. OG bis 5. OG:							1.134,02														
Fliesen Gesamt:							1.586,90														
Putz UG Lager				2,17	23,41	2	m ²	101,60	Treppenaufgang rechts und links Innen												
				2,17	19,21	2	m ²	83,37	Treppenaufgang rechts und links Außen												
				2,17	5,61	1	m ²	33,87	Treppenaufgang mitte Innen												
				2,17	16,51	1	m ²	35,83	Treppenaufgang mitte Außen												
				2,17	4,63	2	m ²	20,09	Fahrradst. Mitte Außen												
				Zwischensumme UG Lager:							274,77										
				Putz UG TG				2,16	23,41	2	m ²	101,13	Treppenaufgang rechts und links Innen								
2,16	19,21	2	m ²					82,99	Treppenaufgang rechts und links Außen												
2,16	5,61	1	m ²					33,72	Treppenaufgang mitte Innen												
2,16	16,51	1	m ²					35,66	Treppenaufgang mitte Außen												
2,16	4,63	2	m ²					20,00	Fahrradst. Mitte Außen												
Zwischensumme UG TG:								273,50													
Putz EG				4,24	16,87	2	m ²	143,06	Treppenaufgang rechts und links Innen												
				4,24	16,86	2	m ²	143,01	Treppenaufgang rechts und links Außen												
				4,24	16,86	1	m ²	71,50	Treppenaufgang mitte Innen												
				4,24	16,36	1	m ²	69,53	Treppenaufgang mitte Außen												
				4,24	4,63	1	m ²	18,63	Fahrradst. Mitte Außen												
Zwischensumme EG:							348,99														
Putz OG alle				3,32	16,87	2	m ²	112,02	Treppenaufgang rechts und links Innen												
				3,32	16,86	2	m ²	111,97	Treppenaufgang rechts und links Außen												
				3,32	16,81	1	m ²	55,97	Treppenaufgang mitte Innen												
				3,32	15,56	1	m ²	51,66	Treppenaufgang mitte Außen												
				3,32	4,63	1	m ²	13,37	Fahrradst. Mitte Außen												
Zwischensumme ein OG:							273,77														
Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:							1.368,84														
Summe Putz:							2.266,10														
Summe IBK:							3.852,99														
Deckenbeläge einzeln:																					
im UG Lager				5,95	8100	1	m ²	129195	Äußere Abmessungen in Bodenhöhe												
				Abzug Wände UG Lager	2,17	0,25	41151	-1	m ²	-47,41											
					Abzug Treppenhäuser					-126,00											
				Zwischensumme UG Lager:							1.188,54										
				UG TG				5,95	8100	1	m ²	129195									
								Abzug Wände UG TG	2,16	0,25	83,10	-1	m ²	-22,35							
									Abzug Treppenhäuser					-126,00							
				Zwischensumme UG TG:							1.143,60										
				EG				13,20	8130	1	m ²	1073,16									
								Abzug Wände EG	4,24	0,20	86198	-1	m ²	-40,66							
				Zwischensumme EG:							906,50										
				1. OG				13,20	8130	1	m ²	1073,16									
				2. OG				13,20	8130	1	m ²	1073,16									
				3. OG				13,20	8130	1	m ²	1073,16									
				4. OG				13,20	8130	1	m ²	1073,16									
5. OG				13,20	8130	1	m ²	1073,16													
Abzug Wände 1+2. OG				3,32	0,18	1302,49	-2	m ²	-112,23												
				Abzug Wände 3. - 5. OG	3,32	0,18	1876,06	-3	m ²	-305,14											
				Abzug Treppenhäuser					-630,00												
Zwischensumme alle OG's:							4.289,42														
Summe Beläge:							7.458,07														
Summe abgegangene Decke:							5.195,93	EG bis 5. OG													
Sanitär, Boden:																					
EG				2,15	3,85	4	m ²	33,11	Bodenfläche Sanitärräume												
				4,48	2,50	1	m ²	11,9	4 gleich große Sanitärräume												
				4,48	2,55	1	m ²	11,41	Sanitär G2												
				Zwischensumme EG:							55,71										
				1 und 2. OG				2,15	3,85	2	m ²	16,56	Sanitärräume unten								
								2,15	3,93	2	m ²	16,90	Sanitärräume oben rechts								
								5,50	2,45	2	m ²	26,95	Sanitärräume oben links								
				Zwischensumme:							60,40										
				Zwischensumme 1. OG und 2. OG:							120,81										
				3. bis 5. OG				180	2,85	1	m ²	5,13	Sanitär links links Außen oben								
180	3,60	1	m ²					6,48	Sanitär links links Innen oben												
145	2,90	1	m ²					4,21	Sanitär links links Unten												
145	2,53	1	m ²					3,65	Sanitär links mitte												
180	3,55	1	m ²					6,39	Sanitär links rechts mitte												
178	1,45	1	m ²					2,57	Sanitär links rechts Flur												
133	2,50	1	m ²					3,33	Sanitär links rechts Ende unten												
2,23	2,50	1	m ²					5,56	Sanitär links rechts Ende oben												
3,18	2,25	1	m ²					7,14	Sanitär mitte links groß												
183	2,76	1	m ²					5,04	Sanitär mitte links klein												
180	2,95	1	m ²					5,31	Sanitär mitte mitte												
2,80	1,83	2	m ²					10,22	Sanitär mitte rechts												
3,18	2,25	1	m ²					7,14	Sanitär mitte rechts groß												
145	2,50	1	m ²					3,63	Sanitär rechts links Ende unten												
2,23	2,50	1	m ²					5,56	Sanitär rechts links Ende oben												
3,18	1,80	1	m ²					5,72	Sanitär rechts links groß												
178	1,45	1	m ²					2,57	Sanitär rechts links Flur												
145	2,53	1	m ²					3,66	Sanitär rechts mitte												
180	3,50	1	m ²					6,30	Sanitär rechts rechts Innen oben												
180	2,85	1	m ²	5,13	Sanitär rechts rechts Außen oben																
2,80	1,45	1	m ²	4,06	Sanitär rechts rechts Innen unten																
Zwischensumme:							108,80														
Zwischensumme 3. OG bis 5. OG:							326,39														
Summe:							502,90														
Bodenbelag:																					
EG								453,25	50% Linoleum, 50% Laminat												
								3.431,54	80% Textil, 20% Linoleum												
								857,88	80% Textil, 20% Linoleum												
1. OG bis 5. OG																					
Summe Laminat:							453,25														
Summe Textil:							3.431,54														
Summe Linoleum:							1.311,14														
Estrich:																					
EG bis 5. OG								5.365,80	entspricht DKBL ohne UG, da Bodenplatte in KG 325 und TG mit OS11												
								Treppenaufgang	4,24	2,70	-2	m ²	-22,90	Treppenaufgang							
								Treppen mitte	5,15	3,48	-1	m ²	-17,92	Gesamten Mittleres treppenhaus							
								Aufzug außen 1	3,10	1,73	-2	m ²	-10,73	linker und rechter Aufzug Person							
								Aufzug außen 2	1,80	2,25	-2	m ²	-8,10								
								Aufzug mitte	2,05	1,78	-1	m ²	-3,65	Aufzug in der Mitte							
								Zwischensumme EG:							-63,29	Abzüge durch Treppenhaus					
								Estrich EG:							831,77						
								OG								4,24	2,70	-2	m ²	-22,90	Treppenaufgang
																Treppen mitte	5,15	3,48	-1	m ²	-17,92
Aufzug außen 1	3,10	1,73	-2	m ²	-10,73	linker und rechter Aufzug Person															
Aufzug außen 2	1,80	2,25	-2	m ²	-8,10																
Aufzug mitte	2,05	1,78	-1	m ²	-3,65	Aufzug in der Mitte															
Zwischensumme ein OG:							-51,54	Abzüge durch Treppenhaus													
Zwischensumme 1. OG bis 5. OG:							-257,72														
Abzug Wände 1+2. OG								3,94	0,18	1302,49	-2	m ²	-19,01								
								Abzug Wände 3.-5. OG	3,94	0,18	1876,06	-3	m ²	-257,12							
Estrich alle OG's:							3.915,91														
Summe Estrich für EG bis 5. OG:							4.747,68														
Oberflächenschutzsystem KG 352:																					
UG TG								129195													
								Abzug Treppenhäuser					-126,00								
Summe:							1.165,95														

D.2.5 Ermittlung der Netto-Raumflächen Determination of net room area

Tabelle D-46: Ermittlung der Netto-Raumfläche Büro, geringe Variabilität

Table D-46: Determination of net room area of office use, low variability

Geschoss	Art	Länge	Breite	Faktor	Einheit	Menge
UG Lager	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA	25,50	0,25	-2,00	m ²	-12,75
	Säulen	0,30	0,30	-21,00	m ²	-1,89
	kurze QIW	5,23	0,20	-8,00	m ²	-8,36
	lange QIW	10,33	0,20	-2,00	m ²	-4,13
	äußere LIW	10,25	0,20	-2,00	m ²	-4,10
	mittlere LIW	48,30	0,20	-1,00	m ²	-9,66
						1246,27

UG TG	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA	25,50	0,25	-2,00	m ²	-12,75
	Säulen	0,30	0,30	-23,00	m ²	-2,07
	Wand	5,00	0,35	-1,00	m ²	-1,75
	Rampe	19,00	5,00	1,00	m ²	95,00
						1365,60

EG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16
	TA W	31,98	0,25	-2,00	m ²	-15,99
	Säulen	0,30	0,30	-37,00	m ²	-3,33
	Sanitär 1 W	6,63	0,15	-1,00	m ²	-0,99
	Sanitär 2 W	13,30	0,15	-1,00	m ²	-2,00
	Sanitär 3 W	13,30	0,15	-1,00	m ²	-2,00
	Sanitär 4 W	6,63	0,15	-1,00	m ²	-0,99
	Brandwand	13,20	0,25	-1,00	m ²	-3,30
Trennwände	7,48	0,25	-2,00	m ²	-3,74	
						1040,83

OG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16
	TA W	25,70	0,25	-2,00	m ²	-12,85
	Säulen	0,30	0,30	-37,00	m ²	-3,33
	Sanitär 1 W	10,60	0,15	-1,00	m ²	-1,59
	Sanitär 2 W	10,60	0,15	-1,00	m ²	-1,59
	Büro TW oben	4,40	0,15	-20,00	m ²	-13,20
	Büro TW unten	4,00	0,15	-9,00	m ²	-5,40
	Teewände	262,85	0,15	-1,00	m ²	-39,43
	Brandwand	13,20	0,25	-1,00	m ²	-3,30
	A1 W	7,85	0,15	-1,00	m ²	-1,18
						NRF eines OG's:
					NRF aller OG's:	4956,475

Tabelle D-47: Ermittlung der Netto-Raumfläche Wohnen, geringe Variabilität

Table D-47: Determination of net room area of residential use, low variability

Geschoss	Art	Länge	Breite	Faktor	Einheit	Menge
UG Lager	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA	25,50	0,25	-2,00	m ²	-12,75
	Säulen	0,30	0,30	-21,00	m ²	-1,89
	kurze QIW	5,23	0,20	-6,00	m ²	-6,27
	Wasch QIW	3,58	0,20	-2,00	m ²	-1,43
	lange QIW	10,33	0,20	-2,00	m ²	-4,13
	äußere LIW	10,25	0,20	-2,00	m ²	-4,10
	mittlere LIW	48,30	0,20	-1,00	m ²	-9,66
						1246,93
UG TG	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA	25,50	0,25	-2,00	m ²	-12,75
	Säulen	0,30	0,30	-23,00	m ²	-2,07
	Wand	5,00	0,35	-1,00	m ²	-1,75
	Rampe	19,00	5,00	1,00	m ²	95,00
						1365,60
EG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16
	TA W	23,78	0,25	-2,00	m ²	-11,89
	Säulen	0,30	0,30	-38,00	m ²	-3,42
	Sanitär 1 W	6,48	0,15	-1,00	m ²	-0,97
	Sanitär 2 W	18,40	0,15	-1,00	m ²	-2,76
	Sanitär 3 W	18,40	0,15	-1,00	m ²	-2,76
	Sanitär 4 W	6,48	0,15	-1,00	m ²	-0,97
	Fahrrad QIW	7,48	0,15	-2,00	m ²	-2,24
	Brandwand	13,20	0,25	-1,00	m ²	-3,30
	Trennwände	13,20	0,25	-2,00	m ²	-6,60
						1038,25
OG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16
	TA W	25,60	0,25	-2,00	m ²	-12,80
	Säulen	0,30	0,30	-24,00	m ²	-2,16
	Wohnung 1	35,08	0,15	-2,00	m ²	-10,52
	Wohnung 2	19,18	0,15	-2,00	m ²	-5,75
	Wohnung 3	14,75	0,15	-2,00	m ²	-4,43
	Wohnung 4	24,18	0,15	-2,00	m ²	-7,25
	Wohnung 5	24,18	0,15	-2,00	m ²	-7,25
	Wohnung 6	46,55	0,15	-2,00	m ²	-13,97
	Flurwände	30,56	0,15	-2,00	m ²	-9,17
	Brandwand	13,20	0,25	-1,00	m ²	-3,30
						NRF aller OG's: 4982,807

Tabelle D-48: Ermittlung der Netto-Raumfläche Hotel, geringe Variabilität

Table D-48: Determination of net room area of hotel use, low variability

Geschoss	Art	Länge	Breite	Faktor	Einheit	Menge
UG Lager	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA	24,95	0,25	-2,00	m ²	-12,48
	Säulen	0,30	0,30	-23,00	m ²	-2,07
	Dusche QIW	3,05	0,20	-1,00	m ²	-0,61
	Umkleide QIW	6,20	0,20	-1,00	m ²	-1,24
	WC QIW kurz	3,05	0,20	-2,00	m ²	-1,22
	WC QIW lang	5,20	0,20	-2,00	m ²	-2,08
	kurze QIW	5,20	0,20	-7,00	m ²	-7,28
	lange QIW	10,33	0,20	-2,00	m ²	-4,13
	obere QIW	8,55	0,20	-2,00	m ²	-3,42
	äußere LIW	10,53	0,20	-2,00	m ²	-4,21
	Dusche LIW	5,10	0,20	-2,00	m ²	-2,04
	obere LIW	32,48	0,20	-1,00	m ²	-6,50
mittlere LIW	48,35	0,20	-1,00	m ²	-9,67	
						1230,22

UG TG	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA	24,95	0,25	-2,00	m ²	-12,48
	Säulen	0,30	0,30	-23,00	m ²	-2,07
	Wand	5,00	0,35	-1,00	m ²	-1,75
	Rampe	19,00	5,00	1,00	m ²	95,00
						1365,87

EG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16
	Säulen	0,30	0,30	-40,00	m ²	-3,60
	Cafe + Bar	24,40	0,15	-1,00	m ²	-3,66
	Leseraum	6,50	0,20	-1,00	m ²	-1,30
	Gepäck	12,25	0,20	-1,00	m ²	-2,45
	Küche	30,05	0,20	-1,00	m ²	-6,01
	Frühstücksraum	21,98	0,20	-1,00	m ²	-4,40
	TA1	28,85	0,25	-1,00	m ²	-7,21
	Sanitär 1	19,55	0,15	-1,00	m ²	-2,93
	TA2	31,78	0,25	-1,00	m ²	-7,94
	W über TA2	7,48	0,25	-1,00	m ²	-1,87
	Hotel TW	12,30	0,25	-1,00	m ²	-3,08
	Hotel BW	13,20	0,28	-1,00	m ²	-3,63
						1025,08

OG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16	
	TA	25,40	0,25	-2,00	m ²	-12,70	
	Säulen	0,30	0,30	-40,00	m ²	-3,60	
	BW	13,20	0,25	-2,00	m ²	-6,60	
	äußere LIWu	10,83	0,20	-2,00	m ²	-4,33	
	nebene T LIWu	11,90	0,20	-2,00	m ²	-4,76	
	mittlere LIW	24,05	0,20	-2,00	m ²	-9,62	
	äußere LIWo	28,38	0,20	-2,00	m ²	-11,35	
	QIWu lang	5,50	0,15	-13,00	m ²	-10,73	
	QIWu kurz	5,20	0,15	-4,00	m ²	-3,12	
	QIWu lang	5,50	0,15	-7,00	m ²	-5,78	
	QIWu kurz	5,20	0,15	-4,00	m ²	-3,12	
	WC normal	4,25	0,15	-32,00	m ²	-20,40	
	WC behindert	4,75	0,15	-4,00	m ²	-2,85	
	Schrank	0,60	0,10	-36,00	m ²	-2,16	
							NRF eines OG's: 972,05
							NRF aller OG's: 4860,25

Tabelle D-49: Ermittlung der Netto-Raumfläche Büro, mittlere Variabilität
Table D-49: Determination of net room area of office use, medium variability

Geschoss	Art	Länge	Breite	Faktor	Einheit	Menge
UG Lager	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA	27,33	0,25	-2,00	m ²	-13,66
	Säulen	0,30	0,30	-21,00	m ²	-1,89
	kurze QIW	5,23	0,20	-8,00	m ²	-8,36
	lange QIW	10,33	0,20	-2,00	m ²	-4,13
	äußere LIW	9,18	0,20	-2,00	m ²	-3,67
	mittlere LIW	48,50	0,20	-1,00	m ²	-9,70
						1245,75

UG TG	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA	27,33	0,25	-2,00	m ²	-13,66
	Säulen	0,30	0,30	-23,00	m ²	-2,07
	Wand	5,00	0,35	-1,00	m ²	-1,75
	Rampe	19,00	5,00	1,00	m ²	95,00
						1364,68

EG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16
	TA W	27,33	0,25	-2,00	m ²	-13,66
	W über TA2	10,50	0,15	-1,00	m ²	-1,58
	Säulen	0,30	0,30	-26,00	m ²	-2,34
	Sanitär 1 W	10,15	0,15	-1,00	m ²	-1,52
	Sanitär 2 W	16,10	0,15	-1,00	m ²	-2,42
	Sanitär 3 W	12,70	0,15	-1,00	m ²	-1,91
	Sanitär 4 W	6,15	0,15	-1,00	m ²	-0,92
	Sanitär 5 W	6,15	0,15	-1,00	m ²	-0,92
	Brandwand	13,20	0,25	-1,00	m ²	-3,30
	Trennwände	13,20	0,20	-1,00	m ²	-2,64
	Schächte	2,15	0,15	-2,00	m ²	-0,65
	Trennwände	7,48	0,25	-1,00	m ²	-1,87
						1039,44

OG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16
	TA W	27,33	0,25	-2,00	m ²	-13,66
	Säulen	0,30	0,30	-20,00	m ²	-1,80
	Sanitär 1 W	16,50	0,15	-1,00	m ²	-2,48
	Sanitär 2 W	3,90	0,15	-1,00	m ²	-0,59
	Sanitär 3W	13,25	0,15	-1,00	m ²	-1,99
	Wand über S3	3,20	0,15	-1,00	m ²	-0,48
	Büro TW oben	5,53	0,15	-8,00	m ²	-6,63
	Büro TW unten	5,53	0,15	-12,00	m ²	-9,95
	links LIW	58,11	0,15	-1,00	m ²	-8,72
	links QIW	1,80	0,15	-2,00	m ²	-0,54
	rechts LIW	26,10	0,15	-1,00	m ²	-3,92
	rechts QIW	1,98	0,15	-2,00	m ²	-0,59
	Schächte	2,15	0,15	-2,00	m ²	-0,65
	Stummel	0,60	0,15	-1,00	m ²	-0,09
	Brandwand	13,20	0,25	-1,00	m ²	-3,30
	A1 W	4,98	0,15	-1,00	m ²	-0,75
						NRF eines OG's:
					NRF aller OG's:	5085,248

Tabelle D-50: Ermittlung der Netto-Raumfläche Wohnen, mittlere Variabilität
Table D-50: Determination of net room area of residential use, medium variability

Geschoss	Art	Länge	Breite	Faktor	Einheit	Menge
UG Lager	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA	27,33	0,25	-2,00	m ²	-13,66
	Säulen	0,30	0,30	-21,00	m ²	-1,89
	kurze QIW	5,23	0,20	-6,00	m ²	-6,27
	lange QIW	10,33	0,20	-2,00	m ²	-4,13
	Wasch QIW	3,58	0,20	-2,00	m ²	-1,43
	äußere LIW	9,18	0,20	-2,00	m ²	-3,67
	mittlere LIW	48,50	0,20	-1,00	m ²	-9,70
						1246,41
UG TG	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA	27,33	0,25	-2,00	m ²	-13,66
	Säulen	0,30	0,30	-23,00	m ²	-2,07
	Wand	5,00	0,35	-1,00	m ²	-1,75
	Rampe	19,00	5,00	1,00	m ²	95,00
						1364,68
EG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16
	TA W	25,83	0,25	-2,00	m ²	-12,91
	W über TA2	7,73	0,15	-6,00	m ²	-6,95
	Säulen	0,30	0,30	-22,00	m ²	-1,98
	Sanitär 1 W	10,15	0,15	-4,00	m ²	-6,09
	Sanitär 2 W	12,70	0,15	-2,00	m ²	-3,81
	Brandwand	13,20	0,25	-2,00	m ²	-6,60
	Trennwände	13,20	0,20	-1,00	m ²	-2,64
	Schächte	2,15	0,15	-2,00	m ²	-0,65
OG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16
	TA W	24,68	0,25	-2,00	m ²	-12,34
	Säulen	0,30	0,30	-22,00	m ²	-1,98
	Wohnung 1	31,28	0,15	-2,00	m ²	-9,38
	Wohnung 2	22,68	0,15	-2,00	m ²	-6,80
	Wohnung 3	11,83	0,15	-2,00	m ²	-3,55
	Wohnung 4	24,13	0,15	-2,00	m ²	-7,24
	Wohnung 5	12,98	0,15	-2,00	m ²	-3,89
	Wohnung 6	45,48	0,15	-2,00	m ²	-13,64
	Flurwände	26,48	0,15	-2,00	m ²	-7,94
	Brandwand	13,20	0,25	-1,00	m ²	-3,30
						NRF aller OG's: 5015,472

Tabelle D-51: Ermittlung der Netto-Raumfläche Hotel, mittlere Variabilität
Table D-51: Determination of net room area of hotel use, medium variability

Geschoss	Art	Länge	Breite	Faktor	Einheit	Menge
UG Lager	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA	27,28	0,25	-2,00	m ²	-13,64
	Säulen	0,30	0,30	-23,00	m ²	-2,07
	Dusche QIW	3,05	0,20	-1,00	m ²	-0,61
	Umkleide QIW	6,20	0,20	-1,00	m ²	-1,24
	WC QIW kurz	3,05	0,20	-2,00	m ²	-1,22
	WC QIW lang	5,20	0,20	-2,00	m ²	-2,08
	kurze QIW	5,20	0,20	-6,00	m ²	-6,24
	lange QIW	10,33	0,20	-2,00	m ²	-4,13
	obere QIW	8,55	0,20	-2,00	m ²	-3,42
	äußere LIW	9,18	0,20	-2,00	m ²	-3,67
	Dusche LIW	5,10	0,20	-2,00	m ²	-2,04
	obere LIW	32,48	0,20	-1,00	m ²	-6,50
mittlere LIW	48,35	0,20	-1,00	m ²	-9,67	
						1230,64

UG TG	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA	27,23	0,25	-2,00	m ²	-13,61
	Säulen	0,30	0,30	-23,00	m ²	-2,07
	Wand	5,00	0,35	-1,00	m ²	-1,75
	Rampe	19,00	5,00	1,00	m ²	95,00
						1364,73

EG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16
	Säulen	0,30	0,30	-26,00	m ²	-2,34
	Cafe + Bar	24,40	0,15	-1,00	m ²	-3,66
	Leseraum	6,50	0,20	-1,00	m ²	-1,30
	Gepäck	12,25	0,20	-1,00	m ²	-2,45
	Küche	33,00	0,20	-1,00	m ²	-6,60
	Frühstücksraum	1,98	0,20	-1,00	m ²	-0,40
	TA1	23,53	0,25	-1,00	m ²	-5,88
	Schächte	0,68	0,48	-2,00	m ²	-0,64
	Sanitär 1	12,60	0,15	-1,00	m ²	-1,89
	Sanitär 2	10,15	0,15	-1,00	m ²	-1,52
	Sanitär 3	6,10	0,15	-1,00	m ²	-0,92
	TA2	26,78	0,25	-1,00	m ²	-6,69
	W über TA2	16,03	0,25	-1,00	m ²	-4,01
	Gewerbe BW	12,60	0,25	-1,00	m ²	-3,15
Hotel TW	12,90	0,25	-1,00	m ²	-3,23	
Hotel BW	13,20	0,28	-1,00	m ²	-3,63	
						1024,86

OG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16
	TA	27,81	0,25	-2,00	m ²	-13,90
	Säulen	0,30	0,30	-28,00	m ²	-2,52
	BW	13,20	0,25	-2,00	m ²	-6,60
	äußere LIWu	9,48	0,20	-2,00	m ²	-3,79
	nebene T LIWu	11,90	0,20	-2,00	m ²	-4,76
	mittlere LIW	24,05	0,20	-2,00	m ²	-9,62
	äußere LIWo	28,38	0,20	-2,00	m ²	-11,35
	QIWu lang	5,50	0,15	-13,00	m ²	-10,73
	QIWu kurz	5,20	0,15	-4,00	m ²	-3,12
	QIWu lang	5,50	0,15	-9,00	m ²	-7,43
	QIWu kurz	5,20	0,15	-2,00	m ²	-1,56
	WC normal	4,25	0,15	-34,00	m ²	-21,68
	WC behindert	4,75	0,15	-2,00	m ²	-1,43
	Schrank	0,60	0,10	-36,00	m ²	-2,16
						NRF aller OG's: 4862,64

zu Kapitel 5 und Kapitel 6
Annex D to Chapter 5 and Chapter 6

Tabelle D-52: Ermittlung der Netto-Raumfläche gemischte Nutzung, mittlere Variabilität (Teil 1 von 2)

Table D-52: Determination of net room area of mixed use, medium variability (part 1 of 2)

Geschoss	Art	Länge	Breite	Faktor	Einheit	Menge
UG Lager	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA	27,33	0,25	-2,00	m ²	-13,66
	Säulen	0,30	0,30	-21,00	m ²	-1,89
	kurze QIW	5,23	0,20	-6,00	m ²	-6,27
	lange QIW	10,33	0,20	-2,00	m ²	-4,13
	Wasch QIW	3,58	0,20	-2,00	m ²	-1,43
	äußere LIW	9,18	0,20	-2,00	m ²	-3,67
	mittlere LIW	48,50	0,20	-1,00	m ²	-9,70
						1246,41

UG TG	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA	27,33	0,25	-2,00	m ²	-13,66
	Säulen	0,30	0,30	-23,00	m ²	-2,07
	Wand	5,00	0,35	-1,00	m ²	-1,75
	Rampe	19,00	5,00	1,00	m ²	95,00
						1364,68

EG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16
	TA W	27,33	0,25	-2,00	m ²	-13,66
	W über TA2	10,50	0,15	-1,00	m ²	-1,58
	Säulen	0,30	0,30	-26,00	m ²	-2,34
	Sanitär 1 W	10,15	0,15	-1,00	m ²	-1,52
	Sanitär 2 W	16,10	0,15	-1,00	m ²	-2,42
	Sanitär 3 W	12,70	0,15	-1,00	m ²	-1,91
	Sanitär 4 W	6,15	0,15	-1,00	m ²	-0,92
	Sanitär 5 W	6,15	0,15	-1,00	m ²	-0,92
	Brandwand	13,20	0,25	-1,00	m ²	-3,30
	Trennwände	13,20	0,20	-1,00	m ²	-2,64
	Schächte	2,15	0,15	-2,00	m ²	-0,65
	Trennwände	7,48	0,25	-1,00	m ²	-1,87
						1039,44

1. und 2. OG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16
	TA W	27,33	0,25	-2,00	m ²	-13,66
	Säulen	0,30	0,30	-20,00	m ²	-1,80
	Sanitär 1 W	16,50	0,15	-1,00	m ²	-2,48
	Sanitär 2 W	3,90	0,15	-1,00	m ²	-0,59
	Sanitär 3W	13,25	0,15	-1,00	m ²	-1,99
	Wand über S3	3,20	0,15	-1,00	m ²	-0,48
	Büro TW oben	5,53	0,15	-8,00	m ²	-6,63
	Büro TW unten	5,53	0,15	-12,00	m ²	-9,95
	links LIW	58,11	0,15	-1,00	m ²	-8,72
	links QIW	1,80	0,15	-2,00	m ²	-0,54
	rechts LIW	26,10	0,15	-1,00	m ²	-3,92
	rechts QIW	1,98	0,15	-2,00	m ²	-0,59
	Schächte	2,15	0,15	-2,00	m ²	-0,65
	Stummel	0,60	0,15	-1,00	m ²	-0,09
	Brandwand	13,20	0,25	-1,00	m ²	-3,30
	A1 W	4,98	0,15	-1,00	m ²	-0,75
						NRF eines OG's:
					NRF aller Büro's:	2034,10

Tabelle D-53: Ermittlung der Netto-Raumfläche gemischte Nutzung, mittlere Variabilität (Teil 2 von 2)

Table D-53: Determination of net room area of mixed use, medium variability (part 2 of 2)

Geschoss	Art	Länge	Breite	Faktor	Einheit	Menge
3. bis 5. OG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16
	TA W	24,68	0,25	-2,00	m ²	-12,34
	Säulen	0,30	0,30	-22,00	m ²	-1,98
	Wohnung 1	31,28	0,15	-2,00	m ²	-9,38
	Wohnung 2	22,68	0,15	-2,00	m ²	-6,80
	Wohnung 3	11,83	0,15	-2,00	m ²	-3,55
	Wohnung 4	24,13	0,15	-2,00	m ²	-7,24
	Wohnung 5	12,98	0,15	-2,00	m ²	-3,89
	Wohnung 6	45,48	0,15	-2,00	m ²	-13,64
	Flurwände	26,48	0,15	-2,00	m ²	-7,94
	Brandwand	13,20	0,25	-1,00	m ²	-3,30
NRF eines OG's:						1003,09
NRF aller OG's:						3009,28

Tabelle D-54: Ermittlung der Netto-Raumfläche Büronutzung, hohe Variabilität

Table D-54: Determination of net room area of office use, high variability

Geschoss	Art	Länge	Breite	Faktor	Einheit	Menge
UG Lager	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA außen	31,65	0,25	-2,00	m ²	-15,83
	TA mitte	24,85	0,25	-1,00	m ²	-6,21
	Säulen	0,30	0,30	-21,00	m ²	-1,89
	kurze QIW	5,23	0,20	-5,00	m ²	-5,23
	lange QIW	10,33	0,20	-2,00	m ²	-4,13
	äußere LIW	7,82	0,20	-2,00	m ²	-3,13
	mittlere LIW	21,35	0,20	-2,00	m ²	-8,54
						1242,21

UG TG	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA außen	31,65	0,25	-2,00	m ²	-15,83
	TA mitte	24,85	0,25	-1,00	m ²	-6,21
	Säulen	0,30	0,30	-21,00	m ²	-1,89
	Wand	5,00	0,35	-1,00	m ²	-1,75
	Rampe	19,00	5,00	1,00	m ²	95,00
						1356,49

EG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16
	TA1	32,30	0,25	-2,00	m ²	-16,15
	TA2	29,80	0,25	-2,00	m ²	-14,90
	TA mitte	22,98	0,25	-1,00	m ²	-5,74
	W neben TA3	8,15	0,20	-1,00	m ²	-1,63
	W über TA2	15,29	0,20	-1,00	m ²	-3,06
	W über TA1	7,48	0,15	-1,00	m ²	-1,12
	Säulen	0,30	0,30	-25,00	m ²	-2,25
	Sanitär 1 W	10,15	0,15	-1,00	m ²	-1,52
	Sanitär 2 W	16,20	0,15	-1,00	m ²	-2,43
	Sanitär 3 W	10,15	0,15	-1,00	m ²	-1,52
	Sanitär 4 W	6,15	0,15	-1,00	m ²	-0,92
	Sanitär 5 W	8,15	0,15	-1,00	m ²	-1,22
	Brandwand	7,48	0,25	-1,00	m ²	-1,87
	Trennwände	12,60	0,20	-1,00	m ²	-2,52
Trennwände	7,48	0,25	-1,00	m ²	-1,87	
						1014,43

OG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16
	TA außen	31,75	0,25	-2,00	m ²	-15,88
	TA mitte	24,70	0,25	-1,00	m ²	-6,18
	Säulen	0,30	0,30	-22,00	m ²	-1,98
	Sanitär 1 W	16,50	0,15	-1,00	m ²	-2,48
	Sanitär 2 W	6,23	0,15	-1,00	m ²	-0,93
	Sanitär 3 W	6,23	0,15	-1,00	m ²	-0,93
	Sanitär 4 W	3,88	0,15	-1,00	m ²	-0,58
	Sanitär 5 W	10,20	0,15	-1,00	m ²	-1,53
	Büro TW oben	5,53	0,15	-7,00	m ²	-5,80
	Büro TW unten	5,53	0,15	-6,00	m ²	-4,97
	links LIW	37,63	0,15	-1,00	m ²	-5,64
	links QIW	1,80	0,15	-2,00	m ²	-0,54
	mitte LIW	20,00	0,15	-1,00	m ²	-3,00
	mitte QIW	1,80	0,15	-1,00	m ²	-0,27
	rechts LIW	29,93	0,15	-1,00	m ²	-4,49
	rechts QIW	1,88	0,15	-2,00	m ²	-0,56
	Stummel	0,60	0,15	-1,00	m ²	-0,09
	Brandwand	5,43	0,25	-1,00	m ²	-1,36
	lange QIW	12,60	0,20	-2,00	m ²	-5,04
A1 W	4,98	0,15	-1,00	m ²	-0,75	
						NRF eines OG's: 1010,17
						NRF aller OG's: 5050,83

Tabelle D-55: Ermittlung der Netto-Raumfläche Wohnen, hohe Variabilität
Table D-55: Determination of net room area of residential use, high variability

Geschoss	Art	Länge	Breite	Faktor	Einheit	Menge
UG Lager	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA außen	31,65	0,25	-2,00	m ²	-15,83
	TA mitte	24,85	0,25	-1,00	m ²	-6,21
	Säulen	0,30	0,30	-21,00	m ²	-1,89
	kurze QIW	5,23	0,20	-5,00	m ²	-5,23
	Wasch QIW	3,58	0,20	-2,00	m ²	-1,43
	lange QIW	10,33	0,20	-2,00	m ²	-4,13
	äußere LIW	7,82	0,20	-2,00	m ²	-3,13
	mittlere LIW	21,35	0,20	-2,00	m ²	-8,54
						1240,78
UG TG	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA außen	31,65	0,25	-2,00	m ²	-15,83
	TA mitte	24,85	0,25	-1,00	m ²	-6,21
	Säulen	0,30	0,30	-21,00	m ²	-1,89
	Wand	5,00	0,35	-1,00	m ²	-1,75
	Rampe	19,00	5,00	1,00	m ²	95,00
						1356,49
EG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16
	TA1	29,80	0,25	-2,00	m ²	-14,90
	TA2	29,80	0,25	-2,00	m ²	-14,90
	TA mitte	22,98	0,25	-1,00	m ²	-5,74
	Säulen	0,30	0,30	-38,00	m ²	-3,42
	Sanitär 1 W	10,15	0,15	-6,00	m ²	-9,14
	Fahrrad QIW	7,48	0,15	-8,00	m ²	-8,97
	Brandwand	13,20	0,25	-2,00	m ²	-6,60
	Trennwände	13,20	0,25	-1,00	m ²	-3,30
						1006,19
OG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16
	TA1	29,80	0,25	-2,00	m ²	-14,90
	TA2	29,80	0,25	-2,00	m ²	-14,90
	TA mitte	22,98	0,25	-1,00	m ²	-5,74
	Säulen	0,30	0,30	-24,00	m ²	-2,16
	Wohnung 1	29,90	0,15	-1,00	m ²	-4,49
	Wohnung 2	20,18	0,15	-1,00	m ²	-3,03
	Wohnung 3	14,33	0,15	-1,00	m ²	-2,15
	Wohnung 4	42,38	0,15	-1,00	m ²	-6,36
	Wohnung 5	32,75	0,15	-1,00	m ²	-4,91
	Wohnung 6	39,59	0,15	-1,00	m ²	-5,94
	Wohnung 7	32,75	0,15	-1,00	m ²	-4,91
	Wohnung 8	42,43	0,15	-1,00	m ²	-6,36
	Wohnung 9	19,30	0,15	-1,00	m ²	-2,90
	Wohnung 10	19,18	0,15	-1,00	m ²	-2,88
	Wohnung 11	31,75	0,15	-1,00	m ²	-4,76
	Flurwände auß	25,13	0,15	-1,00	m ²	-3,77
	Brandwand	13,20	0,25	-2,00	m ²	-6,60
					NRF eines OG's:	976,41
					NRF aller OG's:	4882,04

Tabelle D-56: Ermittlung der Netto-Raumfläche Hotel, hohe Variabilität (Teil 1 von 2)

Table D-56: Determination of net room area of hotel use, high variability (part 1 of 2)

Geschoss	Art	Länge	Breite	Faktor	Einheit	Menge
UG Lager	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA außen	31,65	0,25	-2,00	m ²	-15,83
	TA mitte	24,85	0,25	-1,00	m ²	-6,21
	Säulen	0,30	0,30	-22,00	m ²	-1,98
	Dusche QIW	3,05	0,20	-1,00	m ²	-0,61
	Umkleide QIW	6,20	0,20	-1,00	m ²	-1,24
	WC QIW kurz	3,05	0,20	-2,00	m ²	-1,22
	WC QIW lang	5,20	0,20	-2,00	m ²	-2,08
	kurze QIW	5,20	0,20	-4,00	m ²	-4,16
	lange QIW	10,33	0,20	-2,00	m ²	-4,13
	obere QIW	8,55	0,20	-2,00	m ²	-3,42
	äußere LIW	7,83	0,20	-2,00	m ²	-3,13
	Dusche LIW	5,10	0,20	-2,00	m ²	-2,04
	obere LIW	32,48	0,20	-1,00	m ²	-6,50
	mittlere LIW	21,35	0,20	-2,00	m ²	-8,54
						1226,08
UG TG	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA außen	31,65	0,25	-2,00	m ²	-15,83
	TA mitte	24,85	0,25	-1,00	m ²	-6,21
	Säulen	0,30	0,30	-21,00	m ²	-1,89
	Wand	5,00	0,35	-1,00	m ²	-1,75
	Rampe	19,00	5,00	1,00	m ²	95,00
						1356,49
EG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16
	Säulen	0,30	0,30	-25,00	m ²	-2,25
	Cafe + Bar	22,00	0,15	-1,00	m ²	-3,30
	Leseraum	6,50	0,20	-1,00	m ²	-1,30
	Gepäck	12,25	0,20	-1,00	m ²	-2,45
	Küche	33,00	0,20	-1,00	m ²	-6,60
	Frühstücksraum	1,98	0,20	-1,00	m ²	-0,40
	TA1	26,45	0,25	-1,00	m ²	-6,61
	TA mitte	22,98	0,25	-1,00	m ²	-5,74
	Gewerbe 1	8,07	0,20	-1,00	m ²	-1,61
	Sanitär 1	10,15	0,15	-1,00	m ²	-1,52
	Sanitär 2	6,15	0,15	-1,00	m ²	-0,92
	Sanitär 3	10,15	0,15	-1,00	m ²	-1,52
	TA2	26,45	0,25	-1,00	m ²	-6,61
	W über TA2	17,25	0,25	-1,00	m ²	-4,31
	Gewerbe BW	13,20	0,25	-1,00	m ²	-3,30
	Hotel TW	7,48	0,25	-1,00	m ²	-1,87
Hotel BW	13,20	0,28	-1,00	m ²	-3,63	
						1019,20

Tabelle D-57: Ermittlung der Netto-Raumfläche Hotel, hohe Variabilität (Teil 2 von 2)

Table D-57: Determination of net room area of hotel use, high variability (part 2 of 2)

Geschoss	Art	Länge	Breite	Faktor	Einheit	Menge	
OG XX03	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16	
	TA außen	31,65	0,25	-2,00	m ²	-15,83	
	TA mitte	24,85	0,25	-1,00	m ²	-6,21	
	Säulen	0,30	0,30	-26,00	m ²	-2,34	
	BW	13,20	0,25	-2,00	m ²	-6,60	
	äußere LIWu	8,13	0,20	-2,00	m ²	-3,25	
	nebene T LIWu	11,90	0,20	-2,00	m ²	-4,76	
	mittlere LIWu	9,20	0,20	-2,00	m ²	-3,68	
	mittlere LIWo	24,05	0,20	-2,00	m ²	-9,62	
	äußere LIWo	28,38	0,20	-2,00	m ²	-11,35	
	QIWu lang	5,50	0,15	-13,00	m ²	-10,73	
	QIWu kurz	5,20	0,15	-4,00	m ²	-3,12	
	QIWu lang	5,50	0,15	-6,00	m ²	-4,95	
	QIWu kurz	5,20	0,15	-2,00	m ²	-1,56	
	WC normal	4,25	0,15	-32,00	m ²	-20,40	
	WC behindert	4,75	0,15	-2,00	m ²	-1,43	
	Schrank	0,60	0,10	-34,00	m ²	-2,04	
	NRF eines OG's:						965,30
	NRF aller OG's:						4826,51

zu Kapitel 5 und Kapitel 6
Annex D to Chapter 5 and Chapter 6

Tabelle D-58: Ermittlung der Netto-Raumfläche gemischte Nutzung, hohe Variabilität (Teil 1 von 2)

Table D-58: Determination of net room area of mixed use, high variability (part 1 of 2)

Geschoss	Art	Länge	Breite	Faktor	Einheit	Menge
UG Lager	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA außen	31,65	0,25	-2,00	m ²	-15,83
	TA mitte	24,85	0,25	-1,00	m ²	-6,21
	Säulen	0,30	0,30	-21,00	m ²	-1,89
	kurze QIW	5,23	0,20	-5,00	m ²	-5,23
	Wasch QIW	3,58	0,20	-2,00	m ²	-1,43
	lange QIW	10,33	0,20	-2,00	m ²	-4,13
	äußere LIW	7,82	0,20	-2,00	m ²	-3,13
	mittlere LIW	21,35	0,20	-2,00	m ²	-8,54
						1240,78

UG TG	Grundfläche	80,70	15,95	1,00	m ²	1287,17
	TA außen	31,65	0,25	-2,00	m ²	-15,83
	TA mitte	24,85	0,25	-1,00	m ²	-6,21
	Säulen	0,30	0,30	-21,00	m ²	-1,89
	Wand	5,00	0,35	-1,00	m ²	-1,75
	Rampe	19,00	5,00	1,00	m ²	95,00

EG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16
	TA1	29,80	0,25	-2,00	m ²	-14,90
	TA2	29,80	0,25	-2,00	m ²	-14,90
	TA mitte	22,98	0,25	-1,00	m ²	-5,74
	Säulen	0,30	0,30	-38,00	m ²	-3,42
	Sanitär 1 W	10,15	0,15	-6,00	m ²	-9,14
	Fahrrad QIW	7,48	0,15	-8,00	m ²	-8,97
	Brandwand	13,20	0,25	-2,00	m ²	-6,60
	Trennwände	13,20	0,25	-1,00	m ²	-3,30
						1006,19

1. und 2. OG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16
	TA außen	31,75	0,25	-2,00	m ²	-15,88
	TA mitte	24,70	0,25	-1,00	m ²	-6,18
	Säulen	0,30	0,30	-22,00	m ²	-1,98
	Sanitär 1 W	16,50	0,15	-1,00	m ²	-2,48
	Sanitär 2 W	6,23	0,15	-1,00	m ²	-0,93
	Sanitär 3 W	6,23	0,15	-1,00	m ²	-0,93
	Sanitär 4 W	3,88	0,15	-1,00	m ²	-0,58
	Sanitär 5 W	10,20	0,15	-1,00	m ²	-1,53
	Büro TW oben	5,53	0,15	-7,00	m ²	-5,80
	Büro TW unten	5,53	0,15	-6,00	m ²	-4,97
	links LIW	37,63	0,15	-1,00	m ²	-5,64
	links QIW	1,80	0,15	-2,00	m ²	-0,54
	mitte LIW	20,00	0,15	-1,00	m ²	-3,00
	mitte QIW	1,80	0,15	-1,00	m ²	-0,27
	rechts LIW	29,93	0,15	-1,00	m ²	-4,49
	rechts QIW	1,88	0,15	-2,00	m ²	-0,56
	Stummel	0,60	0,15	-1,00	m ²	-0,09
	Brandwand	5,43	0,25	-1,00	m ²	-1,36
	lange QIW	12,60	0,20	-2,00	m ²	-5,04
A1 W	4,98	0,15	-1,00	m ²	-0,75	
						NRF eines OG's: 1010,17
						NRF aller Büro's: 2020,33

Tabelle D-59: Ermittlung der Netto-Raumfläche gemischte Nutzung, hohe Variabilität (Teil 2 von 2)

Table D-59: Determination of net room area of mixed use, high variability (part 2 of 2)

Geschoss	Art	Länge	Breite	Faktor	Einheit	Menge	
3. bis 5. OG	Grundfläche	81,30	13,20	1,00	m ²	1073,16	
	TA1	29,80	0,25	-2,00	m ²	-14,90	
	TA2	29,80	0,25	-2,00	m ²	-14,90	
	TA mitte	22,98	0,25	-1,00	m ²	-5,74	
	Säulen	0,30	0,30	-24,00	m ²	-2,16	
	Wohnung 1	29,90	0,15	-1,00	m ²	-4,49	
	Wohnung 2	20,18	0,15	-1,00	m ²	-3,03	
	Wohnung 3	14,33	0,15	-1,00	m ²	-2,15	
	Wohnung 4	42,38	0,15	-1,00	m ²	-6,36	
	Wohnung 5	32,75	0,15	-1,00	m ²	-4,91	
	Wohnung 6	39,59	0,15	-1,00	m ²	-5,94	
	Wohnung 7	32,75	0,15	-1,00	m ²	-4,91	
	Wohnung 8	42,43	0,15	-1,00	m ²	-6,36	
	Wohnung 9	19,30	0,15	-1,00	m ²	-2,90	
	Wohnung 10	19,18	0,15	-1,00	m ²	-2,88	
	Wohnung 11	31,75	0,15	-1,00	m ²	-4,76	
	Flurwände auß	25,13	0,15	-1,00	m ²	-3,77	
	Brandwand	13,20	0,25	-2,00	m ²	-6,60	
	NRF eines OG's:						976,41
	NRF aller OG's:						2929,23

D.2.6 Ermittlung der Nutzungsflächen Determination of use areas

Tabelle D-60: Nutzungsflächenermittlung Büro, geringe Variabilität (Teil 1 von 3)

Table D-60: Determination of office use, low variability (part 1 of 3)

	MF/ G - 0 [m ²]	MF/ G - 1.1 [m ²]	MF/ G - 1.2 [m ²]	MF/ G - 1 [m ²]	MF/ G - 2 [m ²]	
UG Lager	132,72	244,37	27,17	271,53	844,22	Hotel
UG TG	1369,67	0,00	0,00	0,00	0,00	Wohnen
EG	78,16	967,52	0,00	967,52	0,00	Büro
1. OG	50,02	1005,08	0,00	1005,08	0,00	Gewerbe
2. OG	50,02	1005,08	0,00	1005,08	0,00	nicht vermietbar
3. OG	50,02	1005,08	0,00	1005,08	0,00	Sonstige Flächen
4. OG	50,02	1005,08	0,00	1005,08	0,00	
5. OG	50,02	1005,08	0,00	1005,08	0,00	
Σ	1830,66 m²	6237,29 m²	27,17 m²	6264,46 m²	844,22 m²	

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]	
Untergeschoss Lager											
UG Lager	Raum 1		MF/ G - 2			32,15	10,53	1	338,54	338,07	
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02		
						0,30	0,30	-5	-0,45		
	Raum 2		MF/ G - 2			20,05	10,53	1	211,13	210,84	
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02		
						0,30	0,30	-3	-0,27		
	Raum 3		MF/ G - 2			28,10	10,53	1	295,75	295,30	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45		
	Lager	Gewerbe1		MF/ G - 1	1.1		3,80	5,23	1	19,86	19,86
	Lager	Gewerbe2		MF/ G - 1	1.1		6,53	5,23	1	34,09	34,00
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Treppen	TA1		MF/ G - 0		Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	25,27
						Fahrradschacht	2,05	1,65	1	3,38	
						Zwischenpodest	5,15	1,35	1	6,95	
						Treppenlauf	1,35	2,05	2	5,54	
	Technik1			MF/ G - 0			7,88	5,23	1	41,21	41,12
	Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09						
	Lager	Gewerbe3		MF/ G - 1	1.1		6,55	5,23	1	34,26	34,17
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Gewerbe4		MF/ G - 1	1.1		6,55	5,23	1	34,26	34,17
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Hausverwalt		MF/ G - 1	1.2		5,20	5,23	1	27,20	27,17
						Abzüge Stützen	0,30	0,05	-2	-0,03	
	Lager	Gewerbe5		MF/ G - 1	1.1		6,55	5,23	1	34,26	34,15
						Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02	
						0,30	0,30	-1	-0,09		
	Lager	Gewerbe6		MF/ G - 1	1.1		6,55	5,23	1	34,26	34,17
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
Technik2			MF/ G - 0			7,88	5,23	1	41,15	41,06	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
Treppen	TA2		MF/ G - 0		Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	25,27	
					Fahrradschacht	2,05	1,65	1	3,38		
					Zwischenpodest	5,15	1,35	1	6,95		
					Treppenlauf	1,35	2,05	2	5,54		
Lager	Gewerbe7		MF/ G - 1	1.1		6,53	5,23	1	34,09	34,00	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
Lager	Gewerbe8		MF/ G - 1	1.1		3,80	5,23	1	19,86	19,86	
									Summe MF/G - 0:	132,72	
									Summe MF/G - 1.1 (Lager Gewerbe):	244,37	
									Summe MF/G - 1.2 (Hausverwaltung):	27,17	
									Summe MF/G - 2 (Lager Büro):	844,22	

wird nicht oder nur zu reduziertem Mietpreis an Gewerbeeinheiten vermietet
wird nicht vermietet, Betriebskosten werden aber umgelegt
wird zu reduziertem Mietpreis an Büroeinheiten vermietet

Tabelle D-61: Nutzungsflächenermittlung Büro, geringe Variabilität (Teil 2 von 3)

Table D-61: Determination of office use, low variability (part 2 of 3)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]
Untergeschoss Tiefgarage										
UG TG	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	25,27
					Fahrstuhlschacht	2,05	1,65	1	3,38	
					Zwischenpodest	5,15	1,35	1	6,95	
					Treppenlaufraum	1,35	2,05	2	5,54	
	Treppen	TA2	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	25,27
					Fahrstuhlschacht	2,05	1,65	1	3,38	
					Zwischenpodest	5,15	1,35	1	6,95	
					Treppenlauf	1,35	2,05	2	5,54	
	Tiefgarage		MF/ G - 0		Treppenlauf	80,70	15,95	1	1287,17	1319,14
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-23	-2,07	
					Rampenwand	5,00	0,30	-1	-1,50	
					Abzüge TA	5,65	5,43	-2	-61,36	
					Zufahrt Außen	19,00	5,10	1	96,90	
Summe MF/G - 0:									1369,67	
Stellplätze werden Fläche Stellplätze (50 SP x (1,35m x 2 x 5 m))+ (2BS x									710,00	
Summe MF/G - 1.1:									0,00	
Summe MF/G - 1.2:									0,00	
Summe MF/G - 2:									0,00	

Erdgeschoss

EG	G-Einheit 1	Raum 1	MF/ G - 1	1.1		13,53	13,20	1	178,53	162,43
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-7	-0,63	
					Abzüge TA1	2,70	5,73	-1	-15,47	
	G-Einheit 2	Raum 2	MF/ G - 1	1.1		29,45	13,20	1	388,74	356,91
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-13	-1,17	
					Abzüge Stützen	0,30	0,03	-3	-0,02	
					Abzüge TA 1	5,38	5,70	-1	-30,64	
	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	39,08
					Fahrstuhlschacht	2,05	1,65	1	3,38	
					Zwischenpodest	5,15	1,30	1	6,70	
					Durchgang	0,25	1,83	1	0,46	
					Eingangsbereich	2,48	5,50	1	13,61	
					Treppenlauf	1,35	2,05	2	5,54	
	G-Einheit 3	Raum 3	MF/ G - 1	1.1		24,05	13,20	1	317,46	285,74
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-10	-0,90	
					Abzüge Stützen	0,30	0,03	-3	-0,02	
					Abzüge TA2	5,38	5,73	-1	-30,80	
	G-Einheit 4	Raum 4	MF/ G - 1	1.1		13,53	13,20	1	178,53	162,44
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-7	-0,63	
					Abzüge TA2	2,70	5,73	-1	-15,46	
	Treppen	TA2	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	39,08
					Fahrstuhlschacht	2,05	1,65	1	3,38	
					Zwischenpodest	5,15	1,30	1	6,70	
					Durchgang	0,25	1,83	1	0,46	
Eingangsbereich					2,48	5,50	1	13,61		
Treppenlauf					1,35	2,05	2	5,54		
Summe MF/G - 0:									78,16	
Summe MF/G - 1.1 (Gewerbe):									967,52	
Summe MF/G - 1.2:									0,00	
Summe MF/G - 2:									0,00	

Tabelle D-62: Nutzungsflächenermittlung Büro, geringe Variabilität (Teil 3 von 3)

Table D-62: Determination of office use, low variability (part 3 of 3)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]	
1. bis 5. Obergeschoss											
OG	Büro gesamt		MF/ G - 1			81,3	13,2	1	1073,16	1005,08	
						Abzüge Stützen	0,3	0,3	-37		-3,33
						Abzüge Stützen	0,3	0,03	-6		-0,045
						Abzüge Brandwand	13,2	0,3	-1		-3,96
						Abzüge TA1 und TA2	5,73	5,65	-2		-64,749
	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	25,01	
					Fahrschachtschacht	2,05	1,65	1	3,38		
					Zwischenpodest	5,15	1,30	1	6,70		
					Treppenlauf	1,35	2,05	2	5,54		
	Treppen	TA2	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	25,01	
					Fahrschachtschacht	2,05	1,65	1	3,38		
					Zwischenpodest	5,15	1,30	1	6,70		
					Treppenlauf	1,35	2,05	2	5,54		
										Summe MF/G - 0:	50,02
									Summe MF/G - 1.1:	1005,08	
									Summe MF/G - 1.2:	0,00	
									Summe MF/G - 2:	0,00	

Tabelle D-63: Nutzungsflächenermittlung Hotel, geringe Variabilität (Teil 1 von 3)

Table D-63: Determination of use areas of hotel, low variability (part 1 of 3)

	MF/G - 0 [m ²]	MF/G - 1.1 (Gewerbe) [m ²]	MF/G - 1.1 (Hotel) [m ²]	MF/G - 1 [m ²]	MF/G - 2 [m ²]	
UG Lager	170,35	160,65	856,34	1016,99	0,00	Hotel
UG TG	1369,67	0,00	0,00	0,00	0,00	Wohnen
EG	70,11	448,32	530,09	978,41	0,00	Büro
1. OG	50,54	0,00	1004,81	1004,81	0,00	Gewerbe
2. OG	50,54	0,00	1004,81	1004,81	0,00	nicht vermietbar
3. OG	50,54	0,00	1004,81	1004,81	0,00	Sonstige Flächen
4. OG	50,54	0,00	1004,81	1004,81	0,00	
5. OG	50,54	0,00	1004,81	1004,81	0,00	
Σ	1862,83 m²	608,97 m²	6410,48 m²	7019,45 m²	0,00 m²	

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]	
Untergeschoss Lager											
UG Lager	DuH		MF/ G - 1			5,18	3,13	1	16,17	16,17	
					Abzüge Stützen	0,08	0,08	-1	-0,01		
	UmH		MF/ G - 1			5,18	5,28	1	27,30	25,54	
					Abzüg Ausgang	1,25	1,40	-1	-1,75		
					Abzüge Stützen	0,08	0,08	-1	-0,01		
	DuD		MF/ G - 1			5,18	3,13	1	16,17	16,17	
					Abzüge Stützen	0,08	0,08	-1	-0,01		
	UmD		MF/ G - 1			5,18	5,28	1	27,30	25,54	
					Abzüg Ausgang	1,25	1,40	-1	-1,75		
					Abzüge Stützen	0,09	0,08	-1	-0,01		
	Sanitär		MF/ G - 1			5,20	8,55	1	44,46	44,45	
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02		
	Lküche		MF/ G - 1	1.1			6,60	8,55	1	56,43	56,33
					Abzüge Stützen	0,05	0,30	-1	-0,02		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
	Kühlager		MF/ G - 1	1.1			5,25	8,55	1	44,89	44,80
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
	Lwäsche		MF/ G - 1	1.1			3,88	8,55	1	33,13	33,12
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02		
	Raum1		MF/ G - 1				20,75	10,53	1	218,39	218,11
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-3	-0,27		
	Raum2		MF/ G - 1				27,40	10,53	1	288,39	287,94
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45		
	Werkstatt		MF/ G - 1	1.1			7,85	5,23	1	41,06	40,97
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
	EDV	EDV1	MF/ G - 1	1.1			2,50	5,23	1	13,08	13,08
	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	25,27	
					Fahrtstuhlschacht	2,05	1,65	1	3,38		
					Zwischenpodest	5,15	1,35	1	6,95		
Treppenlauf					1,35	2,05	2	5,54			
Technik1		MF/ G - 0			9,23	5,23	1	48,27	48,27		
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09			
Archiv		MF/ G - 1	1.1		6,55	5,23	1	34,26	34,15		
				Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02			
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09			
Lager	Gewerbe1	MF/ G - 1	1.1		9,95	5,23	1	52,04	51,86		
				Abzüge Stützen	0,05	0,30	-1	-0,09			
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09			
Lager	Gewerbe2	MF/ G - 1	1.1		10,60	5,23	1	55,39	55,27		
				Abzüge Stützen	0,30	0,05	-2	-0,03			
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09			

Tabelle D-64: Nutzungsflächenermittlung Hotel, geringe Variabilität (Teil 2 von 3)

Table D-64: Determination of use areas of hotel, low variability (part 2 of 3)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]
	Technik2		MF/ G - 0			6,53	5,20	1	33,93	33,84
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Gewerbe3	MF/ G - 1	1.1		5,15	5,20	1	26,78	26,77
					Abzüge Stützen	0,05	0,30	-1	-0,02	
	Lager	Gewerbe4	MF/ G - 1	1.1		5,15	5,20	1	26,78	26,77
					Abzüge Stützen	0,05	0,30	-1	-0,02	
	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	25,27
					Fahrstuhlschacht	2,05	1,65	1	3,38	
					Zwischenpodest	5,15	1,35	1	6,95	
					Treppenlauf	1,35	2,05	2	5,54	
	Flur	F1	MF/ G - 0			32,15	1,80	1	33,95	37,70
	Umkleiden Ausgang				2,35	1,40	1	3,75		
Summe MF/G - 0:									170,35	
Summe MF/G - 1.1 (Gewerbe):									160,65	
Summe MF/G - 1.1 (Hotel):									856,34	
Summe MF/G - 1.2:									0,00	
Summe MF/G - 2:									0,00	

Untergeschoss Tiefgarage

UG TG	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	25,27	
					Fahrstuhlschacht	2,05	1,65	1	3,38		
					Zwischenpodest	5,15	1,35	1	6,95		
					Treppenlauf	1,35	2,05	2	5,54		
	Treppen	TA2	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	25,27	
					Fahrstuhlschacht	2,05	1,65	1	3,38		
					Zwischenpodest	5,15	1,35	1	6,95		
					Treppenlauf	1,35	2,05	2	5,54		
	Tiefgarage		MF/ G - 0			80,70	15,95	1	1287,17	1319,14	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-23	-2,07		
					Rampenwand	5,00	0,30	-1	-1,50		
					Abzüge TA	5,65	5,43	-2	-61,36		
					Zufahrt Außen	19,00	5,10	1	96,90		
	Summe MF/G - 0:									1369,67	
	Fläche Stellplätze (50 SP x (1,35m x 2 x 5 m))+ (2BS x									710,00	
Summe MF/G - 1.1:									0,00		
Summe MF/G - 1.2:									0,00		
Summe MF/G - 2:									0,00		

Stellplätze werden vermietet (Insgesamt 52 Stellplätze)

Tabelle D-65: Nutzungsfächenermittlung Hotel, geringe Variabilität (Teil 3 von 3)

Table D-65: Determination of use areas of hotel, low variability (part 3 of 3)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m²]	Fläche d. Einheit [m²]
Erdgeschoss										
EG	Sanitär	Hotel	MF/ G - 1	1.1		8,25	2,05	1	16,91	16,91
	Hotel	Empfang	MF/ G - 1	1.1		22,98	13,20	1	303,27	253,40
					Hinterzimmer Reze	3,80	3,70	1	14,06	
					Durchgang	0,25	1,05	1	0,26	
					Cafe + Bar	4,85	2,05	1	9,94	
					Abstellkammer1	3,25	1,90	1	6,18	
					Abzüge Wand TA	2,00	0,25	-1	-0,50	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-11	-0,99	
					Abzüge Leseraum	0,25	4,50	-1	-1,13	
					Abzüge Sanitär	8,55	4,40	-1	-37,62	
					Abzüge TA	7,00	5,73	-1	-40,08	
	Hotel				Gepäck	MF/ G - 1	1.1		3,80	
	Hotel	Küchenräume	MF/ G - 1	1.1		20,00	5,50	1	110,00	103,77
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-3	-0,27	
					Abzüge Wände	29,75	0,20	-1	-5,95	
	Hotel	Frühstück	MF/ G - 1	1.1		20,00	7,50	1	150,00	149,93
						2,00	0,25	1	0,50	
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-2	-0,03	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-6	-0,54	
	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	1,83	1	11,86	31,49
					Fahrschachtschacht	2,05	1,65	1	3,38	
					Zwischenpodest	5,15	1,30	1	6,70	
					Treppenlauf	1,35	2,05	2	5,54	
					Abstellkammer	1,10	3,65	1	4,02	
	G-Einheit 1	Raum 2	MF/ G - 1	1.1		24,05	13,20	1	317,46	285,88
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-10	-0,90	
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-3	-0,05	
					Abzug TA2	5,70	5,38	-1	-30,64	
	G-Einheit 2	Raum 2	MF/ G - 1	1.1		13,53	13,20	1	178,53	162,44
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-7	-0,63	
					Abzüge TA2	2,70	5,73	-1	-15,46	
Treppen	TA2	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	38,62	
				Fahrschachtschacht	2,05	1,65	1	3,38		
				Zwischenpodest	5,15	1,30	1	6,70		
				Treppenlauf	1,35	2,05	2	5,54		
				Eingang	2,48	5,50	1	13,61		
				Durchgänge	1,83	0,25	2	0,91		
									Summe MF/G - 0:	70,11
									Summe MF/G - 1.1 (Gewerbe):	448,32
									Summe MF/G - 1.1 (Hotel):	530,09
									Summe MF/G - 1.2:	0,00
									Summe MF/G - 2:	0,00

1. bis 5. Obergeschoss

OG	Hotel gesamt		MF/ G - 1			81,3	13,2	1	1073,16	1004,81	
					Abzüge Stützen	0,3	0,3	-40	-3,6		
					Abzüge Brandwand	13,2	0,25	-1	-3,3		
				Abzüge TA1 und TA	5,73	5,65	-2	-64,749			
	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	25,27	
					Fahrschachtschacht	2,05	1,65	1	3,38		
					Zwischenpodest	5,15	1,35	1	6,95		
					Treppenlauf	1,35	2,05	2	5,54		
	Treppen	TA2	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	25,27	
					Fahrschachtschacht	2,05	1,65	1	3,38		
					Zwischenpodest	5,15	1,35	1	6,95		
					Treppenlauf	1,35	2,05	2	5,54		
										Summe MF/G - 0:	50,54
										Summe MF/G - 1.1:	1004,81
										Summe MF/G - 1.2:	0,00
									Summe MF/G - 2:	0,00	

Tabelle D-66: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, geringe Variabilität (Teil 1 von 4)

Table D-66: Determination of residential use, low variability (part 1 of 4)

	MF/G - 0 [m ²]	MF/G - 1.1 [m ²]	MF/G - 1.2 [m ²]	MF/G - 1 [m ²]	MF/G - 2 [m ²]	MF/W - 0 [m ²]	MF/W - 1.1 [m ²]	MF/W - 1.2 [m ²]	MF/W - 1 [m ²]	
UG Lager	132,76	136,64	0,00	136,64	0,00	0,00	844,11	135,70	979,81	Hotel
UG TG	1369,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Wohnen
EG	115,36	887,24	0,00	887,24	0,00	38,41	0,00	0,00	0,00	Büro
1. OG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	135,71	853,52	0,00	853,52	Gewerbe
2. OG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	135,71	853,52	0,00	853,52	nicht vermietbar
3. OG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	135,71	853,52	0,00	853,52	Sonstige Flächen
4. OG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	135,71	853,52	0,00	853,52	
5. OG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	135,71	853,52	0,00	853,52	
Σ	1617,28 m ²	1023,88 m ²	0,00 m ²	1023,88 m ²	0,00 m ²	1617,28 m ²	5111,72 m ²	135,70 m ²	5247,41 m ²	

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]	
Untergeschoss Lager											
UG Lager	Raum 1		MF/W - 1	1.1		32,15	10,53	1	338,54	338,07	
					Abzüge Stützen	0,30	0,08	-1	-0,02		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45		
	Raum 2		MF/W - 1	1.1		20,75	10,53	1	218,39	218,11	
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-3	-0,27		
	Raum 3		MF/W - 1	1.1		27,40	10,53	1	288,39	287,94	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45		
	Raum 4	Waschküche	MF/W - 1	1.2		10,53	5,23	1	55,07	54,27	
					Abzug Wand	3,58	0,20	-1	-0,72		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
	Treppen	TA1	MF/G - 0			Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	25,27
					Fahrstuhlsschacht	2,05	1,65	1	3,38		
					Zwischenpodest	5,15	1,35	1	6,95		
					Treppenlauf	1,35	2,05	2	5,54		
	Technik1		MF/G - 0				7,88	5,23	1	41,21	41,12
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Gewerbe1	MF/G - 1	1.1			6,55	5,23	1	34,26	34,17
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
	Lager	Gewerbe2	MF/G - 1	1.1			6,55	5,23	1	34,26	34,15
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
	Lager	Hausgemein	MF/W - 1	1.2			5,20	5,23	1	27,20	27,17
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-2	-0,03		
	Lager	Gewerbe 3	MF/G - 1	1.1			6,55	5,23	1	34,26	34,15
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
Lager	Gewerbe4	MF/G - 1	1.1			6,55	5,23	1	34,26	34,17	
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09			
Technik2		MF/G - 0				7,88	5,23	1	41,19	41,10	
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09			
Treppen	TA2	MF/G - 0			Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	25,27	
				Fahrstuhlsschacht	2,05	1,65	1	3,38			
				Zwischenpodest	5,15	1,35	1	6,95			
				Treppenlauf	1,35	2,05	2	5,54			
Raum 14	Waschküche	MF/W - 1	1.2			10,53	5,23	1	55,07	54,27	
				Abzug Wand	3,58	0,20	-1	-0,72			
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09			
nicht vermietbare Fläche Lager Gewerbe									Summe MF/G - 0:	132,76	
									Summe MF/G - 1.1:	136,64	
									Summe MF/G - 1.2:	0,00	
									Summe MF/G - 2:	0,00	
									Summe MF/W - 0:	0,00	
Lager je Wohnung zugeordnet									Summe MF/W - 1.1:	844,11	
Waschküche/Gemeinschaftslager									Summe MF/W - 1.2:	135,70	

Tabelle D-67: Nutzungsfächenermittlung Wohnen, geringe Variabilität (Teil 2 von 4)

Table D-67: Determination of residential use, low variability (part 2 of 4)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]	
Untergeschoss Tiefgarage											
UGTG	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	25,01	
					Fahrradschacht	2,05	1,65	1	3,38		
					Zwischenpodest	5,15	1,30	1	6,70		
					Treppenlauf	1,35	2,05	2	5,54		
	Treppen	TA2	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	25,01	
					Fahrradschacht	2,05	1,65	1	3,38		
					Zwischenpodest	5,15	1,30	1	6,70		
					Treppenlauf	1,35	2,05	2	5,54		
	Tiefgarage		MF/ G - 0		Tiefgarage	80,70	15,95	1	1287,17	1319,14	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-23	-2,07		
					Rampenwand	5,00	0,30	-1	-1,50		
					Abzüge TA	5,65	5,43	-2	-61,36		
					Zufahrt Außen	19,00	5,10	1	96,90		
									Summe MF/G - 0:	1369,16	
	Stellplätze (Insgesamt 52 Stellplätze)								Fläche Stellplätze (50 SP x (1,35m x 2 x 5 m))+ (2 BS x	710,00	
									Summe MF/G - 1.1:	0,00	
								Summe MF/G - 1.2:	0,00		
								Summe MF/G - 2:	0,00		
								Summe MF/W - 0:	0,00		
								Summe MF/W - 1.1:	0,00		
								Summe MF/W - 1.2:	0,00		
Erdgeschoss											
EG	G-Einheit 1	Raum 1	MF/ G - 1	1.1		13,53	13,20	1	178,60	162,50	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-7	-0,63		
					Abzüge TA1	2,70	5,73	-1	-15,47		
	Fahrrad			MF/ W - 0		2,58	7,48	1	19,25	19,20	
						Abzüge Stützen	0,30	0,15	-1	-0,05	
	Flur	F1		MF/ G - 0	1.2	2,48	13,20	1	32,67	32,67	
	Treppen	TA1		MF/ G - 0		Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	25,01
						Fahrradschacht	2,05	1,65	1	3,38	
						Zwischenpodest	5,15	1,30	1	6,70	
						Treppenlauf	1,35	2,05	2	5,54	
	G-Einheit 2	Raum 2		MF/ G - 1	1.1		21,38	13,20	1	282,15	281,16
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-11	-0,99	
	G-Einheit 3	Raum 3		MF/ G - 1	1.1		21,38	13,20	1	282,15	281,16
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-11	-0,99	
	Treppen	TA2		MF/ G - 0		Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	25,01
						Fahrradschacht	2,05	1,65	1	3,38	
						Zwischenpodest	5,15	1,30	1	6,70	
						Treppenlauf	1,35	2,05	2	5,54	
	Flur	F2		MF/ G - 0		2,48	13,20	1	32,67	32,67	
	Fahrrad			MF/ W - 0	1.2		2,58	7,48	1	19,25	19,20
						Abzüge Stützen	0,30	0,15	-1	-0,05	
	G-Einheit 6	Raum 6		MF/ G - 1	1.1		13,53	13,20	1	178,53	162,43
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-7	-0,63	
						Abzüge TA2	5,73	2,70	-1	-15,47	
								Summe MF/G - 0:	115,36		
								Summe MF/G - 1.1:	887,24		
								Summe MF/G - 1.2:	0,00		
								Summe MF/G - 2:	0,00		
								Summe MF/W - 0:	38,41		
								Summe MF/W - 1.1:	0,00		
								Summe MF/W - 1.2:	0,00		

Tabelle D-68: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, geringe Variabilität (Teil 3 von 4)

Table D-68: Determination of residential use, low variability (part 3 of 4)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]	
1. bis 5. Obergeschoss											
OG	Wohnung 1	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		4,10	3,55	1	14,56	100,72	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
		Bad				2,85	1,80	1	5,13		
		Esszimmer				10,85	7,50	1	81,38		
					Abzweig Schlafen E	1,10	2,00	1	2,20		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-4	-0,36		
					Abzüge Sanitär	4,00	5,68	-1	-22,70		
					Abstellkammer	1,15	0,55	1	0,63		
					Schlafen K		3,85	3,93	1		15,11
					Klo		1,30	0,90	1		1,17
				2,55	1,45	1	3,70				
	Wohnung 2	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		3,50	3,55	1	12,43	62,64	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
		Bad				3,50	1,80	1	6,30		
		Esszimmer				5,63	5,50	1	30,94		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
					Abzüge Wand	2,21	0,15	-1	-0,33		
					Schlafen K		2,53	3,90	1		9,85
	Wohnung 3	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		2,53	1,45	1	3,66	49,28	
		Bad				3,48	3,78	1	13,12		
		Essen				3,23	1,85	1	5,97		
					Abzüge Stützen	4,15	5,53	1	22,93		
		Flur				0,30	0,05	-2	-0,03		
				1,50	2,03	1	3,04				
				3,23	1,20	1	3,87				
				2,60	0,15	1	0,39				
	Wohnung 4	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		3,55	3,78	1	13,40	57,56	
		Bad				2,85	1,85	1	5,27		
		Essen				5,20	5,53	1	28,73		
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-2	-0,03		
		Flur				1,50	5,93	1	8,89		
						0,70	1,85	1	1,30		
	Wohnung 5	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		3,55	3,78	1	13,40	57,56	
		Bad				2,85	1,85	1	5,27		
		Essen				5,20	5,53	1	28,73		
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-2	-0,03		
		Flur				1,50	5,93	1	8,89		
						0,70	1,85	1	1,30		
	Wohnung 6	Schlafen K1	MF/ W - 1	1.1		3,00	3,90	1	11,70	99,01	
		Schlafen K2				3,00	3,90	1	11,70		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
		Klo				1,50	2,15	1	3,23		
					1,33	1,10	1	1,46			
Bad					1,83	3,48	1	6,34			
Schlafen E					3,48	3,90	1	13,56			
		Abzüge Stützen			0,30	0,05	-1	-0,02			
Essen					4,28	7,68	1	32,81			
		Abzüge Stützen			0,30	0,30	-1	-0,09			
		Abzüge Wand			0,60	0,15	-1	-0,09			
Flur					1,18	0,40	1	0,47			
					6,30	1,48	1	9,29			
		1,60	5,53	1	8,84						
	Abzüge Stützen	0,30	0,03	-2	-0,02						
	Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09						
Treppen	TA1	MF/ W - 0		Treppenlaufraum	5,15	1,83	1	9,40	25,01		
				Fahrradschacht	2,05	1,65	1	3,38			
				Zwischenpodest	5,15	1,30	1	6,70			
				Treppenlauf	1,35	2,05	2	5,54			
Flur	F1	MF/ W - 0			6,93	1,78	1	12,29	12,29		
Flur	F2	MF/ W - 0			3,98	1,50	1	5,96	5,96		
Laubengang	F3	MF/ W - 0			15,98	1,55	1	24,76	24,59		
					Abzüge Stützen	0,30	0,03	1		0,01	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2		-0,18	

Tabelle D-69: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, geringe Variabilität (Teil 4 von 4)

Table D-69: Determination of residential use, low variability (part 4 of 4)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]	
	Wohnung 12	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		4,10	3,55	1	14,56	100,72	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
		Bad				2,85	1,80	1	5,13		
					Esszimmer		10,85	7,50	1		81,38
		Abzweig Schlafen E				1,10	2,00	1	2,20		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-4	-0,36		
		Abzüge Sanitär				4,00	5,68	-1	-22,70		
					Abstellkammer	1,15	0,55	1	0,63		
		Schlafen K				3,85	3,93	1	15,11		
					Klo		1,30	0,90	1		1,17
			2,55	1,45		1	3,70				
	Wohnung 11	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		3,50	3,55	1	12,43	62,64	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
		Bad				3,50	1,80	1	6,30		
					Esszimmer		5,63	5,50	1		30,94
		Abzüge Stützen				0,30	0,30	-1	-0,09		
					Abzüge Wand	2,21	0,15	-1	-0,33		
		Schlafen K				2,53	3,90	1	9,85		
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02		
		Klo				2,53	1,45	1	3,66		
	Wohnung 10	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		3,48	3,78	1	13,12	49,28	
					Bad	3,23	1,85	1	5,97		
		Essen				4,15	5,53	1	22,93		
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-2	-0,03		
		Flur				1,50	2,03	1	3,04		
						3,23	1,20	1	3,87		
		Durchgang				2,60	0,15	1	0,39		
	Wohnung 9	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		3,55	3,78	1	13,40	57,56	
					Bad	2,85	1,85	1	5,27		
		Essen				5,20	5,53	1	28,73		
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-2	-0,03		
		Flur				1,50	5,93	1	8,89		
						0,70	1,85	1	1,30		
	Wohnung 8	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		3,55	3,78	1	13,40	57,56	
					Bad	2,85	1,85	1	5,27		
		Essen				5,20	5,53	1	28,73		
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-2	-0,03		
		Flur				1,50	5,93	1	8,89		
						0,70	1,85	1	1,30		
	Wohnung 7	Schlafen K1	MF/ W - 1	1.1		3,00	3,90	1	11,70	99,01	
					Schlafen K2		3,00	3,90	1		11,70
		Klo				0,30	0,30	-1	-0,09		
						1,50	2,15	1	3,23		
		Bad				1,33	1,10	1	1,46		
					Schlafen E		1,83	3,48	1		6,34
		Abzüge Stützen				3,48	3,90	1	13,56		
						0,30	0,05	-1	-0,02		
		Essen				4,28	7,68	1	32,81		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
		Abzüge Wand				0,60	0,15	-1	-0,09		
					Abstellkammer	1,18	0,40	1	0,47		
						6,30	1,48	1	9,29		
						1,60	5,53	1	8,84		
		Abzüge Stützen				0,30	0,03	-2	-0,02		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
	Treppen	TA1	MF/ W - 0		Treppenaufraum	5,15	1,83	1	9,40	25,01	
					Fahrstuhlschacht	2,05	1,65	1	3,38		
					Zwischenpodest	5,15	1,30	1	6,70		
					Treppenauf	1,35	2,05	2	5,54		
	Flur	F1	MF/ W - 0			6,93	1,78	1	12,29	12,29	
	Flur	F2	MF/ W - 0			3,98	1,50	1	5,96	5,96	
	Laubengang	F3	MF/ W - 0			15,98	1,55	1	24,76	24,59	
					Abzüge Stützen	0,30	0,03	1	0,01		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18		
	Summe MF/G - 0:										0,00
	Summe MF/G - 1.1:										0,00
	Summe MF/G - 1.2:										0,00
	Summe MF/G - 2:										0,00
	Summe MF/W - 0:										135,71
	Summe MF/W - 1.1:										853,52
	Summe MF/W - 1.2:										0,00

Tabelle D-70: Nutzungsflächenermittlung Büro, mittlere Variabilität (Teil 1 von 3)

Table D-70: Determination of office use, medium variability (part 1 of 3)

	MF/G - 0 [m ²]	MF/G - 1.1 [m ²]	MF/G - 1.2 [m ²]	MF/G - 1 [m ²]	MF/G - 2 [m ²]	
UG Lager	144,61	229,70	27,14	256,84	844,22	Hotel
UG TG	1366,91	0,00	0,00	0,00	0,00	Wohnen
EG	79,55	968,77	0,00	968,77	0,00	Büro
1. OG	79,84	972,82	0,00	972,82	0,00	Gewerbe
2. OG	79,84	972,82	0,00	972,82	0,00	nicht vermietbar
3. OG	79,84	972,82	0,00	972,82	0,00	Sonstige Flächen
4. OG	79,84	972,82	0,00	972,82	0,00	
5. OG	79,84	972,82	0,00	972,82	0,00	
Σ	1990,25 m²	6062,57 m²	27,14 m²	6089,71 m²	844,22 m²	

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]	
Untergeschoss Lager											
UG Lager	Raum 1		MF/G - 2			32,15	10,53	1	338,54	338,07	
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45		
	Raum 2		MF/G - 2			20,05	10,53	1	211,13	210,84	
						0,30	0,05	-1	-0,02		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-3	-0,27		
	Raum 3		MF/G - 2			28,10	10,53	1	295,75	295,30	
						0,30	0,30	-5	-0,45		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45		
	Lager	Gewerbe 1	MF/G - 1	1.1			3,80	5,23	1	19,86	19,86
	Lager	Gewerbe 2	MF/G - 1	1.1			5,18	5,23	1	27,07	26,98
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Treppen	TA1				Treppenlaufraum	6,50	2,60	1	16,90	31,18
						Fahrstuhlraum	3,15	2,23	1	7,01	
						Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	
						Durchgang	1,50	0,25	1	0,38	
						Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
	Technik 1		MF/G - 0				7,88	5,23	1	41,21	41,12
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Gewerbe 3	MF/G - 1	1.1			6,55	5,23	1	34,22	34,13
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Gewerbe 4	MF/G - 1	1.1			6,55	5,23	1	34,22	34,12
						Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02	
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Hausverwalt	MF/G - 2	1.1			5,20	5,23	1	27,17	27,14
						Abzüge Stützen	0,30	0,05	-2	-0,03	
	Lager	Gewerbe 5	MF/G - 1	1.1			6,50	5,23	1	34,00	33,89
							0,30	0,05	-1	-0,02	
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Gewerbe 6	MF/G - 1	1.1			6,50	5,23	1	33,96	33,87
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
Technik 2		MF/G - 0				7,88	5,23	1	41,21	41,12	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
Treppen	TA2				Treppenlaufraum	6,50	2,60	1	16,90	31,18	
					Fahrstuhlraum	3,15	2,23	1	7,01		
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35		
					Durchgang	1,50	0,25	1	0,38		
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55		
Lager	Gewerbe 7	MF/G - 1	1.1			5,18	5,23	1	27,09	27,00	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
Lager	Gewerbe 8	MF/G - 1	1.1			3,80	5,23	1	19,86	19,86	
									Summe MF/G - 0:	144,61	
									Summe MF/G - 1.1:	229,70	
									Summe MF/G - 1.2:	27,14	
									Summe MF/G - 2:	844,22	

wird nicht oder nur zu reduziertem Mietpreis an Gewerbeeinheiten vermietet
wird nicht vermietet, Betriebskosten werden aber umgelegt
wird zu reduziertem Mietpreis an Büroeinheiten vermietet

Tabelle D-71: Nutzungsflächenermittlung Büro, mittlere Variabilität (Teil 2 von 3)

Table D-71: Determination of office use, medium variability (part 2 of 3)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]
Untergeschoss Tiefgarage										
UG TG	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	2,60	1	16,90	31,18
					Fahrstuhlraum	3,15	2,23	1	7,01	
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Durchgang	1,50	0,25	1	0,38	
					Installationsschacht	3,10	0,50	1	1,55	
	Treppen	TA2	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	2,60	1	16,90	31,18
					Fahrstuhlraum	3,15	2,23	1	7,01	
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Durchgang	1,50	0,25	1	0,38	
					Installationsschacht	3,10	0,50	1	1,55	
	Tiefgarage		MF/ G - 0			80,70	15,95	1	1287,17	1304,55
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-23	-2,07	
					Rampenwand	5,00	0,30	-1	-1,50	
					Abzüge TA	7,00	5,43	-2	-75,95	
					Zufahrt Außen	19,00	5,10	1	96,90	
									Summe MF/G - 0:	1366,91
Stellplätze werden vermietet (Insgesamt 52 Stellplätze)									Fläche Stellplätze (50 SP x (1,35m x 2 x 5 m)) + (2BS x	710,00
									Summe MF/G - 1.1:	0,00
									Summe MF/G - 1.2:	0,00
									Summe MF/G - 2:	0,00

Erdgeschoss

EG	G-Einheit 1	Raum 1	MF/ G - 1	1.1		13,53	13,20	1	178,60	154,94
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45	
					Abzüge TA1	5,73	4,05	-1	-23,21	
	G-Einheit 2	Raum 2	MF/ G - 1	1.1		29,45	13,20	1	388,74	372,81
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-9	-0,81	
					Abzüge Stützen	0,30	0,03	-2	-0,02	
					Abzüge TA1	2,70	5,73	-1	-15,47	
					Abzüge Schacht mit	0,78	0,48	1	0,37	
	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	3,00	1	19,50	33,78
					Fahrstuhlraum	3,15	2,23	1	7,01	
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Durchgang	1,50	0,25	1	0,38	
					Installationsschacht	3,10	0,50	1	1,55	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	G-Einheit 3	Raum 3	MF/ G - 1	1.1		10,58	13,20	1	139,59	139,68
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18	
					Abzüge Stützen	0,30	0,03	-4	-0,03	
					Abzüge Schacht	0,63	0,48	1	0,30	
	G-Einheit 4	Raum 4	MF/ G - 1	1.1		13,28	13,20	1	175,30	154,28
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-3	-0,27	
					Abzüge Stützen	0,30	0,03	-2	-0,02	
					Abzüge TA2	7,68	2,70	-1	-20,74	
	Treppen	TA2	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	3,00	1	19,50	45,44
Fahrstuhlraum					3,15	2,23	1	7,01		
Fahrstuhlschacht					3,10	1,73	1	5,35		
Vorraum					6,50	1,75	1	11,38		
Abzüge Stützen					0,30	0,30	-1	-0,09		
Installationsschacht					3,10	0,50	1	1,55		
Durchgänge					1,50	0,25	2	0,75		
Schächte		MF/ G - 0			0,30	0,55	2	0,33	0,33	
G-Einheit 5	Raum 5	MF/ G - 1	1.1		13,53	13,20	1	178,60	147,06	
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45		
				Abzüge TA2	4,05	7,68	-1	-31,08		
									Summe MF/G - 0:	79,55
									Summe MF/G - 1.1:	968,77
									Summe MF/G - 1.2:	0,00
									Summe MF/G - 2:	0,00

Tabelle D-72: Nutzungsflächenermittlung Büro, mittlere Variabilität (Teil 3 von 3)

Table D-72: Determination of office use, medium variability (part 3 of 3)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]
1. bis 5. Obergeschoss										
	Büro gesamt					81,30	13,20	1	1073,16	
			MF/ G - 1		Abzüge Stützen	0,3	0,3	-26	-2,34	972,82
				Abzüge Stützen	0,3	0,03	-4	-0,03		
				Abzüge Brandwand	13,2	0,3	-1	-3,96		
				Abzüge TA1	7	5,73	-1	-40,11		
				Abzüge TA2	7,7	7	-1	-53,9		
	Treppen TA 1		MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	3,00	1	19,50	34,07
				Fahrstuhlraum	3,15	2,23	1	7,01		
				Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35		
				Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55		
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
				Durchgänge	1,50	0,25	2	0,75		
	Treppen TA2		MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	3,00	1	19,50	45,44
				Fahrstuhlraum	3,15	2,23	1	7,01		
				Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35		
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
				Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55		
				Vorraum	6,50	1,75	1	11,38		
			Durchgänge	1,50	0,25	2	0,75			
	Schächte		MF/ G - 0			0,55	0,30	2	0,33	0,33
									Summe MF/G - 0:	79,84
									Summe MF/G - 1.1:	972,82
									Summe MF/G - 1.2:	0,00
									Summe MF/G - 2:	0,00

Tabelle D-73: Nutzungsflächenermittlung Hotel, mittlere Variabilität (Teil 1 von 3)

Table D-73: Determination of hotel use, medium variability (part 1 of 3)

	MF/ G - 0 [m ²]	MF/ G - 1.1 (Gewerbe) [m ²]	MF/ G - 1.1 (Hotel) [m ²]	MF/ G - 1 [m ²]	MF/ G - 2 [m ²]	
UG Lager	187,64	153,98	863,20	1017,19	0,00	Hotel
UG TG	1368,43	0,00	0,00	0,00	0,00	Wohnen
EG	80,38	512,08	462,03	974,10	0,00	Büro
1. OG	68,39	0,00	990,42	990,42	0,00	Gewerbe
2. OG	68,39	0,00	990,42	990,42	0,00	nicht vermietbar
3. OG	68,39	0,00	990,42	990,42	0,00	Sonstige Flächen
4. OG	68,39	0,00	990,42	990,42	0,00	
5. OG	68,39	0,00	990,42	990,42	0,00	
Σ	1978,39 m ²	666,06 m ²	6277,33 m ²	6943,39 m ²	0,00 m ²	

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]	
Untergeschoss Lager											
UG Lager	DuH		MF/ G - 1			5,18	3,13	1	16,17	16,17	
					Abzüge Stützen	0,08	0,08	-1	-0,01		
	UmH		MF/ G - 1			5,18	5,28	1	27,30	25,54	
					Abzug Ausgang	1,25	1,40	-1	-1,75		
						Abzüge Stützen	0,08	0,08	-1	-0,01	
	DuD		MF/ G - 1				5,18	3,13	1	16,17	16,17
						Abzüge Stützen	0,08	0,08	-1	-0,01	
	UmD		MF/ G - 1				5,18	5,28	1	27,30	25,54
						Abzug Ausgang	1,25	1,40	-1	-1,75	
						Abzüge Stützen	0,09	0,08	-1	-0,01	
	Sanitär		MF/ G - 1				5,20	8,55	1	44,46	44,45
						Abzüge Stützen	0,05	0,30	-1	-0,02	
	Lküche		MF/ G - 1	1.1			6,60	8,55	1	56,43	56,33
						Abzüge Stützen	0,05	0,30	-1	-0,02	
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lkühl		MF/ G - 1	1.1			5,25	8,55	1	44,89	44,80
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager1		MF/ G - 1	1.1			3,88	8,55	1	33,13	33,13
	Lmöbel		MF/ G - 1	1.1			20,75	10,53	1	218,39	218,11
						Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02	
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-3	-0,27	
	Raum2		MF/ G - 1				27,40	10,53	1	288,39	287,94
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45	
	Lager	Gewerbe 4	MF/ G - 1	1.1			5,15	5,23	1	26,91	26,91
	Lager	Gewerbe 3	MF/ G - 1	1.1			3,83	5,23	1	19,99	19,99
	Treppen	TA2				Treppenlaufraum	6,50	2,70	1	17,55	31,94
						Fahrradraum	3,15	2,23	1	7,01	
			MF/ G - 0			Fahrradschacht	3,10	1,73	1	5,35	
						Durchgang	1,95	0,25	1	0,49	
						Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
	Technik2		MF/ G - 0				11,23	5,23	1	58,65	58,47
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18	
	Lager	Gewerbe 2	MF/ G - 1	1.1			9,95	5,23	1	51,99	51,88
						Abzüge Stützen	0,05	0,30	-1	-0,02	
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Gewerbe 1	MF/ G - 1	1.1			10,60	5,23	1	55,39	55,21
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18	
	Archiv		MF/ G - 1	1.1			6,55	5,23	1	34,22	34,12
						Abzüge Stützen	0,05	0,30	-1	-0,02	
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	EDV		MF/ G - 1	1.1			2,50	5,23	1	13,08	13,08
	Technik2		MF/ G - 0				6,53	5,23	1	34,09	34,00
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Treppen	TA1				Treppenlaufraum	6,50	2,70	1	17,55	31,94
						Fahrradraum	3,15	2,23	1	7,01	
			MF/ G - 0			Fahrradschacht	3,10	1,73	1	5,35	
						Durchgang	1,95	0,25	1	0,49	
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55		
Werkstatt		MF/ G - 1	1.1			9,18	5,23	1	47,94	47,85	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
Flur	F1	MF/ G - 0				25,73	1,80	1	27,53	31,28	
					Umkleiden Ausgang	2,35	1,40	1	3,75		
									Summe MF/G - 0:	187,64	
									Summe MF/G - 1.1 (Gewerbe):	153,98	
									Summe MF/G - 1.1 (Hotel):	863,20	
									Summe MF/G - 1.2:	0,00	
									Summe MF/G - 2:	0,00	

Tabelle D-74: Nutzungsflächenenermittlung Hotel, mittlere Variabilität (Teil 2 von 3)

Table D-74: Determination of hotel use, medium variability (part 2 of 3)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]
Untergeschoss Tiefgarage										
UG TG	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	2,70	1	17,55	31,94
					Fahrstuhlraum	3,15	2,23	1	7,01	
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Durchgang	1,95	0,25	1	0,49	
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
	Treppen	TA2	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	2,70	1	17,55	31,94
					Fahrstuhlraum	3,15	2,23	1	7,01	
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Durchgang	1,95	0,25	1	0,49	
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
	Tiefgarage		MF/ G - 0			80,70	15,95	1	1287,17	1304,55
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-23	-2,07	
					Rampenwand	5,00	0,30	-1	-1,50	
					Abzüge TA	7,00	5,43	-2	-75,95	
					Zufahrt Außen	19,00	5,10	1	96,90	
								Summe MF/G - 0:	1368,43	
Stellplätze werden vermietet (Insgesamt 52 Stellplätze)								Fläche Stellplätze (50 SP x (1,35m x 2 x 5 m))+ (2BS x	710,00	
								Summe MF/G - 1.1:	0,00	
								Summe MF/G - 1.2:	0,00	
								Summe MF/G - 2:	0,00	

Erdgeschoss

EG	Sanitär	Hotel	MF/ G - 1	1.1		8,25	2,05	1	16,91	16,91
	Hotel	Empfang	MF/ G - 1	1.1		22,98	13,20	1	303,27	253,67
					Hinterzimmer Reze	3,80	3,70	1	14,06	
					Durchgang	0,25	1,05	1	0,26	
					Cafe + Bar	4,85	2,05	1	9,94	
					Abstellkammer1	3,25	1,90	1	6,18	
					Abzüge Wand TA	2,00	0,25	-1	-0,50	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-8	-0,72	
					Abzüge Leseraum	0,25	4,50	-1	-1,13	
					Abzüge Sanitär	8,55	4,40	-1	-37,62	
					Abzüge TA	7,00	5,73	-1	-40,08	
	Hotel	Gepäck	MF/ G - 1	1.1		3,80	1,60	1	6,08	6,08
	Hotel	Küchenräume	MF/ G - 1	1.1		14,60	5,50	1	80,30	76,44
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18	
					Abzüge Wände	18,40	0,20	-1	-3,68	
	Hotel	Frühstücksraum	MF/ G - 1	1.1		14,60	7,50	1	109,50	108,93
					Abzug Wand	1,98	0,20	-1	-0,40	
			Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18			
	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	3,00	1	19,50	34,19
					Fahrstuhlraum	3,15	2,48	1	7,80	
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
	G-Einheit 1	Raum1	MF/ G - 1	1.1		15,95	13,20	1	210,54	209,85
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-4	-0,36	
					Abzüge Stützen	0,30	0,03	-4	-0,03	
					Abzüge Schacht	0,48	0,63	-1	-0,30	
	G-Einheit 2	Raum2	MF/ G - 1	1.1		13,25	13,20	1	174,90	154,42
Abzüge Stützen					0,30	0,30	-3	-0,27		
Abzüge Stützen					0,05	0,30	-2	-0,03		
Abzüge TA2					2,70	7,48	-1	-20,18		
Treppen	TA2	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	3,00	1	19,50	45,86	
				Fahrstuhlraum	3,15	2,23	1	7,01		
				Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35		
				Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55		
				Vorraum	6,50	1,80	1	11,70		
Durchgänge	1,50	0,25	2	0,75						
Schächte		MF/ G - 0			0,30	0,55	2	0,33	0,33	
G-Einheit 3	Raum3	MF/ G - 1	1.1		13,53	13,20	1	178,53	147,81	
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45		
				Abzüge Ta2	4,05	7,48	-1	-30,27		
								Summe MF/G - 0:	80,38	
								Summe MF/G - 1.1 (Gewerbe):	512,08	
								Summe MF/G - 1.1 (Hotel):	462,03	
								Summe MF/G - 1.2:	0,00	
								Summe MF/G - 2:	0,00	

Tabelle D-75: Nutzungsflächenermittlung Hotel, mittlere Variabilität (Teil 3 von 3)

Table D-75: Determination of hotel use, medium variability (part 3 of 3)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]	
1. bis 5. Obergeschoss											
OG	Hotel gesamt		MF/ G - 1			81,3	13,2	1	1073,16	990,42	
					Abzüge Stützen	0,3	0,3	-28	-2,52		
					Abzüge Brandwand	13,2	0,25	-2	-6,6		
					Abzüge TA1 und TA2	7	5,73	-2	-80,22		
		Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	3,00	1	19,50	34,19
					Fahrstuhlraum	3,15	2,48	1	7,80		
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35		
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55		
		Treppen	TA2	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	3,00	1	19,50	34,19
					Fahrstuhlraum	3,15	2,48	1	7,80		
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35		
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55		
	Summe MF/G - 0:										68,39
	Summe MF/G - 1.1:										990,42
Summe MF/G - 1.2:										0,00	
Summe MF/G - 2:										0,00	

Tabelle D-76: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, mittlere Variabilität (Teil 1 von 4)

Table D-76: Determination of residential use, medium variability (part 1 of 4)

	MF/G - 0 [m²]	MF/G - 1.1 [m²]	MF/G - 1.2 [m²]	MF/G - 1 [m²]	MF/G - 2 [m²]	MF/W - 0 [m²]	MF/W - 1.1 [m²]	MF/W - 1.2 [m²]	MF/W - 1 [m²]	
UG Lager	144,52	136,64	0,00	136,64	0,00	0,00	844,22	121,54	965,76	Hotel
UG TG	1366,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Wohnen
EG	100,55	876,22	0,00	876,22	0,00	56,63	0,00	0,00	0,00	Büro
1. OG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	135,08	850,31	0,00	850,31	Gewerbe
2. OG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	135,08	850,31	0,00	850,31	nicht vermietbar
3. OG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	135,08	850,31	0,00	850,31	Sonstige Flächen
4. OG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	135,08	850,31	0,00	850,31	
5. OG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	135,08	850,31	0,00	850,31	
Σ	1611,97 m²	1012,85 m²	0,00 m²	1012,85 m²	0,00 m²	732,02 m²	5095,77 m²	121,54 m²	5217,31 m²	

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m²]	Fläche d. Einheit [m²]
Untergeschoss Lager										
UG Lager	Raum 1		MF/W - 1	1.1		32,15	10,53	1	338,54	338,07
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45	
	Raum 2		MF/W - 1	1.1		20,05	10,53	1	211,13	210,84
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-3	-0,27	
	Raum 3		MF/W - 1	1.1		28,10	10,53	1	295,75	295,30
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45	
	Raum 4	Waschküche	MF/W - 1	1.2		9,18	5,23	1	47,94	47,13
					Abzug Wand	3,58	0,20	-1	-0,72	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Treppen	TA1	MF/G - 0		Treppenlaufraum	6,50	2,60	1	16,90	31,18
					Fahrstuhlraum	3,15	2,23	1	7,01	
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Durchgang	1,50	0,25	1	0,38	
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
	Technik1		MF/G - 0			7,88	5,23	1	41,15	41,06
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Gewerbe 1	MF/G - 1	1.1		6,55	5,23	1	34,26	34,17
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Gewerbe 2	MF/G - 1	1.1		6,55	5,23	1	34,26	34,15
					Abzüge Stützen	0,05	0,30	-1	-0,02	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Hausgemein	MF/W - 1	1.2		5,20	5,23	1	27,20	27,18
					Abzüge Stützen	0,05	0,30	-1	-0,02	
	Lager	Gewerbe 3	MF/G - 1	1.1		6,55	5,23	1	34,26	34,15
					Abzüge Stützen	0,05	0,30	-1	-0,02	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
Lager	Gewerbe 4	MF/G - 1	1.1		6,55	5,23	1	34,26	34,17	
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
Raum 11	Technik	MF/G - 0			7,88	5,23	1	41,19	41,10	
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
Treppen	TA2	MF/G - 0		Treppenlaufraum	6,50	2,60	1	16,90	31,18	
				Fahrstuhlraum	3,15	2,23	1	7,01		
				Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35		
				Durchgang	1,50	0,25	1	0,38		
				Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55		
Raum 14	Waschküche	MF/W - 1	1.2		9,18	5,23	1	47,94	47,22	
				Abzug Wand	3,58	0,20	-1	-0,72		
				Abzüge Stützen	0,00	0,00	-1	0,00		
nicht vermietbare Fläche Lager Gewerbe									Summe MF/G - 0:	144,52
									Summe MF/G - 1.1:	136,64
									Summe MF/G - 1.2:	0,00
									Summe MF/G - 2:	0,00
									Summe MF/W - 0:	0,00
Lager je Wohnung zugeordnet									Summe MF/W - 1.1:	844,22
Waschküche/Gemeinschaftslager									Summe MF/W - 1.2:	121,54

Tabelle D-77: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, mittlere Variabilität (Teil 2 von 4)

Table D-77: Determination of Residential Use, Medium Variability (Part 2 of 4)

Anhang zu Kapitel 5 und 6

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]	
Untergeschoss Tiefgarage											
UG TG	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	2,60	1	16,90	31,18	
					Fahrradraum	3,15	2,23	1	7,01		
					Fahrschach	3,10	1,73	1	5,35		
					Durchgang	1,50	0,25	1	0,38		
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55		
	Treppen	TA2	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	2,60	1	16,90	31,18	
					Fahrradraum	3,15	2,23	1	7,01		
					Fahrschach	3,10	1,73	1	5,35		
					Durchgang	1,50	0,25	1	0,38		
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55		
	Tiefgarage		MF/ G - 0			80,70	15,95	1	1287,17	1304,55	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-23	-2,07		
					Rampenwand	5,00	0,30	-1	-1,50		
					Abzüge TA	7,00	5,43	-2	-7,95		
					Zufahrt Außen	19,00	5,10	1	96,90		
										Summe MF/G - 0:	1366,91
	Stellplätze werden vermietet (Insgesamt 52 Stellplätze)									Fläche Stellplätze (50 SP x (1,35m x 2 x 5 m))+ (2BS x	710,00
										Summe MF/G - 1.1:	0,00
										Summe MF/G - 1.2:	0,00
									Summe MF/G - 2:	0,00	
									Summe MF/W - 0:	0,00	
									Summe MF/W - 1.1:	0,00	
									Summe MF/W - 1.2:	0,00	
Erdgeschoss											
EG	G-Einheit 1	Raum 1	MF/ G - 1	1.1		9,48	13,20	1	125,07	124,71	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-4	-0,36		
	Fahrrad		MF/ W - 0			3,80	7,48	1	28,41	28,32	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
	Flur	F1	MF/ G - 0			2,45	7,73	1	18,93	18,93	
	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	2,60	1	16,90	31,18	
					Fahrradraum	3,15	2,23	1	7,01		
					Fahrschach	3,10	1,73	1	5,35		
					Durchgang	1,50	0,25	1	0,38		
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55		
	G-Einheit 2	Raum 2	MF/ G - 1	1.1		10,55	13,20	1	139,26	139,06	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18		
					Abzüge Stützen	0,30	0,02	-3	-0,02		
	G-Einheit 3	Raum 3	MF/ G - 1	1.1		15,98	13,20	1	210,87	210,15	
					Abzüge Stützen	0,05	0,30	-4	-0,06		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-4	-0,36		
					Abzüge Schacht	0,48	0,64	-1	-0,30		
	G-Einheit 4	Raum 4	MF/ G - 1	1.1		10,58	13,20	1	139,59	139,06	
					Abzüge Stützen	0,05	0,30	-3	-0,05		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18		
					Abzüge Schacht	0,48	0,64	-1	-0,30		
	G-Einheit 5	Raum 5	MF/ G - 1	1.1		10,53	13,20	1	138,93	138,53	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-4	-0,36		
					Abzüge Stützen	0,05	0,30	-3	-0,05		
	Fahrrad		MF/ W - 0			3,80	7,48	1	28,41	28,32	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
	FLur	F2	MF/ G - 0			2,45	7,73	1	18,93	18,93	
	Treppen	TA2	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	2,60	1	16,90	31,18	
					Fahrradraum	3,15	2,23	1	7,01		
					Fahrschach	3,10	1,73	1	5,35		
Durchgang					1,50	0,25	1	0,38			
Installationsschach					3,10	0,50	1	1,55			
Schächte		MF/ G - 0			0,30	0,55	2	0,33	0,33		
G-Einheit 6	Raum 6	MF/ G - 1	1.1		9,48	13,20	1	125,07	124,71		
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-4	-0,36			
									Summe MF/G - 0:	100,55	
									Summe MF/G - 1.1:	876,22	
									Summe MF/G - 1.2:	0,00	
									Summe MF/G - 2:	0,00	
									Summe MF/W - 0:	58,63	
									Summe MF/W - 1.1:	0,00	
									Summe MF/W - 1.2:	0,00	

Tabelle D-78: Nutzungsverflächenermittlung Wohnen, mittlere Variabilität (Teil 3 von 4)

Table D-78: Determination of Residential Use, Medium Variability (Part 3 of 4)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]
1. bis 5. Obergeschoss										
OG	Wohnung 1	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		4,10	3,55	1	14,56	91,14
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
		Bad				2,85	1,80	1	5,13	
		Esszimmer				9,50	7,50	1	71,25	
					Abzweig Schlafen E	1,10	2,00	1	2,20	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18	
					Abzüge Sanitär	3,05	5,73	-1	-17,46	
		Schlafen K				2,90	3,98	1	11,53	
		Klo				2,90	1,45	1	4,21	
Wohnung 2	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		3,60	3,55	1	12,78	62,50	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1		-0,09
				Bad		3,60	1,80	1		6,48
				Esszimmer		5,53	5,50	1		30,39
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1		-0,09
					Abzüge Wand	3,05	0,15	-1		-0,46
				Schlafen K		2,53	3,90	1		9,85
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1		-0,02
				Klo		2,53	1,45	1		3,66
Wohnung 3	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		5,18	3,78	1	19,54	57,76	
					Bad	2,85	1,85	1		5,27
					Essen	5,20	5,53	1		28,73
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-2		-0,03
				Flur		2,18	1,85	1		4,02
					Durchgang	1,50	0,15	1		0,23
Wohnung 4	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		3,55	3,78	1	13,40	57,51	
					Bad	2,85	1,85	1		5,27
					Essen	5,20	5,53	1		28,73
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-2		-0,03
				Flur		2,18	1,85	1		4,02
						3,93	1,50	1		5,89
					Durchgang	1,50	0,15	1		0,23
Wohnung 5	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		3,55	3,78	1	13,40	57,32	
					Bad	2,85	1,85	1		5,27
				Essen		5,20	5,53	1		28,73
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-2		-0,03
				Flur		2,18	1,85	1		4,02
						3,93	1,50	1		5,89
					Durchgang	1,50	0,15	1		0,23
Wohnung 6	Schlafen K1	MF/ W - 1	1.1		3,00	3,90	1	11,70	98,87	
					Schlafen K2	3,00	3,90	1		11,70
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
	Kammer				1,83	1,48	1	2,69		
	Klo				1,50	3,48	1	5,21		
	Bad				1,83	3,48	1	6,34		
	Schlafen E				3,48	3,90	1	13,56		
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
	Essen				4,28	7,53	1	32,17		
				Abzüge Wand	0,60	0,15	-1	-0,09		
	Flur				3,68	0,15	1	0,55		
					4,33	1,48	1	6,38		
					1,60	5,53	1	8,84		
				Abzüge Stützen	0,30	0,03	-1	-0,01		
Treppen	TA1	MF/ W - 0			Treppenlaufraum	6,50	2,60	1	16,90	31,18
					Fahrstuhlraum	3,15	2,23	1	7,01	
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Installationsschach	1,50	0,25	1	0,38	
					Durchgänge	3,10	0,50	1	1,55	
Flur	F1	MF/ W - 0			6,55	1,78	1	11,63	11,63	
Laubengang	F2	MF/ W - 0				15,98	1,55	1	24,76	24,57
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18	

Tabelle D-79: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, mittlere Variabilität (Teil 4 von 4)

Table D-79: Determination of Residential Use, Medium Variability (Part 4 of 4)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]
Wohnung 12	Schlafen E		MF/ W - 1	1.1		4,10	3,55	1	14,56	91,14
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
					Bad	2,85	1,80	1	5,13	
					Esszimmer	9,50	7,50	1	71,25	
					Abzweig Schlafen E	1,10	2,00	1	2,20	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18	
					Abzüge Sanitär	3,05	5,73	-1	-17,46	
					Schlafen K	2,90	3,98	1	11,53	
					Klo	2,90	1,45	1	4,21	
					Wohnung 11	Schlafen E		MF/ W - 1	1.1	
Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09						
Bad	3,50	1,80	1	6,30						
Esszimmer	5,63	5,50	1	30,94						
Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09						
Abzüge Wand	2,21	0,15	-1	-0,33						
Schlafen K	2,53	3,90	1	9,85						
Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02						
Klo	2,53	1,45	1	3,66						
Wohnung 10	Schlafen E		MF/ W - 1	1.1						
					Bad	2,85	1,85	1	5,27	
					Essen	5,20	5,53	1	28,73	
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-2	-0,03	
					Flur	2,18	1,85	1	4,02	
					Durchgang	1,50	0,15	1	0,23	
Wohnung 9	Schlafen E		MF/ W - 1	1.1		3,55	3,78	1	13,40	57,51
					Bad	2,85	1,85	1	5,27	
					Essen	5,20	5,53	1	28,73	
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-2	-0,03	
					Flur	2,18	1,85	1	4,02	
					Durchgang	3,93	1,50	1	5,89	
Wohnung 8	Schlafen E		MF/ W - 1	1.1		3,55	3,78	1	13,40	57,32
					Bad	2,85	1,85	1	5,27	
					Essen	5,20	5,53	1	28,73	
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-2	-0,03	
					Abzüge Schacht	0,33	0,60	-1	-0,20	
					Flur	2,18	1,85	1	4,02	
Wohnung 7	Schlafen K1		MF/ W - 1	1.1		3,00	3,90	1	11,70	98,87
					Schlafen K2	3,00	3,90	1	11,70	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
					Kammer	1,83	1,48	1	2,69	
					Klo	1,50	3,48	1	5,21	
					Bad	1,83	3,48	1	6,34	
					Schlafen E	3,48	3,90	1	13,56	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
					Essen	4,28	7,53	1	32,17	
					Abzüge Wand	0,60	0,15	-1	-0,09	
Treppen	TA2		MF/ W - 0		Treppenlaufraum	6,50	2,60	1	16,90	31,18
					Fahrradraum	3,15	2,23	1	7,01	
					Fahrradschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Installationsschacht	1,50	0,25	1	0,38	
					Durchgänge	3,10	0,50	1	1,55	
					Flur	F3	MF/ W - 0			
Schächte		MF/ W - 0			0,30	0,55	2	0,33	0,33	
Flur	F4		MF/ W - 0			15,98	1,55	1	24,76	24,57
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18	
Summe MF/G - 0:									0,00	
Summe MF/G - 1.1:									0,00	
Summe MF/G - 1.2:									0,00	
Summe MF/G - 2:									0,00	
Summe MF/W - 0:									135,08	
Summe MF/W - 1.1:									850,31	
Summe MF/W - 1.2:									0,00	

Tabelle D-80: Nutzungsflächenermittlung gemischte Nutzung, mittlere Variabilität (Teil 1 von 5)

Table D-80: Determination of Mixed Use, Medium Variability (Part 1 of 5)

	MF/ G - 0 [m ²]	MF/ G - 1.1 [m ²]	MF/ G - 1.2 [m ²]	MF/ G - 1 [m ²]	MF/ G - 2 [m ²]	MF/ W - 0 [m ²]	MF/ W - 1.1 [m ²]	MF/ W - 1.2 [m ²]	MF/ W - 1 [m ²]	
UG Lager	144,61	229,70	27,14	256,84	844,22	0,00	0,00	0,00	0,00	Hotel
UG TG	1366,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Wohnen
EG	100,55	876,22	0,00	876,22	0,00	56,63	0,00	0,00	0,00	Büro
1. OG	79,84	972,82	0,00	972,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Gewerbe
2. OG	79,84	972,82	0,00	972,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	nicht vermietbar
3. OG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	135,47	851,80	0,00	851,80	Sonstige Flächen
4. OG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	135,47	851,80	0,00	851,80	
5. OG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	135,47	851,80	0,00	851,80	
Σ	1771,73 m ²	3051,56 m ²	27,14 m ²	3078,70 m ²	844,22 m ²	463,03 m ²	2555,39 m ²	0,00 m ²	2555,39 m ²	

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]	
Untergeschoss Lager											
UG Lager	Raum 1					32,15	10,53	1	338,54	338,07	
			MF/ G - 2		Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45		
	Raum 2					20,05	10,53	1	211,13	210,84	
			MF/ G - 2			0,30	0,05	-1	-0,02		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-3	-0,27		
	Raum 3					28,10	10,53	1	295,75	295,30	
			MF/ G - 2			0,30	0,30	-5	-0,45		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45		
	Lager	Gewerbe 1		MF/ G - 1	1.1		3,80	5,23	1	19,86	19,86
	Lager	Gewerbe 2		MF/ G - 1	1.1		5,18	5,23	1	27,07	26,98
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Treppen	TA1				Treppenlaufraum	6,50	2,60	1	16,90	31,18
						Fahrstuhlvorraum	3,15	2,23	1	7,01	
				MF/ G - 0		Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	
						Durchgang	1,50	0,25	1	0,38	
						Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
	Technik 1			MF/ G - 0			7,88	5,23	1	41,21	41,12
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Gewerbe 3		MF/ G - 1	1.1		6,55	5,23	1	34,22	34,13
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Gewerbe 4		MF/ G - 1	1.1		6,55	5,23	1	34,22	34,12
						Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02	
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Hausverwalt		MF/ G - 2	1.1		5,20	5,23	1	27,17	27,14
						Abzüge Stützen	0,30	0,05	-2	-0,03	
	Lager	Gewerbe 5		MF/ G - 1	1.1		6,50	5,23	1	34,00	33,89
							0,30	0,05	-1	-0,02	
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Gewerbe 6		MF/ G - 1	1.1		6,50	5,23	1	33,96	33,87
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
Technik 2			MF/ G - 0			7,88	5,23	1	41,21	41,12	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
Treppen	TA2				Treppenlaufraum	6,50	2,60	1	16,90	31,18	
					Fahrstuhlraum	3,15	2,23	1	7,01		
			MF/ G - 0		Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35		
					Durchgang	1,50	0,25	1	0,38		
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55		
Lager	Gewerbe 7		MF/ G - 1	1.1		5,18	5,23	1	27,09	27,00	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
Lager	Gewerbe 8		MF/ G - 1	1.1		3,80	5,23	1	19,86	19,86	
									Summe MF/G - 0:	144,61	
									Summe MF/G - 1.1:	229,70	
									Summe MF/G - 1.2:	27,14	
									Summe MF/G - 2:	844,22	

wird nicht oder nur zu reduziertem Mietpreis an Gewerbeeinheiten vermietet
wird nicht vermietet, Betriebskosten werden aber umgelegt
Flächen aufgeteilt auf Büro/Wohnen

Tabelle D-81: Nutzungsflächenermittlung gemischte Nutzung, mittlere Variabilität (Teil 2 von 5)

Table D-81: Determination of Mixed Use, Medium Variability (Part 2 of 5)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]
Untergeschoss Tiefgarage										
UG TG	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	2,60	1	16,90	31,18
					Fahrradraum	3,15	2,23	1	7,01	
					Fahrradschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Durchgang	1,50	0,25	1	0,38	
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
	Treppen	TA2	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	2,60	1	16,90	31,18
					Fahrradraum	3,15	2,23	1	7,01	
					Fahrradschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Durchgang	1,50	0,25	1	0,38	
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
	Tiefgarage		MF/ G - 0			80,70	15,95	1	1287,17	1304,55
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-23	-2,07	
					Rampenwand	5,00	0,30	-1	-1,50	
					Abzüge TA	7,00	5,43	-2	-75,95	
					Zufahrt Außen	19,00	5,10	1	96,90	
										Summe MF/G - 0:
Stellplätze werden vermietet (Insgesamt 52 Stellplätze)									Fläche Stellplätze (50 SP x (1,35m x 2 x 5 m)) + (2BS x 2 x 5 m)	710,00
									Summe MF/G - 1.1:	0,00
									Summe MF/G - 1.2:	0,00
									Summe MF/G - 2:	0,00

Erdgeschoss

EG	G-Einheit 1	Raum 1	MF/ G - 1	1.1		9,48	13,20	1	125,07	124,71
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-4	-0,36	
	Fahrrad		MF/ W - 0			3,80	7,48	1	28,41	28,32
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Flur	F1	MF/ G - 0			2,45	7,73	1	18,93	18,93
	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	2,60	1	16,90	31,18
					Fahrradraum	3,15	2,23	1	7,01	
					Fahrradschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Durchgang	1,50	0,25	1	0,38	
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
	G-Einheit 2	Raum 2	MF/ G - 1	1.1		10,55	13,20	1	139,26	139,06
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18	
					Abzüge Stützen	0,30	0,02	-3	-0,02	
	G-Einheit 3	Raum 3	MF/ G - 1	1.1		15,98	13,20	1	210,87	210,15
					Abzüge Stützen	0,05	0,30	-4	-0,06	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-4	-0,36	
					Abzüge Schacht	0,48	0,64	-1	-0,30	
	G-Einheit 4	Raum 4	MF/ G - 1	1.1		10,58	13,20	1	139,59	139,06
					Abzüge Stützen	0,05	0,30	-3	-0,05	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18	
					Abzüge Schacht	0,48	0,64	-1	-0,30	
	G-Einheit 5	Raum 5	MF/ G - 1	1.1		10,53	13,20	1	138,93	138,53
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-4	-0,36	
					Abzüge Stützen	0,05	0,30	-3	-0,05	
	Fahrrad		MF/ W - 0			3,80	7,48	1	28,41	28,32
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	FLur	F2	MF/ G - 0			2,45	7,73	1	18,93	18,93
	Treppen	TA2	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	2,60	1	16,90	31,18
					Fahrradraum	3,15	2,23	1	7,01	
					Fahrradschacht	3,10	1,73	1	5,35	
Durchgang					1,50	0,25	1	0,38		
Installationsschach					3,10	0,50	1	1,55		
Schächte		MF/ G - 0			0,30	0,55	2	0,33	0,33	
G-Einheit 6	Raum 6	MF/ G - 1	1.1		9,48	13,20	1	125,07	124,71	
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-4	-0,36		
									Summe MF/G - 0:	100,55
									Summe MF/G - 1.1:	876,22
									Summe MF/G - 1.2:	0,00
									Summe MF/G - 2:	0,00
									Summe MF/W - 0:	56,63
									Summe MF/W - 1.1:	0,00
									Summe MF/W - 1.2:	0,00

Tabelle D-82: Nutzungsflächenermittlung gemischte Nutzung, mittlere Variabilität (Teil 3 von 5)

Table D-82: Determination of Mixed Use, Medium Variability (Part 3 of 5)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]	
1. und 2. Obergeschoss											
	Büro gesamt		MF/ G - 1			81,30	13,20	1	1073,16	972,82	
				Abzüge Stützen		0,3	0,3	-26	-2,34		
				Abzüge Stützen		0,3	0,03	-4	-0,03		
				Abzüge Brandwand		13,2	0,3	-1	-3,96		
				Abzüge TA1		7	5,73	-1	-40,11		
				Abzüge TA2		7,7	7	-1	-53,9		
	Treppen TA 1		MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	3,00	1	19,50	34,07	
				Fahrstuhlraum		3,15	2,23	1	7,01		
				Fahrstuhlschacht		3,10	1,73	1	5,35		
				Installationsschach		3,10	0,50	1	1,55		
				Abzüge Stützen		0,30	0,30	-1	-0,09		
				Durchgänge		1,50	0,25	2	0,75		
	Treppen TA2		MF/ G - 0		Treppenlaufraum	6,50	3,00	1	19,50	45,44	
				Fahrstuhlraum		3,15	2,23	1	7,01		
				Fahrstuhlschacht		3,10	1,73	1	5,35		
				Abzüge Stützen		0,30	0,30	-1	-0,09		
				Installationsschach		3,10	0,50	1	1,55		
				Vorraum		6,50	1,75	1	11,38		
			Durchgänge		1,50	0,25	2	0,75			
	Schächte		MF/ G - 0			0,55	0,30	2	0,33	0,33	
									Summe MF/G - 0:	79,84	
									Summe MF/G - 1.1:	972,82	
									Summe MF/G - 1.2:	0,00	
									Summe MF/G - 2:	0,00	
3. bis 5. Obergeschoss											
OG	Wohnung 1	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		4,10	3,55	1	14,56	91,41	
					Abzüge Stützen		0,00	0,00	-1		0,00
		Bad					2,85	1,80	1		5,13
		Esszimmer					9,50	7,50	1		71,25
					Abzweig Schlafen E		1,10	2,00	1		2,20
					Abzüge Stützen		0,00	0,00	-2		0,00
					Abzüge Sanitär		3,05	5,73	-1		-17,46
		Schlafen K					2,90	3,98	1		11,53
		Klo					2,90	1,45	1		4,21
	Wohnung 2	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		3,60	3,55	1	12,78	62,69	
					Abzüge Stützen		0,00	0,00	-1		0,00
		Bad					3,60	1,80	1		6,48
		Esszimmer					5,53	5,50	1		30,39
					Abzüge Stützen		0,00	0,00	-1		0,00
					Abzüge Wand		3,05	0,15	-1		-0,46
		Schlafen K					2,53	3,90	1		9,85
					Abzüge Stützen		0,00	0,05	-1		0,00
		Klo			2,53	1,45	1	3,66			
	Wohnung 3	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		5,18	3,78	1	19,54	57,79	
		Bad					2,85	1,85	1		5,27
		Essen					5,20	5,53	1		28,73
					Abzüge Stützen		0,00	0,05	-2		0,00
		Flur					2,18	1,85	1		4,02
					Durchgang		1,50	0,15	1		0,23
	Wohnung 4	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		3,55	3,78	1	13,40	57,54	
		Bad					2,85	1,85	1		5,27
		Essen					5,20	5,53	1		28,73
					Abzüge Stützen		0,00	0,05	-2		0,00
		Flur					2,18	1,85	1		4,02
							3,93	1,50	1		5,89
					Durchgang		1,50	0,15	1		0,23
	Wohnung 5	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		3,55	3,78	1	13,40	57,35	
		Bad					2,85	1,85	1		5,27
		Essen					5,20	5,53	1		28,73
					Abzüge Stützen		0,00	0,05	-2		0,00
		Flur					2,18	1,85	1		4,02
							3,93	1,50	1		5,89
					Abzüge Schacht		0,33	0,60	-1		-0,20
					Durchgang		1,50	0,15	1		0,23

Tabelle D-83: Nutzungsflächenermittlung gemischte Nutzung, mittlere Variabilität (Teil 4 von 5)

Table D-83: Determination of Mixed Use, Medium Variability (Part 4 of 5)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]	
Wohnung 6	Schlafen K1		MF/ W - 1	1.1		3,00	3,90	1	11,70	99,06	
						3,00	3,90	1	11,70		
	Abzüge Stützen	0,00			0,00	-1	0,00				
	Kammer	1,83			1,48	1	2,69				
	Klo	1,50			3,48	1	5,21				
	Bad	1,83			3,48	1	6,34				
	Schlafen E	3,48			3,90	1	13,56				
	Abzüge Stützen	0,00			0,00	-1	0,00				
	Essen	4,28			7,53	1	32,17				
	Abzüge Wand	0,60			0,15	-1	-0,09				
	Flur	3,68			0,15	1	0,55				
		4,33			1,48	1	6,38				
		1,60			5,53	1	8,84				
	Treppen	TA1				MF/ W - 0		Abzüge Stützen	0,00		0,03
			Treppenlaufraum	6,50				2,60	1	16,90	
			Fahrradraum	3,15				2,23	1	7,01	
			Fahrradschacht	3,10				1,73	1	5,35	
			Installationsschach	1,50				0,25	1	0,38	
	Flur	3,10	0,50	1	1,55						
	Flur	F1		MF/ W - 0		6,55	1,78	1	11,63	11,63	
	Laubengang	F2		MF/ W - 0			15,98	1,55	1	24,76	24,76
						Abzüge Stützen	0,00	0,05	-1	0,00	
						Abzüge Stützen	0,00	0,00	-2	0,00	
	Wohnung 12	Schlafen E		MF/ W - 1	1.1		4,10	3,55	1	14,56	91,41
						Abzüge Stützen	0,00	0,00	-1	0,00	
						Bad	2,85	1,80	1	5,13	
						Esszimmer	9,50	7,50	1	71,25	
Abzweig Schlafen E						1,10	2,00	1	2,20		
Abzüge Stützen						0,00	0,00	-2	0,00		
Abzüge Sanitär						3,05	5,73	-1	-17,46		
Schlafen K						2,90	3,98	1	11,53		
Klo	2,90	1,45	1	4,21							
Wohnung 11	Schlafen E		MF/ W - 1	1.1		3,50	3,55	1	12,43	62,83	
					Abzüge Stützen	0,00	0,00	-1	0,00		
					Bad	3,50	1,80	1	6,30		
					Esszimmer	5,63	5,50	1	30,94		
					Abzüge Stützen	0,00	0,00	-1	0,00		
					Abzüge Wand	2,21	0,15	-1	-0,33		
					Schlafen K	2,53	3,90	1	9,85		
					Abzüge Stützen	0,00	0,05	-1	0,00		
Klo	2,53	1,45	1	3,66							
Wohnung 10	Schlafen E		MF/ W - 1	1.1		5,18	3,78	1	19,54	57,79	
					Bad	2,85	1,85	1	5,27		
					Essen	5,20	5,53	1	28,73		
					Abzüge Stützen	0,00	0,05	-2	0,00		
					Flur	2,18	1,85	1	4,02		
					Durchgang	1,50	0,15	1	0,23		
Wohnung 9	Schlafen E		MF/ W - 1	1.1		3,55	3,78	1	13,40	57,54	
					Bad	2,85	1,85	1	5,27		
					Essen	5,20	5,53	1	28,73		
					Abzüge Stützen	0,00	0,05	-2	0,00		
					Flur	2,18	1,85	1	4,02		
						3,93	1,50	1	5,89		
					Durchgang	1,50	0,15	1	0,23		

Tabelle D-84: Nutzungsflächenermittlung gemischte Nutzung, mittlere Variabilität (Teil 5 von 5)

Table D-84: Determination of Mixed Use, Medium Variability (Part 5 of 5)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]
	Wohnung 8	Schlafen E	MF/W - 1	1.1		3,55	3,78	1	13,40	57,35
		Bad				2,85	1,85	1	5,27	
		Essen				5,20	5,53	1	28,73	
		Flur			Abzüge Stützen	0,00	0,05	-2	0,00	
					Abzüge Schacht	0,33	0,60	-1	-0,20	
						2,18	1,85	1	4,02	
						3,93	1,50	1	5,89	
		Durchgang	1,50	0,15	1	0,23				
	Wohnung 7	Schlafen K1	MF/W - 1	1.1		3,00	3,90	1	11,70	99,06
		Schlafen K2				3,00	3,90	1	11,70	
					Abzüge Stützen	0,00	0,00	-1	0,00	
		Kammer				1,83	1,48	1	2,69	
		Klo				1,50	3,48	1	5,21	
		Bad				1,83	3,48	1	6,34	
		Schlafen E				3,48	3,90	1	13,56	
					Abzüge Stützen	0,00	0,00	-1	0,00	
		Essen				4,28	7,53	1	32,17	
					Abzüge Wand	0,60	0,15	-1	-0,09	
		Flur				3,68	0,15	1	0,55	
						4,33	1,48	1	6,38	
						1,60	5,53	1	8,84	
					Abzüge Stützen	0,00	0,03	-1	0,00	
	Treppen	TA2	MF/W - 0		Treppenlaufraum	6,50	2,60	1	16,90	31,18
					Fahrradraum	3,15	2,23	1	7,01	
					Fahrradschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Installationsschacht	1,50	0,25	1	0,38	
					Durchgänge	3,10	0,50	1	1,55	
Flur	F3	MF/W - 0			6,55	1,78	1	11,63	11,63	
Schächte		MF/W - 0			0,30	0,55	2	0,33	0,33	
Flur	F4	MF/W - 0			15,98	1,55	1	24,76	24,76	
				Abzüge Stützen	0,00	0,05	-1	0,00		
				Abzüge Stützen	0,00	0,00	-2	0,00		
									Summe MF/G - 0:	0,00
									Summe MF/G - 1.1:	0,00
									Summe MF/G - 1.2:	0,00
									Summe MF/G - 2:	0,00
									Summe MF/W - 0:	135,47
									Summe MF/W - 1.1:	851,80
									Summe MF/W - 1.2:	0,00

Tabelle D-85: Nutzungsflächenermittlung Büro, hohe Variabilität (Teil 1 von 3)

Table D-85: Determination of Office Use, High Variability (Part 1 of 3)

	MF/ G - 0 [m ²]	MF/ G - 1.1 [m ²]	MF/ G - 1.2 [m ²]	MF/ G - 1 [m ²]	MF/ G - 2 [m ²]	
UG Lager	203,50	197,10	0,00	197,10	844,12	Hotel
UG TG	1360,21	0,00	0,00	0,00	0,00	Wohnen
EG	130,00	907,66	0,00	907,66	0,00	Büro
1. OG	106,30	938,85	0,00	938,85	0,00	Gewerbe
2. OG	106,30	938,85	0,00	938,85	0,00	nicht vermietbar
3. OG	106,30	938,85	0,00	938,85	0,00	Sonstige Flächen
4. OG	106,30	938,85	0,00	938,85	0,00	
5. OG	106,30	938,85	0,00	938,85	0,00	
Σ	2225,19 m ²	5799,04 m ²	0,00 m ²	5799,04 m ²	844,12 m ²	

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]	
Untergeschoss Lager											
UG Lager	Raum 1		MF/ G - 2			32,15	10,53	1	338,54	338,07	
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45		
	Raum 2		MF/ G - 2			20,05	10,53	1	211,03	210,74	
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-3	-0,27		
	Raum 3		MF/ G - 2			28,10	10,53	1	295,75	295,30	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45		
	Lager	Gewerbe1		MF/ G - 1	1.1		7,83	5,23	1	40,95	40,86
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Treppen	TA2		MF/ G - 0		Vorraum	2,45	5,18	1	12,68	38,16
						Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	
						Materiallift	1,80	2,23	1	4,01	
						Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
						Treppenlauf	5,40	2,70	1	14,58	
	Technik1			MF/ G - 0			9,23	5,23	1	48,23	48,14
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Gewerbe2		MF/ G - 1	1.1		5,20	5,23	1	27,20	27,11
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Gewerbe3		MF/ G - 1	1.1		6,53	5,23	1	34,15	34,06
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Technik2			MF/ G - 0			3,83	5,23	1	20,00	20,00
	Treppen	TA3 mitte		MF/ G - 0			5,15	1,83	1	9,40	24,89
						Treppenlauf	1,35	2,10	2	5,67	
						Zwischenpodest	5,15	1,25	1	6,44	
						Fahrstuhlschacht	2,05	1,65	1	3,38	
	Lager	Gewerbe4		MF/ G - 1	1.1		5,20	5,23	1	27,20	27,11
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Gewerbe5		MF/ G - 1	1.1		5,20	5,23	1	27,20	27,11
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
Technik3			MF/ G - 0			6,53	5,23	1	34,15	34,15	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
Treppen	TA1		MF/ G - 0		Vorraum	2,45	5,18	1	12,68	38,16	
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35		
					Materiallift	1,80	2,23	1	4,01		
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55		
					Treppenlauf	5,40	2,70	1	14,58		
Lager	Gewerbe6		MF/ G - 1	1.1		7,83	5,23	1	40,95	40,86	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
									Summe MF/G - 0:	203,50	
wird nicht oder nur zu reduziertem Mietpreis an Gewerbeeinheiten vermietet									Summe MF/G - 1.1:	197,10	
									Summe MF/G - 1.2:	0,00	
wird zu reduziertem Mietpreis an Büroeinheiten vermietet									Summe MF/G - 2:	844,12	

Tabelle D-86: Nutzungsfächenermittlung Büro, hohe Variabilität (Teil 2 von 3)

Table D-86: Determination of Office Use, High Variability (Part 2 of 3)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]
Untergeschoss Tiefgarage										
UGTG	Treppen	TA1	MF/G - 0		Vorraum	2,45	5,18	1	12,68	38,16
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Materiallift	1,80	2,23	1	4,01	
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
					Treppenlauf	5,40	2,70	1	14,58	
	Treppen	TA2	MF/G - 0		Vorraum	2,45	5,18	1	12,68	38,16
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Materiallift	1,80	2,23	1	4,01	
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
					Treppenlauf	5,40	2,70	1	14,58	
	Treppen	TA3 mitte	MF/G - 0			5,15	1,83	1	9,40	24,89
					Treppenlauf	1,35	2,10	2	5,67	
					Zwischenpodest	5,15	1,25	1	6,44	
					Fahrstuhlschacht	2,05	1,65	1	3,38	
	Tiefgarage		MF/G - 0			80,70	15,95	1	1287,17	1259,00
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-23	-2,07	
					Rampenwand	5,00	0,35	-1	-1,75	
					Abzüge TA1 und TA	8,35	5,43	-2	-90,60	
					Abzüge TA3 mitte	5,65	5,43	-1	-30,65	
					Zufahrt Außen	19,00	5,10	1	96,90	
Summe MF/G - 0:									1360,21	
Stellplätze werden vermietet (Insgesamt 48 Stellplätze)										
Fläche Stellplätze (46 SP x (1,35m x 5 m))+ (2BS x (3									656,00	
Summe MF/G - 1.1:									0,00	
Summe MF/G - 1.2:									0,00	
Summe MF/G - 2:									0,00	

Erdgeschoss

EG	G-Einheit 1	Raum 1	MF/G - 1	1.1		13,53	13,20	1	178,53	147,17			
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45				
					Abzüge TA1	5,40	5,73	-1	-30,92				
	Treppen	TA1	MF/G - 0		Vorraum	2,45	5,48	1	13,41	40,52			
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35				
					Materiallift	1,80	2,23	1	4,01				
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55				
					Treppenlauf	5,40	3,00	1	16,20				
	G-Einheit 2	Raum 2	MF/G - 1	1.1		29,45	13,20	1	388,74	341,60			
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-8	-0,72				
					Abzüge Stützen	0,30	0,03	-1	-0,01				
					Abzüge TA1	2,70	5,73	-1	-15,47				
					Abzüge TA3	5,40	5,73	-1	-30,94				
	Treppen	TA3 mitte	MF/G - 0			5,15	1,83	1	9,40	38,81			
					Treppenlauf	1,35	2,10	2	5,67				
					Zwischenpodest	5,15	1,25	1	6,44				
					Fahrstuhlschacht	2,05	1,65	1	3,38				
					Durchgang	0,25	1,50	1	0,38				
					Vorraum	2,48	5,48	1	13,55				
	G-Einheit 3	Raum 3	MF/G - 1	1.1		10,58	13,20	1	139,59	124,04			
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18				
					Abzüge Stützen	0,30	0,03	-3	-0,02				
					Abzüge TA3	2,68	5,73	-1	-15,34				
	G-Einheit 4	Raum 5	MF/G - 1	1.1		14,63	13,20	1	193,05	161,68			
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-3	-0,27				
					Abzüge Stützen	0,30	0,03	-2	-0,02				
					Abzüge TA2	4,05	7,68	-1	-31,08				
	G-Einheit 5	Raum 5	MF/G - 1	1.1		12,18	13,20	1	160,71	133,17			
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45				
					Abzüge TA2	4,05	5,73	-1	-23,19				
Abzüge TA2 V.trakt					2,00	1,95	-1	-3,90					
Vorraum					2,45	5,70	1	13,41					
Treppen	TA2	MF/G - 0		Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	50,67				
				Materiallift	1,80	2,23	1	4,01					
				Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55					
				Treppenlauf	5,40	3,00	1	16,20					
				Verbindungstrakt	5,80	1,75	1	10,15					
Summe MF/G - 0:									130,00				
Summe MF/G - 1.1:									907,66				
Summe MF/G - 1.2:									0,00				
Summe MF/G - 2:									0,00				

Tabelle D-87: Nutzungsflächenermittlung Büro, hohe Variabilität (Teil 3 von 3)

Table D-87: Determination of Office Use, High Variability (Part 2 of 3)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]
1. bis 5. Obergeschoss										
	Büro gesamt		MF/ G - 1			81,3	13,20	1	1073,16	938,85
					Abzüge Stützen	0,3	0,3	-25	-2,25	
					Abzüge Stützen	0,3	0,03	-4	-0,03	
					Abzüge Brandwand	13,20	0,30	-1	-3,96	
					Abzüge TA1 und TA2	8,35	5,73	-2	-95,69	
				Abzüge TA 3	5,65	5,73	-1	-32,37		
	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	2,45	5,48	1	13,41	40,52
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Materiallift	1,80	2,23	1	4,01	
					Installationsschacht	3,10	0,50	1	1,55	
				Treppenlauf	5,40	3,00	1	16,20		
	Treppen	TA2	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	2,45	5,48	1	13,41	40,52
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Materiallift	1,80	2,23	1	4,01	
					Installationsschacht	3,10	0,50	1	1,55	
				Treppenlauf	5,40	3,00	1	16,20		
	Treppen	TA3 mitte	MF/ G - 0			5,15	1,83	1	9,40	25,26
					Treppenlauf	1,35	2,10	2	5,67	
					Zwischenpodest mit	5,15	1,25	1	6,44	
					Fahrstuhlschacht	2,05	1,65	1	3,38	
					Durchgang	0,25	1,50	1	0,38	
									Summe MF/G - 0:	106,30
									Summe MF/G - 1.1:	938,85
									Summe MF/G - 1.2:	0,00
									Summe MF/G - 2:	0,00

Tabelle D-88: Nutzungsflächenermittlung Hotel, hohe Variabilität (Teil 1 von 3)

Table D-88: Determination of Hotel Use, High Variability (Part 1 of 3)

	MF/G - 0 [m²]	MF/G - 1.1 (Gewerbe) [m²]	MF/G - 1.2 (Hotel) [m²]	MF/G - 1 [m²]	MF/G - 2 [m²]	
UG Lager	230,94	119,12	855,82	974,94	0,00	
UG TG	1353,57	0,00	0,00	0,00	0,00	Hotel
EG	125,86	454,39	432,80	887,19	0,00	Wohnen
1. OG	101,21	0,00	936,15	936,15	0,00	Büro
2. OG	101,21	0,00	936,15	936,15	0,00	Gewerbe
3. OG	101,21	0,00	936,15	936,15	0,00	nicht vermietbar
4. OG	101,21	0,00	936,15	936,15	0,00	Sonstige Flächen
5. OG	101,21	0,00	936,15	936,15	0,00	
Σ	2216,43 m²	573,51 m²	5969,40 m²	6542,91 m²	0,00 m²	

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m²]	Fläche d. Einheit [m²]	
Untergeschoss Lager											
UG Lager	DuH		MF/G - 1		Abzüge Stützen	5,18	3,13	1	16,17	16,17	
						0,08	0,08	-1	-0,01		
	UmH		MF/G - 1		Abzüg Ausgang	5,18	5,28	1	27,30	25,54	
						1,25	1,40	-1	-1,75		
						Abzüge Stützen	0,08	0,08	-1	-0,01	
	DuD		MF/G - 1		Abzüge Stützen	5,18	3,13	1	16,17	16,17	
						0,08	0,08	-1	-0,01		
	UmD		MF/G - 1		Abzüge Stützen	5,18	5,28	1	27,30	25,54	
						1,25	1,40	-1	-1,75		
						Abzüge Stützen	0,09	0,08	-1	-0,01	
	Sanitär		MF/G - 1				5,20	8,55	1	44,46	44,46
	Lküche		MF/G - 1	1.1		Abzüge Stützen	6,60	8,55	1	56,43	56,36
							0,30	0,30	-1	-0,05	
						Abzüge Stützen	0,30	0,08	-1	-0,02	
	Kühllager		MF/G - 1	1.1		Abzüge Stützen	5,25	8,55	1	44,89	44,80
							0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Hotel	MF/G - 1	1.1		Abzüge Stützen	3,88	8,55	1	33,13	33,08
							0,30	0,08	-2	-0,05	
	Raum1		MF/G - 1			Abzüge Stützen	20,75	10,53	1	218,39	218,11
							0,30	0,05	-1	-0,02	
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-3	-0,27	
	Raum2		MF/G - 1			Abzüge Stützen	27,40	10,53	1	288,39	287,94
							0,30	0,30	-5	-0,45	
	Lager G1		MF/G - 1	1.1		Abzüge Stützen	7,83	5,20	1	40,69	40,60
							0,30	0,30	-1	-0,09	
	Treppen	TA1				Vorraum	2,45	5,18	1	12,68	38,16
						Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	
			MF/G - 0			Materiallift	1,80	2,23	1	4,01	
						Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
						Treppenlauf	5,40	2,70	1	14,58	
	Technik1		MF/G - 0			Abzüge Stützen	11,23	5,20	1	58,37	58,19
							0,30	0,30	-2	-0,18	
	Lager		MF/G - 1			Abzüge Stützen	9,93	5,20	1	51,61	51,61
						0,30	0,30	-2	-0,18		
Treppen	TA3 mitte	MF/G - 0			Treppenlauf	5,15	1,83	1	9,40	24,89	
					Zwischenpodest	1,35	2,10	2	5,67		
					Fahrstuhlschacht	5,15	1,25	1	6,44		
						2,05	1,65	1	3,38		
Lager		MF/G - 1	1.1			5,18	5,20	1	26,91	26,91	
Archiv	Hotel	MF/G - 1	1.1		Abzüge Stützen	6,55	5,20	1	34,06	34,06	
						0,30	0,30	-2	-0,18		
EDV		MF/G - 1				2,50	5,20	1	13,00	13,00	
Technik2		MF/G - 0			Abzüge Stützen	6,53	5,20	1	33,93	33,84	
						0,30	0,30	-1	-0,09		
Treppen	TA1				Vorraum	2,45	5,18	1	12,68	38,16	
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35		
		MF/G - 0			Materiallift	1,80	2,23	1	4,01		
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55		
					Treppenlauf	5,40	2,70	1	14,58		
Werkstatt		MF/G - 1	1.1		Abzüge Stützen	7,83	5,20	1	40,69	40,60	
						0,30	0,30	-1	-0,09		
Flur	F1	MF/G - 0			Umkleiden Ausgan	32,15	1,80	1	33,95	37,70	
						2,35	1,40	1	3,75		
									Summe MF/G - 0:	230,94	
									Summe MF/G - 1.1 (Gewerbe):	119,12	
									Summe MF/G - 1.1 (Hotel):	855,82	
									Summe MF/G - 1.2:	0,00	
									Summe MF/G - 2:	0,00	

Tabelle D-89: Nutzungsflächenermittlung Hotel, hohe Variabilität (Teil 2 von 3)

Table D-89: Determination of Hotel Use, High Variability (Part 2 of 3)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]
Untergeschoss Tiefgarage										
UG TG	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	2,45	5,18	1	12,68	38,16
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Materiallift	1,80	2,23	1	4,01	
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
					Treppenlauf	5,40	2,70	1	14,58	
	Treppen	TA2	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	2,45	5,18	1	12,68	38,16
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Materiallift	1,80	2,23	1	4,01	
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
					Treppenlauf	5,40	2,70	1	14,58	
	Treppen	TA3 mitte	MF/ G - 0		Treppenlauf	5,15	1,83	1	9,40	24,89
					Treppenlauf	1,35	2,10	2	5,67	
					Zwischenpodest	5,15	1,25	1	6,44	
					Fahrstuhlschacht	2,05	1,65	1	3,38	
	Tiefgarage		MF/ G - 0		Treppenlauf	80,70	15,95	1	1287,17	1252,36
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-21	-1,89	
					Rampenwand	5,00	0,35	-1	-1,75	
					Abzüge TA außen	8,35	5,73	-2	-95,69	
					Abzüge TA mitte	5,65	5,73	-1	-32,37	
					Zufahrt Außen	19,00	5,10	1	96,90	
Summe MF/G - 0:									1353,57	
Summe MF/G - 1.1:									0,00	
Summe MF/G - 1.2:									0,00	
Summe MF/G - 2:									0,00	

Erdgeschoss

EG	Hotel	Sanitär	MF/ G - 1	1.1		6,90	2,05	1	14,15	14,15
	Hotel	Empfang	MF/ G - 1	1.1		22,98	13,20	1	303,27	226,42
					Hinterzimmer Reze	3,80	3,70	1	14,06	
					Durchgang	0,25	1,05	1	0,26	
					Cafe + Bar	4,85	2,05	1	9,94	
					Abstellkammer1	2,00	1,90	1	3,80	
					Abzüge Wand TA	2,00	0,25	-1	-0,50	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-8	-0,72	
					Abzüge Leseraum	0,25	4,50	-1	-1,13	
					Abzüge Sanitär	7,20	4,40	-1	-31,68	
					Abzüge Gepäck	4,05	5,70	-1	-23,09	
		Abzüge TA	8,35	5,73	-1	-47,80				
	Hotel	Gepäck	MF/ G - 1	1.1		3,80	1,60	1	6,08	6,08
	Hotel	Küchenräume	MF/ G - 1	1.1		14,60	5,50	1	80,30	76,43
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18	
		Abzüge Wände	18,40	0,20	-1	-3,68				
	Hotel	Frühstück	MF/ G - 1	1.1		14,60	7,50	1	109,50	109,73
					Abzüge Stützen	2,00	0,25	1	0,50	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-3	-0,27	
	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	2,45	5,18	1	12,68	38,16
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Materiallift	1,80	2,23	1	4,01	
Installationsschach					3,10	0,50	1	1,55		
Treppenlauf					5,40	2,70	1	14,58		
G-Einheit 1	Raum 1	MF/ G - 1	1.1		14,60	13,20	1	192,72	146,21	
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-3	-0,27		
				Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02		
				Abzug TA3	8,08	5,73	-1	-46,23		

Tabelle D-90: Nutzungsflächenermittlung Hotel, hohe Variabilität (Teil 3 von 3)

Table D-90: Determination of Hotel Use, High Variability (Part 3 of 3)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]	
EG	Treppen	TA3 mitte	MF/ G - 0			5,10	1,70	1	8,67	35,80	
					Treppenlauf	1,35	2,18	1	2,94		
					Zwischenpodest	5,10	1,30	1	6,63		
					Eingang	0,25	1,50	1	0,38		
					Durchgang	2,48	5,48	1	13,55		
					Fahrstuhlschacht	2,05	1,78	1	3,64		
	G-Einheit 2	Raum 2	MF/ G - 1	1.1		20,00	13,20	1	264,00	201,29	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-6	-0,54		
					Abzüge TA2	8,10	7,68	-1	-62,17		
	Treppen	TA2	MF/ G - 0			2,45	5,18	1	12,68	51,90	
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35		
					Materiallift	1,80	2,23	1	4,01		
					Installationschach	3,10	0,50	1	1,55		
					Treppenlauf	5,40	2,70	1	14,58		
					Vorraum	7,85	1,75	1	13,74		
	G-Einheit 3	Raum 3	MF/ G - 1	1.1		8,13	13,20	1	107,25	106,89	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-4	-0,36		
	Summe MF/G - 0:										125,86
	Summe MF/G - 1.1 (Gewerbe):										454,39
	Summe MF/G - 1.1 (Hotel):										432,80
Summe MF/G - 1.2:										0,00	
Summe MF/G - 2:										0,00	

1. bis 5. Obergeschoss

Hotel	Hotel		MF/ G - 1			81,30	13,20	1	1073,16	936,15
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-26	-2,34	
					Abzüge Brandwand	13,20	0,25	-2	-6,60	
					Abzüge TA außen	8,35	5,73	-2	-95,69	
					Abzüge TA mitte	5,65	5,73	-1	-32,37	
	Treppen	TA1	MF/ G - 0			2,45	5,18	1	12,68	38,16
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Materiallift	1,80	2,23	1	4,01	
					Installationschach	3,10	0,50	1	1,55	
					Treppenlauf	5,40	2,70	1	14,58	
	Treppen	TA2	MF/ G - 0			2,45	5,18	1	12,68	38,16
					Fahrstuhlschacht	3,10	1,73	1	5,35	
					Materiallift	1,80	2,23	1	4,01	
					Installationschach	3,10	0,50	1	1,55	
					Treppenlauf	5,40	2,70	1	14,58	
	Treppen	TA3 mitte	MF/ G - 0			5,15	1,83	1	9,40	24,89
					Treppenlauf	1,35	2,10	2	5,67	
					Zwischenpodest	5,15	1,25	1	6,44	
					Fahrstuhlschacht	2,05	1,65	1	3,38	
Summe MF/G - 0:										101,21
Summe MF/G - 1.1:										936,15
Summe MF/G - 1.2:										0,00
Summe MF/G - 2:										0,00

Tabelle D-91: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, hohe Variabilität (Teil 1 von 5)

Table D-91: Determination of Residential Use, High Variability (Part 1 of 5)

	MF/G - 0 [m ²]	MF/G - 1.1 [m ²]	MF/G - 1.2 [m ²]	MF/G - 1 [m ²]	MF/G - 2 [m ²]	MF/W - 0 [m ²]	MF/W - 1.1 [m ²]	MF/W - 1.2 [m ²]	MF/W - 1 [m ²]	
UG Lager	140,68	108,55	0,00	108,55	0,00	0,00	843,94	107,38	951,32	
UG TG	1364,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Hotel
EG	174,05	716,84	0,00	716,84	0,00	115,22	0,00	0,00	0,00	Wohnen
1. OG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	137,97	830,26	0,00	830,26	Büro
2. OG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	137,97	830,26	0,00	830,26	Gewerbe
3. OG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	137,97	830,26	0,00	830,26	nicht vermie
4. OG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	137,97	830,26	0,00	830,26	Sonstige Fläc
5. OG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	137,97	830,26	0,00	830,26	
Σ	1679,14 m ²	825,39 m ²	0,00 m ²	825,39 m ²	0,00 m ²	805,05 m ²	4995,24 m ²	107,38 m ²	5102,62 m ²	

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]	
Untergeschoss Lager											
UG Lager	Raum 1		MF/W - 1	1.1		32,15	10,53	1	338,38	337,90	
					Abzüge Stützen	0,30	0,08	-1	-0,02		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45		
	Raum 2		MF/W - 1	1.1		20,75	10,53	1	218,39	218,10	
					Abzüge Stützen	0,30	0,08	-1	-0,02		
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-3	-0,27		
	Raum 3		MF/W - 1	1.1		27,40	10,53	1	288,39	287,94	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45		
	Raum 4	Waschküche	MF/W - 1	1.2		7,83	5,23	1	40,89	40,17	
					Abzug Wand	3,58	0,20	-1	-0,72		
	Treppen	TA1	MF/G - 0			Treppenlaufraum	2,45	5,27	1	12,91	39,95
					Fahrschach	3,10	2,23	1	6,90		
					Materiallift	1,80	2,45	1	4,41		
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55		
					Treppenlauf	5,35	2,65	1	14,18		
	Lager	Gewerbe1	MF/G - 1	1.1			5,18	5,23	1	27,04	27,04
	Lager	Gewerbe2	MF/G - 1	1.1			5,85	5,23	1	30,57	30,57
	Lager	Gewerbe3	MF/G - 1	1.1			4,55	5,23	1	23,77	23,77
	Technik1		MF/G - 0				5,18	5,23	1	27,04	27,04
	Treppen	TA3 mitte	MF/G - 0				5,10	1,70	1	8,67	25,51
		Treppenlauf			1,35	2,18	1	2,94			
		Zwischenpodest			5,10	1,30	1	6,63			
		Fahrschach			2,05	1,78	2	7,28			
Raum5	Waschküch	MF/W - 1	1.2			5,18	5,23	1	27,04	27,04	
Lager	Gewerbe4	MF/G - 1	1.1			5,20	5,23	1	27,17	27,17	
Technik2		MF/G - 0				1,58	5,23	1	8,23	8,23	
Treppen	TA2	MF/G - 0			Treppenlaufraum	2,45	5,27	1	12,91	39,95	
				Fahrschach	3,10	2,23	1	6,90			
				Materiallift	1,80	2,45	1	4,41			
				Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55			
				Treppenlauf	5,35	2,65	1	14,18			
Raum 6	Waschküche	MF/W - 1	1.2			7,83	5,23	1	40,89	40,17	
				Abzug Wand	3,58	0,20	-1	-0,72			
									Summe MF/G - 0:	140,68	
									Summe MF/G - 1.1:	108,55	
									Summe MF/G - 1.2:	0,00	
									Summe MF/G - 2:	0,00	
									Summe MF/W - 0:	0,00	
									Summe MF/W - 1.1:	843,94	
									Summe MF/W - 1.2:	107,38	

Tabelle D-92: Nutzungsfächenermittlung Wohnen, hohe Variabilität (Teil 2 von 5)

Table D-92: Determination of Residential Use, High Variability (Part 2 of 5)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]
Untergeschoss Tiefgarage										
UG TG	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	2,45	5,27	1	12,91	39,95
					Fahrstuhlschacht	3,10	2,23	1	6,90	
					Materiallift	1,80	2,45	1	4,41	
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
					Treppenlauf	5,35	2,65	1	14,18	
	Treppen	TA2	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	2,45	5,27	1	12,91	39,95
					Fahrstuhlschacht	3,10	2,23	1	6,90	
					Materiallift	1,80	2,45	1	4,41	
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
					Treppenlauf	5,35	2,65	1	14,18	
	Treppen	TA3 mitte	MF/ G - 0		Treppenlauf	5,10	1,70	1	8,67	25,51
					Treppenlauf	1,35	2,18	1	2,94	
					Zwischenpodest	5,10	1,30	1	6,63	
					Fahrstuhlschacht	2,05	1,78	2	7,28	
	Tiefgarage		MF/ G - 0		Tiefgarage	80,70	15,95	1	1287,17	1259,00
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-23	-2,07	
					Rampenwand	5,00	0,35	-1	-1,75	
					Abzüge TA außen	8,35	5,43	-2	-90,60	
					Abzüge TA mitte	5,65	5,43	-1	-30,65	
					Zufahrt Außen	19,00	5,10	1	96,90	
	Summe MF/G - 0:									1364,41
Fläche Stellplätze (46 SP x (1,35m x 5 m))+ (2BS x (3,4									656,00	
Summe MF/G - 1.1:									0,00	
Summe MF/G - 1.2:									0,00	
Summe MF/G - 2:									0,00	
Summe MF/W - 0:									0,00	
Summe MF/W - 1.1:									0,00	
Summe MF/W - 1.2:									0,00	

Erdgeschoss

EG	G-Einheit 1	Raum 1	MF/ G - 1	1.1		8,13	13,20	1	107,25	105,37
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-4	-0,36	
						4,00	2,45	-1	-9,80	
		S1				3,85	2,15	1	8,28	
	Fahrrad		MF/ W - 0			5,15	7,48	1	38,50	38,41
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Flur	F1	MF/ G - 0			2,45	7,48	1	18,31	18,31
	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	2,45	5,27	1	12,91	39,95
					Fahrstuhlschacht	3,10	2,23	1	6,90	
					Materiallift	1,80	2,45	1	4,41	
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
					Treppenlauf	5,35	2,65	1	14,18	
	G-Einheit 2	Raum 2	MF/ G - 1	1.1		11,82	13,20	1	156,01	154,13
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-4	-0,36	
					Abzüge Sanitär	4,00	2,45	-1	-9,80	
						3,85	2,15	1	8,28	
	G-Einheit 3	Raum 3	MF/ G - 1	1.1		9,28	13,20	1	122,51	112,35
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18	
					Abzüge Sanitär	4,00	2,45	-1	-9,80	
						3,85	2,15	1	-0,18	
	Flur	F2	MF/ G - 0			2,45	13,20	1	32,34	32,34
Fahrrad		MF/ W - 0			5,15	7,48	1	38,50	38,41	
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		

Tabelle D-93: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, hohe Variabilität (Teil 3 von 5)

Table D-93: Determination of Residential Use, High Variability (Part 3 of 5)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]
EG	Treppen	TA3 mitte	MF/ G - 0		Treppenlauf	5,10	1,70	1	8,67	25,19
					Zwischenpodest	1,35	2,18	2	5,87	
					Durchgang	5,10	1,30	1	6,63	
					Fahrstuhlschacht	0,25	1,50	1	0,38	
						2,05	1,78	1	3,64	
	G-Einheit4	Raum4	MF/ G - 1	1.1		6,53	13,20	1	86,13	84,43
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18	
					Abzüge Sanitär	4,00	2,45	-1	-9,80	
	G-Einheit5	Raum5	MF/ G - 1	1.1		3,85	2,15	1	8,28	155,20
					Abzüge Stützen	11,90	13,20	1	157,08	
					Abzüge Sanitär	0,30	0,30	-4	-0,36	
	Fahrrad	S3	MF/ W - 0			4,00	2,45	-1	-9,80	38,41
					Abzüge Stützen	3,85	2,15	1	8,28	
	Flur	S4				5,15	7,48	1	38,50	18,31
	Treppen	F1	MF/ G - 0			2,45	7,48	1	18,31	18,31
	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	2,45	5,27	1	12,91	39,95
					Fahrstuhlschacht	3,10	2,23	1	6,90	
					Materiallift	1,80	2,45	1	4,41	
					Installationschach	3,10	0,50	1	1,55	
					Treppenlauf	5,35	2,65	1	14,18	
	G-Einheit 6	Raum 6	MF/ G - 1	1.1		8,13	13,20	1	107,25	105,37
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-4	-0,36	
					Abzüge Sanitär	4,00	2,45	-1	-9,80	
	S6				3,85	2,15	1	8,28		
									Summe MF/G - 0:	174,05
									Summe MF/G - 1.1:	716,84
									Summe MF/G - 1.2:	0,00
									Summe MF/G - 2:	0,00
									Summe MF/W - 0:	115,22
									Summe MF/W - 1.1:	0,00
									Summe MF/W - 1.2:	0,00

1. bis 5. Obergeschoss

OG	Wohnung 1	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		4,10	3,55	1	14,56	80,91
		Abzüge Stützen			0,30	0,30	-1	-0,09		
		Bad			2,85	1,80	1	5,13		
		Esszimmer			8,13	7,50	1	60,94		
		Abzweig Schlafen E			1,10	2,00	1	2,20		
		Abzüge Stützen			0,30	0,30	-1	-0,09		
		Abzüge Sanitär			3,05	5,73	-1	-17,46		
		Schlafen K			2,90	3,98	1	11,53		
		Klo			2,90	1,45	1	4,21		
	Wohnung 2	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		3,60	3,55	1	12,78	61,61
		Abzüge Stützen			0,30	0,30	-1	-0,09		
		Bad			3,60	1,80	1	6,48		
		Esszimmer			5,53	5,50	1	30,39		
		Abzüge Stützen			0,30	0,30	-1	-0,09		
		Abzüge Wand			3,05	0,15	-1	-0,46		
		Schlafen K			2,53	3,55	1	8,96		
	Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02					
	Wohnung 3	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		2,53	1,45	1	3,66	53,28
		Bad			3,55	3,55	1	12,60		
		Essen			3,55	1,80	1	6,39		
		Abzüge Stützen			4,20	5,50	1	23,10		
		Flur			0,30	0,30	-1	-0,09		
					4,85	1,78	1	8,61		
					0,58	0,15	-1	-0,09		
		Durchgang			1,20	0,15	1	0,18		
	Klo	1,45	1,78	1	2,57					

Tabelle D-94: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, hohe Variabilität (Teil 4 von 5)

Table D-94: Determination of Residential Use, High Variability (Part 4 of 5)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]	
OG	Wohnung 4	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		3,85	3,55	1	13,67	86,06	
		Bad			Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
					Klo	2,23	2,50	1	5,56		
		Essen				1,33	2,50	1	3,33		
						5,83	5,53	1	32,18		
		Flur			Schlafen K2	Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2		-0,18
						Schlafen K1	6,10	1,40	1		8,54
							2,90	3,98	1		11,53
	Flur	rechts	MF/ W - 0			2,90	3,98	1	11,53		
	Flur	rechts	MF/ W - 0			9,35	1,78	1	16,60	16,60	
	Treppen	TA1	MF/ W - 0		Treppenlaufraum	2,45	5,27	1	12,91	39,95	
					Fahrschach	3,10	2,23	1	6,90		
					Materiallift	1,80	2,45	1	4,41		
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55		
					Treppenlauf	5,35	2,65	1	14,18		
	Wohnung 5	Schlaf E	MF/ W - 1	1.1		2,76	5,50	1	15,17	94,38	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
		Klo			2,76	1,83	1	5,04			
		Schlafen K1			3,60	3,50	1	12,60			
		Schlafen K2			2,90	3,98	1	11,53			
		Bad			2,23	3,18	1	7,06			
		Essen			9,23	5,53	1	50,97			
		Abzüge Schlafen K2			3,05	4,13	-1	-12,58			
		Abzüge Stützen			0,30	0,30	-1	-0,09			
		Gang nach Oben			1,20	3,98	1	4,77			
	Wohnung 6	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		2,80	5,50	1	15,40	77,76	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
		Klo			2,80	1,83	1	5,11			
		Bad			2,95	1,80	1	5,31			
		Schlafen K			3,00	3,55	1	10,65			
		Essen			4,50	5,60	1	25,20			
		Abzüge Stützen			0,30	0,30	-1	-0,09			
		Abzüge Bad			1,10	2,10	1	2,31			
Flur		7,65			1,83	1	13,96				
Wohnung 7	Schlaf E	MF/ W - 1	1.1		2,76	5,50	1	15,17	94,38		
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09			
	Klo			2,76	1,83	1	5,04				
	Schlafen K1			3,60	3,50	1	12,60				
	Schlafen K2			2,90	3,98	1	11,53				
	Bad			2,23	3,18	1	7,06				
	Essen			9,23	5,53	1	50,97				
	Abzüge Schlafen K2			3,05	4,13	-1	-12,58				
	Abzüge Stützen			0,30	0,30	-1	-0,09				
	Gang nach Oben			1,20	3,98	1	4,77				
Treppen	TA3 mitte	MF/ W - 0			5,10	1,70	1	8,67	24,88		
				Treppenlauf	1,35	2,18	2	5,87			
				Zwischenpodest	5,15	1,30	1	6,70			
				Fahrschach	2,05	1,78	1	3,64			
Wohnung 8	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		4,10	3,55	1	14,56	80,91		
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09			
	Bad			2,85	1,80	1	5,13				
	Esszimmer			8,13	7,50	1	60,94				
	Abzweig Schlafen E			1,10	2,00	1	2,20				
	Abzüge Stützen			0,30	0,30	-1	-0,09				
	Abzüge Sanitär			3,05	5,73	-1	-17,46				
	Schlafen K			2,90	3,98	1	11,53				
Klo	2,90	1,45	1	4,21							

Tabelle D-95: Nutzungsflächenermittlung Wohnen, hohe Variabilität (Teil 5 von 5)

Table D-95: Determination of Residential Use, High Variability (Part 5 of 5)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]
	Wohnung 9	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		3,60	3,55	1	12,78	61,61
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
		Bad				3,60	1,80	1	6,48	
		Esszimmer				5,53	5,50	1	30,39	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
					Abzüge Wand	3,05	0,15	-1	-0,46	
		Schlafen K				2,53	3,55	1	8,96	
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02	
					Klo		2,53	1,45	1	
	Wohnung 10	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		3,55	3,55	1	12,60	53,28
		Bad				3,55	1,80	1	6,39	
		Essen				4,20	5,50	1	23,10	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
		Flur				4,85	1,78	1	8,61	
						0,58	0,15	-1	-0,09	
					Durchgang	1,20	0,15	1	0,18	
					Klo		1,45	1,78	1	
	Wohnung 11	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		3,85	3,55	1	13,67	86,06
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
		Bad				2,23	2,50	1	5,56	
		Klo				1,33	2,50	1	3,33	
		Essen				5,83	5,53	1	32,18	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18	
		Flur				6,10	1,40	1	8,54	
		Schlafen K2				2,90	3,98	1	11,53	
		Schlafen K1				2,90	3,98	1	11,53	
	Flur	rechts	MF/ W - 0			9,35	1,78	1	16,60	16,60
	Treppen	TA1	MF/ W - 0		Treppenlaufraum	2,45	5,27	1	12,91	39,95
					Fahrstuhlschacht	3,10	2,23	1	6,90	
					Materiallift	1,80	2,45	1	4,41	
					Installationsschacht	3,10	0,50	1	1,55	
					Treppenlauf	5,35	2,65	1	14,18	
	Summe MF/G - 0:									0,00
Summe MF/G - 1.1:									0,00	
Summe MF/G - 1.2:									0,00	
Summe MF/G - 2:									0,00	
Summe MF/W - 0:									137,97	
Summe MF/W - 1.1:									830,26	
Summe MF/W - 1.2:									0,00	

Tabelle D-96: Nutzungsfächenermittlung gemischte Nutzung, hohe Variabilität (Teil 1 von 5)

Table D-96: Determination of Mixed Use, High Variability (Part 1 of 5)

	MF/G - 0 [m ²]	MF/G - 1.1 [m ²]	MF/G - 1.2 [m ²]	MF/G - 1 [m ²]	MF/G - 2 [m ²]	MF/W - 0 [m ²]	MF/W - 1.1 [m ²]	MF/W - 1.2 [m ²]	MF/W - 1 [m ²]	
UG Lager	207,08	197,10	0,00	197,10	844,12		0,00	0,00	0,00	
UG TG	1363,78	0,00	0,00	0,00	1363,78		0,00	0,00	0,00	Hotel
EG	173,75	717,56	0,00	717,56	0,00	115,49	0,00	0,00	0,00	Wohnen
1. OG	104,79	938,85	0,00	938,85	0,00		0,00	0,00	0,00	Büro
2. OG	104,79	938,85	0,00	938,85	0,00		0,00	0,00	0,00	Gewerbe
3. OG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		830,26	0,00	830,26	nicht vermietet
4. OG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		830,26	0,00	830,26	Sonstige Fläche
5. OG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		830,26	0,00	830,26	
Σ	1954,19 m ²	2792,37 m ²	0,00 m ²	2792,37 m ²	2207,90 m ²	115,49 m ²	2490,78 m ²	0,00 m ²	2490,78 m ²	

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]
Untergeschoss Lager										
UG Lager	Raum 1		MF/G - 2			32,15	10,53	1	338,54	338,07
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45	
	Raum 2		MF/G - 2			20,05	10,53	1	211,03	210,74
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-3	-0,27	
	Raum 3		MF/G - 2			28,10	10,53	1	295,75	295,30
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-5	-0,45	
	Lager	Gewerbe1	MF/G - 1	1.1		7,83	5,23	1	40,95	40,86
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Treppen	TA2	MF/G - 0		Treppenlaufraum	2,45	5,27	1	12,91	39,95
					Fahrstuhlschacht	3,10	2,23	1	6,90	
					Materiallift	1,80	2,45	1	4,41	
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
					Treppenlauf	5,35	2,65	1	14,18	
	Technik1		MF/G - 0			9,23	5,23	1	48,23	48,14
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Gewerbe2	MF/G - 1	1.1		5,20	5,23	1	27,20	27,11
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Lager	Gewerbe3	MF/G - 1	1.1		6,53	5,23	1	34,15	34,06
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Technik2		MF/G - 0			3,83	5,23	1	20,00	20,00
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
	Treppen	TA3 mitte	MF/G - 0			5,15	1,83	1	9,40	24,89
					Treppenlauf	1,35	2,10	2	5,67	
					Zwischenpodest	5,15	1,25	1	6,44	
					Fahrstuhlschacht	2,05	1,65	1	3,38	
	Lager	Gewerbe4	MF/G - 1	1.1		5,20	5,23	1	27,20	27,11
		Abzüge Stützen			0,30	0,30	-1	-0,09		
Lager	Gewerbe5	MF/G - 1	1.1		5,20	5,23	1	27,20	27,11	
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
Technik3		MF/G - 0			6,53	5,23	1	34,15	34,15	
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
Treppen	TA1	MF/G - 0		Treppenlaufraum	2,45	5,27	1	12,91	39,95	
				Fahrstuhlschacht	3,10	2,23	1	6,90		
				Materiallift	1,80	2,45	1	4,41		
				Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55		
				Treppenlauf	5,35	2,65	1	14,18		
Lager	Gewerbe6	MF/G - 1	1.1		7,83	5,23	1	40,95	40,86	
				Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09		
wird nicht oder nur zu reduziertem Mietpreis an Gewerbeeinheiten vermietet									Summe MF/G - 0:	207,08
Flächen aufgeteilt auf Büro/Wohnen									Summe MF/G - 1.1:	197,10
									Summe MF/G - 1.2:	0,00
									Summe MF/G - 2:	844,12

Tabelle D-97: Nutzungsflächenermittlung gemischte Nutzung, hohe Variabilität (Teil 2 von 5)

Table D-97: Determination of Mixed Use, High Variability (Part 2 of 5)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]
Untergeschoss Tiefgarage										
UG TG	Treppen	TA1	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	2,45	5,27	1	12,91	39,95
					Fahrstuhlschacht	3,10	2,23	1	6,90	
					Materiallift	1,80	2,45	1	4,41	
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
					Treppenlauf	5,35	2,65	1	14,18	
	Treppen	TA2	MF/ G - 0		Treppenlaufraum	2,45	5,27	1	12,91	39,95
					Fahrstuhlschacht	3,10	2,23	1	6,90	
					Materiallift	1,80	2,45	1	4,41	
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
					Treppenlauf	5,35	2,65	1	14,18	
	Treppen	TA3 mitte	MF/ G - 0		Treppenlauf	5,15	1,83	1	9,40	24,89
					Treppenlauf	1,35	2,10	2	5,67	
					Zwischenpodest	5,15	1,25	1	6,44	
					Fahrstuhlschacht	2,05	1,65	1	3,38	
	Tiefgarage		MF/ G - 0		Tiefgarage	80,70	15,95	1	1287,17	1259,00
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-23	-2,07	
					Rampenwand	5,00	0,35	-1	-1,75	
					Abzüge TA1 und TA	8,35	5,43	-2	-90,60	
					Abzüge TA3 mitte	5,65	5,43	-1	-30,65	
					Zufahrt Außen	19,00	5,10	1	96,90	
									Summe MF/G - 0:	1363,78
Stellplätze werden vermietet (Insgesamt 48 Stellplätze)									Fläche Stellplätze (46 SP x (1,35m x 5 m))+ (2BS x (3,5r	656,00
									Summe MF/G - 1.1:	0,00
									Summe MF/G - 1.2:	0,00
									Summe MF/G - 2:	0,00

Erdgeschoss

EG	G-Einheit 1	Raum 1	MF/ G - 1	1.1		8,13	13,20	1	107,25	105,73	
					Abzüge Stützen	0,00	0,00	-4	0,00		
					Abzüge Sanitär	4,00	2,45	-1	-9,80		
		S1				3,85	2,15	1	8,28		
	Fahrrad			MF/ W - 0		5,15	7,48	1	38,50	38,50	
						Abzüge Stützen	0,00	0,00	-1	0,00	
	Flur	F1		MF/ G - 0		2,45	7,48	1	18,31	18,31	
	Treppen	TA1		MF/ G - 0		Treppenlaufraum	2,45	5,27	1	12,91	39,95
						Fahrstuhlschacht	3,10	2,23	1	6,90	
						Materiallift	1,80	2,45	1	4,41	
						Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
						Treppenlauf	5,35	2,65	1	14,18	
	G-Einheit 2	Raum 2		MF/ G - 1	1.1		11,82	13,20	1	156,01	154,13
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-4	-0,36	
						Abzüge Sanitär	4,00	2,45	-1	-9,80	
							S2				
	G-Einheit 3	Raum 3		MF/ G - 1	1.1		9,28	13,20	1	122,51	112,35
						Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18	
						Abzüge Sanitär	4,00	2,45	-1	-9,80	
							S3.1				
	Flur	F2		MF/ G - 0		2,45	13,20	1	32,34	32,34	
	Fahrrad			MF/ W - 0			5,15	7,48	1	38,50	38,50
						Abzüge Stützen	0,00	0,00	-1	0,00	
	Treppen	TA3 mitte		MF/ G - 0		Treppenlauf	5,15	1,83	1	9,40	24,89
						Treppenlauf	1,35	2,10	2	5,67	
Zwischenpodest						5,15	1,25	1	6,44		
Fahrstuhlschacht						2,05	1,65	1	3,38		
G-Einheit 4	Raum 4		MF/ G - 1	1.1		6,53	13,20	1	86,13	84,43	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18		
					Abzüge Sanitär	4,00	2,45	-1	-9,80		
						S3					3,85
G-Einheit 5	Raum 5		MF/ G - 1	1.1		11,90	13,20	1	157,08	155,20	
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-4	-0,36		
					Abzüge Sanitär	4,00	2,45	-1	-9,80		
						S4					3,85

Tabelle D-98: Nutzungsflächenermittlung gemischte Nutzung, hohe Variabilität (Teil 3 von 5)

Table D-98: Determination of Mixed Use, High Variability (Part 3 of 5)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]	
EG	Fahrrad		MF/W - 0			5,15	7,48	1	38,50	38,50	
					Abzüge Stützen	0,00	0,00	-1	0,00		
	Flur	F1		MF/G - 0		2,45	7,48	1	18,31	18,31	
	Treppen	TA1		MF/G - 0		Treppenlaufraum	2,45	5,27	1	12,91	39,95
						Fahrstuhlschacht	3,10	2,23	1	6,90	
						Materiallift	1,80	2,45	1	4,41	
						Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
						Treppenlauf	5,35	2,65	1	14,18	
	G-Einheit 6	Raum 6		MF/G - 1	1.1		8,13	13,20	1	107,25	105,73
			Abzüge Stützen			0,00	0,00	-4	0,00		
			Abzüge Sanitär			4,00	2,45	-1	-9,80		
		S6				3,85	2,15	1	8,28		
										Summe MF/G - 0:	173,75
									Summe MF/G - 1.1:	717,56	
									Summe MF/G - 1.2:	0,00	
									Summe MF/G - 2:	0,00	
									Summe MF/W - 0:	115,49	
									Summe MF/W - 1.1:	0,00	
									Summe MF/W - 1.2:	0,00	

1. und 2. Obergeschoss

OG	Büro gesamt		MF/G - 1			81,3	13,20	1	1073,16	938,85	
					Abzüge Stützen	0,3	0,3	-25	-2,25		
					Abzüge Stützen	0,3	0,03	-4	-0,03		
					Abzüge Brandwand	13,20	0,30	-1	-3,96		
					Abzüge TA1 und TA	8,35	5,73	-2	-95,69		
					Abzüge TA 3	5,65	5,73	-1	-32,37		
	Treppen	TA1		MF/G - 0		Treppenlaufraum	2,45	5,27	1	12,91	39,95
						Fahrstuhlschacht	3,10	2,23	1	6,90	
						Materiallift	1,80	2,45	1	4,41	
						Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
						Treppenlauf	5,35	2,65	1	14,18	
	Treppen	TA2		MF/G - 0		Treppenlaufraum	2,45	5,27	1	12,91	39,95
						Fahrstuhlschacht	3,10	2,23	1	6,90	
						Materiallift	1,80	2,45	1	4,41	
						Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55	
						Treppenlauf	5,35	2,65	1	14,18	
	Treppen	TA3 mitte		MF/G - 0			5,15	1,83	1	9,40	24,89
						Treppenlauf	1,35	2,10	2	5,67	
						Zwischenpodest	5,15	1,25	1	6,44	
						Fahrstuhlschacht	2,05	1,65	1	3,38	
										Summe MF/G - 0:	104,79
										Summe MF/G - 1.1:	938,85
										Summe MF/G - 1.2:	0,00
									Summe MF/G - 2:	0,00	

Tabelle D-99: Nutzungsfächenermittlung gemischte Nutzung, hohe Variabilität (Teil 4 von 5)

Table D-99: Determination of Mixed Use, High Variability (Part 4 of 5)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]				
3. bis 5. Obergeschoss														
OG	Wohnung 1	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		4,10	3,55	1	14,56	80,91				
		Abzüge Stützen			0,30	0,30	-1	-0,09						
		Bad			2,85	1,80	1	5,13						
		Esszimmer			8,13	7,50	1	60,94						
		Abzweig Schlafen E			1,10	2,00	1	2,20						
		Abzüge Stützen			0,30	0,30	-1	-0,09						
		Abzüge Sanitär			3,05	5,73	-1	-17,46						
		Schlafen K			2,90	3,98	1	11,53						
		Klo			2,90	1,45	1	4,21						
OG	Wohnung 2	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		3,60	3,55	1	12,78	61,61				
		Abzüge Stützen			0,30	0,30	-1	-0,09						
		Bad			3,60	1,80	1	6,48						
		Esszimmer			5,53	5,50	1	30,39						
		Abzüge Stützen			0,30	0,30	-1	-0,09						
		Abzüge Wand			3,05	0,15	-1	-0,46						
		Schlafen K			2,53	3,55	1	8,96						
		Abzüge Stützen			0,30	0,05	-1	-0,02						
		Klo			2,53	1,45	1	3,66						
OG	Wohnung 3	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		3,55	3,55	1	12,60	53,28				
		Bad			3,55	1,80	1	6,39						
		Essen			4,20	5,50	1	23,10						
		Abzüge Stützen			0,30	0,30	-1	-0,09						
		Flur			4,85	1,78	1	8,61						
					0,58	0,15	-1	-0,09						
		Durchgang			1,20	0,15	1	0,18						
		Klo			1,45	1,78	1	2,57						
		OG			Wohnung 4	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1			3,85	3,55	1	13,67
Abzüge Stützen	0,30		0,30	-1		-0,09								
Bad	2,23		2,50	1		5,56								
Klo	1,33		2,50	1		3,33								
Essen	5,83		5,53	1		32,18								
Abzüge Stützen	0,30		0,30	-2		-0,18								
Flur	6,10		1,40	1		8,54								
Schlafen K2	2,90		3,98	1		11,53								
Schlafen K1	2,90		3,98	1		11,53								
OG	Flur	rechts	MF/ W - 0			9,35	1,78	1	16,60	16,60				
OG	Treppen	TA1	MF/ W - 0		Treppenlaufraum	2,45	5,27	1	12,91	39,95				
					Fahrstuhlschacht	3,10	2,23	1	6,90					
					Materiallift	1,80	2,45	1	4,41					
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55					
					Treppenlauf	5,35	2,65	1	14,18					
OG	Wohnung 5	Schlaf E	MF/ W - 1	1.1		2,76	5,50	1	15,17	94,38				
		Abzüge Stützen			0,30	0,30	-1	-0,09						
		Klo			2,76	1,83	1	5,04						
		Schlafen K1			3,60	3,50	1	12,60						
		Schlafen K2			2,90	3,98	1	11,53						
		Bad			2,23	3,18	1	7,06						
		Essen			9,23	5,53	1	50,97						
		Abzüge Schlafen K2			3,05	4,13	-1	-12,58						
		Abzüge Stützen			0,30	0,30	-1	-0,09						
		Gang nach Oben			1,20	3,98	1	4,77						
OG	Wohnung 6	Schlafen E	MF/ W - 1	1.1		2,80	5,50	1	15,40	77,76				
		Abzüge Stützen			0,30	0,30	-1	-0,09						
		Klo			2,80	1,83	1	5,11						
		Bad			2,95	1,80	1	5,31						
		Schlafen K			3,00	3,55	1	10,65						
		Essen			4,50	5,60	1	25,20						
		Abzüge Stützen			0,30	0,30	-1	-0,09						
		Abzüge Bad			1,10	2,10	1	2,31						
		Flur			7,65	1,83	1	13,96						

Tabelle D-100: Nutzungsflächenermittlung gemischte Nutzung, hohe Variabilität (Teil 5 von 5)

Table D-100: Determination of Mixed Use, High Variability (Part 5 of 5)

Geschoss	Einheit	Untereinheit	NUF - Art	NUF - Unterart	Beschreibung	Länge [m]	Breite [m]	Anzahl	Summe [m ²]	Fläche d. Einheit [m ²]						
Wohnung 7	Schlafa E		MF/ W - 1	1.1		2,76	5,50	1	15,17	94,38						
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09							
					Klo	2,76	1,83	1	5,04							
					Schlafen K1	3,60	3,50	1	12,60							
					Schlafen K2	2,90	3,98	1	11,53							
					Bad	2,23	3,18	1	7,06							
					Essen	9,23	5,53	1	50,97							
					Abzüge Schlafen K2	3,05	4,13	-1	-12,58							
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09							
					Gang nach Oben	1,20	3,98	1	4,77							
					Treppen	TA3 mitte		MF/ W - 0				5,15	1,83	1	9,40	24,89
											Treppenlauf	1,35	2,10	2	5,67	
											Zwischenpodest	5,15	1,25	1	6,44	
											Fahrstuhlschacht	2,05	1,65	1	3,38	
					Wohnung 8	Schlafen E		MF/ W - 1	1.1			4,10	3,55	1	14,56	80,91
											Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09	
											Bad	2,85	1,80	1	5,13	
											Esszimmer	8,13	7,50	1	60,94	
											Abzweig Schlafen E	1,10	2,00	1	2,20	
Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09												
Abzüge Sanitär	3,05	5,73	-1	-17,46												
Schlafen K	2,90	3,98	1	11,53												
Klo	2,90	1,45	1	4,21												
Wohnung 9	Schlafen E		MF/ W - 1	1.1		3,60	3,55	1	12,78	61,61						
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09							
					Bad	3,60	1,80	1	6,48							
					Esszimmer	5,53	5,50	1	30,39							
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09							
					Abzüge Wand	3,05	0,15	-1	-0,46							
					Schlafen K	2,53	3,55	1	8,96							
					Abzüge Stützen	0,30	0,05	-1	-0,02							
Klo	2,53	1,45	1	3,66												
Wohnung 10	Schlafen E		MF/ W - 1	1.1		3,55	3,55	1	12,60	53,28						
					Bad	3,55	1,80	1	6,39							
					Essen	4,20	5,50	1	23,10							
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09							
					Flur	4,85	1,78	1	8,61							
						0,58	0,15	-1	-0,09							
					Durchgang	1,20	0,15	1	0,18							
Klo	1,45	1,78	1	2,57												
Wohnung 11	Schlafen E		MF/ W - 1	1.1		3,85	3,55	1	13,67	86,06						
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-1	-0,09							
					Bad	2,23	2,50	1	5,56							
					Klo	1,33	2,50	1	3,33							
					Essen	5,83	5,53	1	32,18							
					Abzüge Stützen	0,30	0,30	-2	-0,18							
					Flur	6,10	1,40	1	8,54							
					Schlafen K2	2,90	3,98	1	11,53							
					Schlafen K1	2,90	3,98	1	11,53							
					Flur	rechts		MF/ W - 0			9,35	1,78	1	16,60	16,60	
Treppen	TA1		MF/ W - 0		Treppenlaufraum	2,45	5,27	1	12,91	39,95						
					Fahrstuhlschacht	3,10	2,23	1	6,90							
					Materiallift	1,80	2,45	1	4,41							
					Installationsschach	3,10	0,50	1	1,55							
					Treppenlauf	5,35	2,65	1	14,18							
Summe MF/G - 0:									0,00							
Summe MF/G - 1.1:									0,00							
Summe MF/G - 1.2:									0,00							
Summe MF/G - 2:									0,00							
Summe MF/W - 0:									137,98							
Summe MF/W - 1.1:									830,26							
Summe MF/W - 1.2:									0,00							

D.2.7 Ermittlung der Realisierungskosten Determination of realisation costs

Tabelle D-101: Realisierungskosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, geringe Variabilität

Table D-101: Realisation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, low variability

Kosten- gruppe	Bezeichnung der Kostengruppe	Bezugs- einheit	Menge	Kennwert [€/Einheit]	Kosten [€] (netto)	% von 300+400	% von Gesamt
100	Grundstück	m² FBG	---	---	---	---	---
200	Herrichten und Erschließen	m² FBG	---	---	201.163,07	2,3	1,6
300	Bauwerk - Baukonstruktionen	m² BGF	9.755	694,81	6.777.587,67	76,2	55,4
310	<i>Baugrube</i>	m³ BGI	---	---	107.830,36	1,2	0,9
320	<i>Gründung</i>	m² GRF	---	---	716.622,63	8,1	5,9
330	Außenwände	m² AWF	5.112	540,49	2.762.758,59	31,1	22,6
331	<i>Tragende Außenwände</i>	m² AWT	1.243	103,19	128.228,38	1,4	1,0
332	<i>Nichttragende Außenwände</i>	m² AWN	0	0,00	0,00	0,0	0,0
333	<i>Außenstützen</i>	m AST	563	191,88	108.103,36	1,2	0,9
334	<i>Außentüren und -fenster</i>	m² ATF	35	971,06	33.501,40	0,4	0,3
335	<i>Außenwandbekleidungen, au</i>	m² ABKA	2.619	61,74	161.678,39	1,8	1,3
336	<i>Außenwandbekleidungen, inn</i>	m² ABKI	0	0,00	0,00	0,0	0,0
337	<i>Elementierte Außenwände</i>	m² AWE	2.552	767,51	1.958.997,15	22,0	16,0
338	<i>Sonnenschutz</i>	m² SOS	2.552	142,86	364.630,86	4,1	3,0
339	<i>Außenwände, sonstiges</i>	m² AWF	5.112	1,49	7.619,05	0,1	0,1
340	Innenwände	m² IWF	4.762	118,81	565.811,57	6,4	4,6
341	<i>Tragende Innenwände</i>	m² IWT	1.183	92,44	109.388,44	1,2	0,9
342	<i>Nichttragende Innenwände</i>	m² IWN	3.579	58,82	210.531,94	2,4	1,7
343	<i>Innenstützen</i>	m IST	290	191,88	55.557,91	0,6	0,5
344	<i>Innentüren und -fenster</i>	m² ITF	377	260,58	98.322,13	1,1	0,8
345	<i>Innenwandbekleidungen</i>	m² IBK	2.766	33,27	92.011,15	1,0	0,8
346	<i>Elementierte Innenwände</i>	m² IWE	0	#DIV/0!	0,00	0,0	0,0
349	<i>Innenwände, sonstiges</i>	m² IWF	0	#DIV/0!	0,00	0,0	0,0
350	Decken	m² DEF	6.706	288,68	1.936.008,66	21,8	15,8
351	<i>Deckenkonstruktionen</i>	m² DKK	6.285	138,53	870.685,29	9,8	7,1
352	<i>Deckenbeläge</i>	m² DKBL	5.993	70,20	420.649,03	4,7	3,4
353	<i>Deckenbekleidungen</i>	m² DKBK	5.993	56,52	338.729,24	3,8	2,8
359	<i>Decken, sonstiges</i>	m² DEF	6.706	45,62	305.945,10	3,4	2,5
360	Dächer	m² DAF	1.073	254,35	272.959,66	3,1	2,2
361	<i>Dachkonstruktionen</i>	m² DK	1.073	126,05	135.272,27	1,5	1,1
362	<i>Dachfenster, Dachöffnungen</i>	m² DFÖ	31	1.447,91	44.537,82	0,5	0,4
363	<i>Dachbeläge</i>	m² DBL	1.042	85,33	88.947,90	1,0	0,7
364	<i>Dachbekleidungen</i>	m² DBK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
369	<i>Dächer, sonstiges</i>	m² DAF	1.073	3,92	4.201,68	0,0	0,0
370	<i>Baukonstruktive Einbauten</i>	m² BGF	9.755	9,67	94.351,57	1,1	0,8
390	<i>Sonstige Maßnahmen der Bauk</i>	m² BGF	9.755	32,93	321.244,63	3,6	2,6
400	Bauwerk - Technische Anlagen	m² BGF	9.755	217,24	2.119.059,17	23,8	17,3
300+400	Bauwerk - Gesamt	m² BGF	9.755	912,04	8.896.646,84	100,0	72,7
500	Außenanlagen	m² AUF	---	---	467.197,52	5,3	3,8
600	Ausstattung und Kunstwerke	m² BGF	9.755	45,30	441.866,79	5,0	3,6
700	Baunebenkosten	% von KG 300+400	25 %	psch.	2.224.161,71	25,0	18,2
Gesamtkosten					12.231.035,93		100,0 %

Tabelle D-102: Realisierungskosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, mittlere Variabilität
Table D-102: Realisation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, middle variability

Kosten- gruppe	Bezeichnung der Kostengruppe	Bezugs- einheit	Menge	Kennwert [€/Einheit]	Kosten [€] (netto)	% von 300+400	% von Gesamt
100	Grundstück	m² FBG	---	---	---	---	---
200	Herrichten und Erschließen	m² FBG	---	---	206.940,20	2,3	1,6
300	Bauwerk - Baukonstruktionen	m² BGF	9.755	714,76	6.972.230,77	76,2	55,4
310	<i>Baugrube</i>	m³ BGI	---	---	110.927,11	1,2	0,9
320	<i>Gründung</i>	m² GRF	---	---	737.203,05	8,1	5,9
330	Außenwände	m² AWF	5.646	524,07	2.958.842,97	32,3	23,5
331	<i>Tragende Außenwände</i>	m² AWT	1.243	92,67	115.156,87	1,3	0,9
332	<i>Nichttragende Außenwände</i>	m² AWN	1.057	0,00	53.299,16	0,6	0,4
333	<i>Außenstützen</i>	m AST	577	239,50	138.236,97	1,5	1,1
334	<i>Außentüren und -fenster</i>	m² ATF	40	1.123,23	45.210,08	0,5	0,4
335	<i>Außenwandbekleidungen, au</i>	m² ABKA	3.128	62,41	195.205,71	2,1	1,6
336	<i>Außenwandbekleidungen, inr</i>	m² ABKI	0	0,00	0,00	0,0	0,0
337	<i>Elementierte Außenwände</i>	m² AWE	4.678	433,26	2.026.853,98	22,1	16,1
338	<i>Sonnenschutz</i>	m² SOS	2.641	142,86	377.261,14	4,1	3,0
339	<i>Außenwände, sonstiges</i>	m² AWF	5.646	1,35	7.619,05	0,1	0,1
340	Innenwände	m² IWF	6.063	101,03	612.511,42	6,7	4,9
341	<i>Tragende Innenwände</i>	m² IWT	1.180	92,44	109.107,58	1,2	0,9
342	<i>Nichttragende Innenwände</i>	m² IWN	5.060	58,82	297.674,88	3,3	2,4
343	<i>Innenstützen</i>	m IST	102	239,50	24.368,70	0,3	0,2
344	<i>Innentüren und -fenster</i>	m² ITF	377	260,58	98.322,13	1,1	0,8
345	<i>Innenwandbekleidungen</i>	m² IBK	2.439	34,05	83.038,14	0,9	0,7
346	<i>Elementierte Innenwände</i>	m² IWE	0	0,00	0,00	0,0	0,0
349	<i>Innenwände, sonstiges</i>	m² IWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
350	Decken	m² DEF	6.706	276,05	1.851.320,54	20,2	14,7
351	<i>Deckenkonstruktionen</i>	m² DKK	6.169	138,95	857.192,44	9,4	6,8
352	<i>Deckenbeläge</i>	m² DKBL	5.819	70,55	410.532,60	4,5	3,3
353	<i>Deckenbekleidungen</i>	m² DKBK	5.819	57,21	332.948,56	3,6	2,6
359	<i>Decken, sonstiges</i>	m² DEF	6.706	37,37	250.646,95	2,7	2,0
360	Dächer	m² DAF	1.073	255,22	273.894,12	3,0	2,2
361	<i>Dachkonstruktionen</i>	m² DK	1.073	126,05	135.272,27	1,5	1,1
362	<i>Dachfenster, Dachöffnungen</i>	m² DFÖ	31	1.447,91	44.537,82	0,5	0,4
363	<i>Dachbeläge</i>	m² DBL	1.042	86,23	89.882,35	1,0	0,7
364	<i>Dachbekleidungen</i>	m² DBK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
369	<i>Dächer, sonstiges</i>	m² DAF	1.073	3,92	4.201,68	0,0	0,0
370	<i>Baukonstruktive Einbauten</i>	m² BGF	9.755	9,95	97.061,22	1,1	0,8
390	<i>Sonstige Maßnahmen der Bauk</i>	m² BGF	9.755	33,88	330.470,33	3,6	2,6
400	Bauwerk - Technische Anlagen	m² BGF	9.755	223,48	2.179.915,66	23,8	17,3
300+400	Bauwerk - Gesamt	m² BGF	9.755	938,24	9.152.146,43	100,0	72,7
500	Außenanlagen	m² AUF	---	---	480.614,80	5,3	3,8
600	Ausstattung und Kunstwerke	m² BGF	9.755	46,60	454.556,61	5,0	3,6
700	Baunebenkosten	% von KG 300+400	25 %	psch.	2.288.036,61	25,0	18,2
Gesamtkosten					12.582.294,65		100,0 %

Tabelle D-103: Realisierungskosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, hohe Variabilität
 Table D-103: Realisation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, high variability

Kosten- gruppe	Bezeichnung der Kostengruppe	Bezugs- einheit	Menge	Kennwert [€/Einheit]	Kosten [€] (netto)	% von 300+400	% von Gesamt
100	Grundstück	m² FBG	---	---	---	---	---
200	Herrichten und Erschließen	m² FBG	---	---	227.481,32	2,3	1,6
300	Bauwerk - Baukonstruktionen	m² BGF	9.755	788,03	7.686.938,58	76,4	55,6
310	<i>Baugrube</i>	m³ BGI	---	---	122.298,00	1,2	0,9
320	<i>Gründung</i>	m² GRF	---	---	812.772,09	8,1	5,9
330	Außenwände	m² AWF	5.996	529,96	3.177.480,23	31,6	23,0
331	<i>Tragende Außenwände</i>	m² AWT	1.243	92,67	115.156,87	1,1	0,8
332	<i>Nichttragende Außenwände</i>	m² AWN	0	0,00	0,00	0,0	0,0
333	<i>Außenstützen</i>	m AST	542	235,29	127.491,76	1,3	0,9
334	<i>Außentüren und -fenster</i>	m² ATF	40	1.128,10	45.406,16	0,5	0,3
335	<i>Außenwandbekleidungen, au</i>	m² ABKA	3.166	62,45	197.736,08	2,0	1,4
336	<i>Außenwandbekleidungen, inn</i>	m² ABKI	1.091	0,00	0,00	0,0	0,0
337	<i>Elementierte Außenwände</i>	m² AWE	2.948	767,51	2.262.877,74	22,5	16,4
338	<i>Sonnenschutz</i>	m² SOS	2.948	142,86	421.192,57	4,2	3,0
339	<i>Außenwände, sonstiges</i>	m² AWF	5.996	1,27	7.619,05	0,1	0,1
340	Innenwände	m² IWF	6.827	105,06	717.182,34	7,1	5,2
341	<i>Tragende Innenwände</i>	m² IWT	2.148	92,44	198.569,87	2,0	1,4
342	<i>Nichttragende Innenwände</i>	m² IWN	4.698	58,82	276.354,21	2,7	2,0
343	<i>Innenstützen</i>	m IST	106	235,29	24.941,18	0,2	0,2
344	<i>Innentüren und -fenster</i>	m² ITF	385	286,04	110.142,86	1,1	0,8
345	<i>Innenwandbekleidungen</i>	m² IBK	3.170	33,81	107.174,22	1,1	0,8
346	<i>Elementierte Innenwände</i>	m² IWE	0	#DIV/0!	0,00	0,0	0,0
349	<i>Innenwände, sonstiges</i>	m² IWF	0	#DIV/0!	0,00	0,0	0,0
350	Decken	m² DEF	6.706	313,01	2.099.169,41	20,9	15,2
351	<i>Deckenkonstruktionen</i>	m² DKK	5.850	153,41	897.421,01	8,9	6,5
352	<i>Deckenbeläge</i>	m² DKBL	5.535	89,43	494.974,01	4,9	3,6
353	<i>Deckenbekleidungen</i>	m² DKBK	5.535	57,49	318.226,49	3,2	2,3
359	<i>Decken, sonstiges</i>	m² DEF	6.706	57,94	388.547,90	3,9	2,8
360	Dächer	m² DAF	1.073	267,14	286.679,66	2,8	2,1
361	<i>Dachkonstruktionen</i>	m² DK	1.073	134,45	144.290,42	1,4	1,0
362	<i>Dachfenster, Dachöffnungen</i>	m² DFÖ	34	1.423,88	47.899,16	0,5	0,3
363	<i>Dachbeläge</i>	m² DBL	1.040	86,86	90.288,40	0,9	0,7
364	<i>Dachbekleidungen</i>	m² DBK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
369	<i>Dächer, sonstiges</i>	m² DAF	1.073	3,92	4.201,68	0,0	0,0
370	<i>Baukonstruktive Einbauten</i>	m² BGF	9.755	10,97	107.010,75	1,1	0,8
390	<i>Sonstige Maßnahmen der Bauk</i>	m² BGF	9.755	37,35	364.346,11	3,6	2,6
400	Bauwerk - Technische Anlagen	m² BGF	9.755	243,34	2.373.660,41	23,6	17,2
300+400	Bauwerk - Gesamt	m² BGF	9.755	1.031,37	10.060.598,99	100,0	72,7
500	Außenanlagen	m² AUF	---	---	528.321,18	5,3	3,8
600	Ausstattung und Kunstwerke	m² BGF	9.755	51,22	499.676,42	5,0	3,6
700	Baunebenkosten	% von KG 300+400	25 %	psch.	2.515.149,75	25,0	18,2
Gesamtkosten					13.831.227,66		100,0 %

D.2.8 Ermittlung der Umbaukosten Determination of renovation costs

Tabelle D-104: Umbaukosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, geringe Variabilität in Wohnen

Table D-104: Renovation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, low variability to residential use

Kosten- gruppe	Bezeichnung der Kostengruppe	Bezugs- einheit	Menge	Kennwert [€/Einheit]	Kosten [€] (netto)	% von 300+400	% von Gesamt
100	Grundstück	m ² FBG	---	---	---	---	---
200	Herrichten und Erschließen	m ² FBG	---	---	0,00	0,0	0,0
300	Bauwerk - Baukonstruktionen	m ² BGF	9.755	155,75	1.519.312,42	55,6	48,3
310	<i>Baugrube</i>	m ³ BGI	---	---	0,00	0,0	0,0
320	<i>Gründung</i>	m ² GRF	---	---	0,00	0,0	0,0
330	Außenwände	m ² AWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
331	<i>Tragende Außenwände</i>	m ² AWT	0	0,00	0,00	0,0	0,0
332	<i>Nichttragende Außenwände</i>	m ² AWN	0	0,00	0,00	0,0	0,0
333	<i>Außenstützen</i>	m AST	0	0,00	0,00	0,0	0,0
334	<i>Außentüren und -fenster</i>	m ² ATF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
335	<i>Außenwandbekleidungen, auß</i>	m ² ABKA	0	0,00	0,00	0,0	0,0
336	<i>Außenwandbekleidungen, inne</i>	m ² ABKI	0	0,00	0,00	0,0	0,0
337	<i>Elementierte Außenwände</i>	m ² AWE	0	0,00	0,00	0,0	0,0
338	<i>Sonnenschutz</i>	m ² SOS	0	0,00	0,00	0,0	0,0
339	<i>Außenwände, sonstiges</i>	m ² AWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
340	Innenwände	m ² IWF	7.972	99,81	795.624,36	29,1	25,3
341	<i>Tragende Innenwände</i>	m ² IWT	0	0,00	0,00	0,0	0,0
342	<i>Nichttragende Innenwände</i>	m ² IWN	6.694	58,82	393.769,03	14,4	12,5
343	<i>Innenstützen</i>	m IST	0	0,00	0,00	0,0	0,0
344	<i>Innentüren und -fenster</i>	m ² ITF	571	445,38	254.232,98	9,3	8,1
345	<i>Innenwandbekleidungen</i>	m ² IBK	4.018	36,74	147.622,34	5,4	4,7
346	<i>Elementierte Innenwände</i>	m ² IWE	0	0,00	0,00	0,0	0,0
349	<i>Innenwände, sonstiges</i>	m ² IWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
350	Decken	m ² DEF	7.512	75,76	569.144,28	20,8	18,1
351	<i>Deckenkonstruktionen</i>	m ² DKK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
352	<i>Deckenbeläge</i>	m ² DKBL	6.764	41,32	279.527,57	10,2	8,9
353	<i>Deckenbekleidungen</i>	m ² DKBK	6.764	42,82	289.616,72	10,6	9,2
359	<i>Decken, sonstiges</i>	m ² DEF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
360	Dächer	m ² DAF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
361	<i>Dachkonstruktionen</i>	m ² DK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
362	<i>Dachfenster, Dachöffnungen</i>	m ² DFÖ	0	0,00	0,00	0,0	0,0
363	<i>Dachbeläge</i>	m ² DBL	0	0,00	0,00	0,0	0,0
364	<i>Dachbekleidungen</i>	m ² DBK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
369	<i>Dächer, sonstiges</i>	m ² DAF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
370	<i>Baukonstruktive Einbauten</i>	m ² BGF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
390	<i>Sonstige Maßnahmen der Baukor</i>	m ² BGF	9.755	15,84	154.543,78	5,7	4,9
400	Bauwerk - Technische Anlagen	m ² BGF	9.755	124,41	1.213.596,18	44,4	38,6
300+400	Bauwerk - Gesamt	m ² BGF	9.755	280,17	2.732.908,60	100,0	87,0
500	Außenanlagen	m ² AUF	---	---	0,00	0,0	0,0
600	Ausstattung und Kunstwerke	m ² BGF	---	---	0,00	0,0	0,0
700	Baunebenkosten	% von KG 300+400	15 %	psch.	409.936,29	15,0	13,0
Gesamtkosten					3.142.844,89		100,0 %

Tabelle D-105: Umbaukosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, geringe Variabilität in Hotel
 Table D-105: Renovation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, low variability to hotel

Kosten- gruppe	Bezeichnung der Kostengruppe	Bezugs- einheit	Menge	Kennwert [€/Einheit]	Kosten [€] (netto)	% von 300+400	% von Gesamt
100	Grundstück	m² FBG	---	---	---	---	---
200	Herrichten und Erschließen	m² FBG	---	---	0,00	0,0	0,0
300	Bauwerk - Baukonstruktionen	m² BGF	9.755	183,04	1.785.468,34	50,2	28,4
310	<i>Baugrube</i>	m³ BGI	---	---	0,00	0,0	0,0
320	<i>Gründung</i>	m² GRF	---	---	0,00	0,0	0,0
330	Außenwände	m² AWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
331	<i>Tragende Außenwände</i>	m² AWT	0	0,00	0,00	0,0	0,0
332	<i>Nichttragende Außenwände</i>	m² AWN	0	0,00	0,00	0,0	0,0
333	<i>Außenstützen</i>	m AST	0	0,00	0,00	0,0	0,0
334	<i>Außentüren und -fenster</i>	m² ATF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
335	<i>Außenwandbekleidungen, au</i>	m² ABKA	0	0,00	0,00	0,0	0,0
336	<i>Außenwandbekleidungen, inr</i>	m² ABKI	0	0,00	0,00	0,0	0,0
337	<i>Elementierte Außenwände</i>	m² AWE	0	0,00	0,00	0,0	0,0
338	<i>Sonnenschutz</i>	m² SOS	0	0,00	0,00	0,0	0,0
339	<i>Außenwände, sonstiges</i>	m² AWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
340	Innenwände	m² IVF	9.645	104,57	1.008.551,42	28,4	16,1
341	<i>Tragende Innenwände</i>	m² IWT	0	0,00	0,00	0,0	0,0
342	<i>Nichttragende Innenwände</i>	m² IWN	8.257	58,82	485.700,07	13,7	7,7
343	<i>Innenstützen</i>	m IST	0	0,00	0,00	0,0	0,0
344	<i>Innentüren und -fenster</i>	m² ITF	834	445,38	371.438,70	10,4	5,9
345	<i>Innenwandbekleidungen</i>	m² IBK	4.145	36,53	151.412,65	4,3	2,4
346	<i>Elementierte Innenwände</i>	m² IWE	0	0,00	0,00	0,0	0,0
349	<i>Innenwände, sonstiges</i>	m² IVF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
350	Decken	m² DEF	7.512	77,71	583.737,19	16,4	9,3
351	<i>Deckenkonstruktionen</i>	m² DKK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
352	<i>Deckenbeläge</i>	m² DKBL	6.718	44,25	297.266,17	8,4	4,7
353	<i>Deckenbekleidungen</i>	m² DKBK	6.718	42,64	286.471,02	8,1	4,6
359	<i>Decken, sonstiges</i>	m² DEF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
360	Dächer	m² DAF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
361	<i>Dachkonstruktionen</i>	m² DK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
362	<i>Dachfenster, Dachöffnungen</i>	m² DFÖ	0	0,00	0,00	0,0	0,0
363	<i>Dachbeläge</i>	m² DBL	0	0,00	0,00	0,0	0,0
364	<i>Dachbekleidungen</i>	m² DBK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
369	<i>Dächer, sonstiges</i>	m² DAF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
370	<i>Baukonstruktive Einbauten</i>	m² BGF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
390	<i>Sonstige Maßnahmen der Bauk</i>	m² BGF	9.755	19,80	193.179,73	5,4	3,1
400	Bauwerk - Technische Anlagen	m² BGF	9.755	181,56	1.771.044,14	49,8	28,2
300+400	Bauwerk - Gesamt	m² BGF	9.755	364,60	3.556.512,48	100,0	56,6
500	Außenanlagen	m² AUF	---	---	0,00	0,0	0,0
600	Ausstattung und Kunstwerke	m² BGF	---	---	2.193.277,31	61,7	34,9
700	Baunebenkosten	% von KG 300+400	15 %	psch.	533.476,87	15,0	8,5
Gesamtkosten					6.283.266,66		100,0 %

Tabelle D-106: Umbaukosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, mittlere Variabilität zu Wohnen
Table D-106: Renovation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, middle variability to residential use

Kosten- gruppe	Bezeichnung der Kostengruppe	Bezugs- einheit	Menge	Kennwert [€/Einheit]	Kosten [€] (netto)	% von 300+400	% von Gesamt
100	Grundstück	m ² FBG	---	---	---	---	---
200	Herrichten und Erschließen	m ² FBG	---	---	0,00	0,0	0,0
300	Bauwerk - Baukonstruktionen	m ² BGF	9.755	154,21	1.504.297,22	60,8	52,9
310	<i>Baugrube</i>	m ³ BGI	---	---	0,00	0,0	0,0
320	<i>Gründung</i>	m ² GRF	---	---	0,00	0,0	0,0
330	Außenwände	m ² AWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
331	<i>Tragende Außenwände</i>	m ² AWT	0	0,00	0,00	0,0	0,0
332	<i>Nichttragende Außenwände</i>	m ² AWN	0	0,00	0,00	0,0	0,0
333	<i>Außenstützen</i>	m AST	0	0,00	0,00	0,0	0,0
334	<i>Außentüren und -fenster</i>	m ² ATF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
335	<i>Außenwandbekleidungen, au</i>	m ² ABKA	0	0,00	0,00	0,0	0,0
336	<i>Außenwandbekleidungen, inn</i>	m ² ABKI	0	0,00	0,00	0,0	0,0
337	<i>Elementierte Außenwände</i>	m ² AWE	0	0,00	0,00	0,0	0,0
338	<i>Sonnenschutz</i>	m ² SOS	0	0,00	0,00	0,0	0,0
339	<i>Außenwände, sonstiges</i>	m ² AWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
340	Innenwände	m ² IWF	8.894	93,11	828.177,16	33,5	29,1
341	<i>Tragende Innenwände</i>	m ² IWT	0	0,00	0,00	0,0	0,0
342	<i>Nichttragende Innenwände</i>	m ² IWN	7.172	58,82	421.906,48	17,1	14,8
343	<i>Innenstützen</i>	m IST	0	0,00	0,00	0,0	0,0
344	<i>Innentüren und -fenster</i>	m ² ITF	577	445,38	256.818,40	10,4	9,0
345	<i>Innenwandbekleidungen</i>	m ² IBK	4.043	36,97	149.452,28	6,0	5,3
346	<i>Elementierte Innenwände</i>	m ² IWE	0	0,00	0,00	0,0	0,0
349	<i>Innenwände, sonstiges</i>	m ² IWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
350	Decken	m ² DEF	7.512	69,43	521.576,28	21,1	18,3
351	<i>Deckenkonstruktionen</i>	m ² DKK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
352	<i>Deckenbeläge</i>	m ² DKBL	6.418	38,77	248.788,18	10,1	8,8
353	<i>Deckenbekleidungen</i>	m ² DKBK	6.418	42,50	272.788,10	11,0	9,6
359	<i>Decken, sonstiges</i>	m ² DEF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
360	Dächer	m ² DAF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
361	<i>Dachkonstruktionen</i>	m ² DK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
362	<i>Dachfenster, Dachöffnungen</i>	m ² DFÖ	0	0,00	0,00	0,0	0,0
363	<i>Dachbeläge</i>	m ² DBL	0	0,00	0,00	0,0	0,0
364	<i>Dachbekleidungen</i>	m ² DBK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
369	<i>Dächer, sonstiges</i>	m ² DAF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
370	<i>Baukonstruktive Einbauten</i>	m ² BGF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
390	<i>Sonstige Maßnahmen der Bauk</i>	m ² BGF	9.755	15,84	154.543,78	6,3	5,4
400	Bauwerk - Technische Anlagen	m ² BGF	9.755	99,24	968.003,98	39,2	34,0
300+400	Bauwerk - Gesamt	m² BGF	9.755	253,45	2.472.301,20	100,0	87,0
500	Außenanlagen	m ² AUF	---	---	0,00	0,0	0,0
600	Ausstattung und Kunstwerke	m ² BGF	---	---	0,00	0,0	0,0
700	Baunebenkosten	% von KG 300+400	15 %	psch.	370.845,18	15,0	13,0
Gesamtkosten					2.843.146,38		100,0 %

Tabelle D-107: Umbaukosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, mittlere Variabilität zu Hotel
 Table D-107: Renovation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, middle variability to hotel

Kosten- gruppe	Bezeichnung der Kostengruppe	Bezugs- einheit	Menge	Kennwert [€/Einheit]	Kosten [€] (netto)	% von 300+400	% von Gesamt
100	Grundstück	m² FBG	---	---	---	---	---
200	Herrichten und Erschließen	m² FBG	---	---	0,00	0,0	0,0
300	Bauwerk - Baukonstruktionen	m² BGF	9.755	184,06	1.795.478,32	54,1	29,9
310	<i>Baugrube</i>	m³ BGI	---	---	0,00	0,0	0,0
320	<i>Gründung</i>	m² GRF	---	---	0,00	0,0	0,0
330	Außenwände	m² AWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
331	<i>Tragende Außenwände</i>	m² AWT	0	0,00	0,00	0,0	0,0
332	<i>Nichttragende Außenwände</i>	m² AWN	0	0,00	0,00	0,0	0,0
333	<i>Außenstützen</i>	m AST	0	0,00	0,00	0,0	0,0
334	<i>Außentüren und -fenster</i>	m² ATF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
335	<i>Außenwandbekleidungen, au</i>	m² ABKA	0	0,00	0,00	0,0	0,0
336	<i>Außenwandbekleidungen, inn</i>	m² ABKI	0	0,00	0,00	0,0	0,0
337	<i>Elementierte Außenwände</i>	m² AWE	0	0,00	0,00	0,0	0,0
338	<i>Sonnenschutz</i>	m² SOS	0	0,00	0,00	0,0	0,0
339	<i>Außenwände, sonstiges</i>	m² AWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
340	Innenwände	m² IVF	9.994	105,32	1.052.533,56	31,7	17,5
341	<i>Tragende Innenwände</i>	m² IWT	0	0,00	0,00	0,0	0,0
342	<i>Nichttragende Innenwände</i>	m² IWN	8.815	58,82	518.552,04	15,6	8,6
343	<i>Innenstützen</i>	m IST	0	0,00	0,00	0,0	0,0
344	<i>Innentüren und -fenster</i>	m² ITF	842	445,38	374.885,92	11,3	6,2
345	<i>Innenwandbekleidungen</i>	m² IBK	4.386	36,27	159.095,59	4,8	2,6
346	<i>Elementierte Innenwände</i>	m² IWE	0	0,00	0,00	0,0	0,0
349	<i>Innenwände, sonstiges</i>	m² IVF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
350	Decken	m² DEF	7.512	73,18	549.765,04	16,6	9,1
351	<i>Deckenkonstruktionen</i>	m² DKK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
352	<i>Deckenbeläge</i>	m² DKBL	6.338	44,33	280.924,00	8,5	4,7
353	<i>Deckenbekleidungen</i>	m² DKBK	6.338	42,42	268.841,04	8,1	4,5
359	<i>Decken, sonstiges</i>	m² DEF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
360	Dächer	m² DAF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
361	<i>Dachkonstruktionen</i>	m² DK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
362	<i>Dachfenster, Dachöffnungen</i>	m² DFÖ	0	0,00	0,00	0,0	0,0
363	<i>Dachbeläge</i>	m² DBL	0	0,00	0,00	0,0	0,0
364	<i>Dachbekleidungen</i>	m² DBK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
369	<i>Dächer, sonstiges</i>	m² DAF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
370	<i>Baukonstruktive Einbauten</i>	m² BGF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
390	<i>Sonstige Maßnahmen der Bauk</i>	m² BGF	9.755	19,80	193.179,73	5,8	3,2
400	Bauwerk - Technische Anlagen	m² BGF	9.755	156,38	1.525.451,94	45,9	25,4
300+400	Bauwerk - Gesamt	m² BGF	9.755	340,45	3.320.930,26	100,0	55,2
500	Außenanlagen	m² AUF	---	---	0,00	0,0	0,0
600	Ausstattung und Kunstwerke	m² BGF	9.755	224,84	2.193.277,31	66,0	36,5
700	Baunebenkosten	% von KG 300+400	15 %	psch.	498.139,54	15,0	8,3
Gesamtkosten					6.012.347,11		100,0 %

Tabelle D-108: Umbaukosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, mittlere Variabilität zu gemischte Nutzung

Table D-108: Renovation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, middle variability to mixed use

Kosten- gruppe	Bezeichnung der Kostengruppe	Bezugs- einheit	Menge	Kennwert [€/Einheit]	Kosten [€] (netto)	% von 300+400	% von Gesamt
100	Grundstück	m ² FBG	---	---	---	---	---
200	Herrichten und Erschließen	m ² FBG	---	---	0,00	0,0	0,0
300	Bauwerk - Baukonstruktionen	m ² BGF	9.755	136,06	1.327.184,13	57,8	50,3
310	<i>Baugrube</i>	m ³ BGI	---	---	0,00	0,0	0,0
320	<i>Gründung</i>	m ² GRF	---	---	0,00	0,0	0,0
330	Außenwände	m ² AWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
331	<i>Tragende Außenwände</i>	m ² AWT	0	0,00	0,00	0,0	0,0
332	<i>Nichttragende Außenwände</i>	m ² AWN	0	0,00	0,00	0,0	0,0
333	<i>Außenstützen</i>	m AST	0	0,00	0,00	0,0	0,0
334	<i>Außentüren und -fenster</i>	m ² ATF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
335	<i>Außenwandbekleidungen, au</i>	m ² ABKA	0	0,00	0,00	0,0	0,0
336	<i>Außenwandbekleidungen, inr</i>	m ² ABKI	0	0,00	0,00	0,0	0,0
337	<i>Elementierte Außenwände</i>	m ² AWE	0	0,00	0,00	0,0	0,0
338	<i>Sonnenschutz</i>	m ² SOS	0	0,00	0,00	0,0	0,0
339	<i>Außenwände, sonstiges</i>	m ² AWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
340	Innenwände	m ² IWF	7.268	90,02	654.258,65	28,5	24,8
341	<i>Tragende Innenwände</i>	m ² IWT	0	0,00	0,00	0,0	0,0
342	<i>Nichttragende Innenwände</i>	m ² IWN	5.512	58,82	324.223,36	14,1	12,3
343	<i>Innenstützen</i>	m IST	0	0,00	0,00	0,0	0,0
344	<i>Innentüren und -fenster</i>	m ² ITF	488	445,38	217.175,29	9,5	8,2
345	<i>Innenwandbekleidungen</i>	m ² IBK	3.104	36,36	112.859,99	4,9	4,3
346	<i>Elementierte Innenwände</i>	m ² IWE	0	0,00	0,00	0,0	0,0
349	<i>Innenwände, sonstiges</i>	m ² IWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
350	Decken	m ² DEF	7.512	69,01	518.381,70	22,6	19,6
351	<i>Deckenkonstruktionen</i>	m ² DKK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
352	<i>Deckenbeläge</i>	m ² DKBL	6.451	37,76	243.583,16	10,6	9,2
353	<i>Deckenbekleidungen</i>	m ² DKBK	6.451	42,60	274.798,54	12,0	10,4
359	<i>Decken, sonstiges</i>	m ² DEF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
360	Dächer	m ² DAF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
361	<i>Dachkonstruktionen</i>	m ² DK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
362	<i>Dachfenster, Dachöffnungen</i>	m ² DFÖ	0	0,00	0,00	0,0	0,0
363	<i>Dachbeläge</i>	m ² DBL	0	0,00	0,00	0,0	0,0
364	<i>Dachbekleidungen</i>	m ² DBK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
369	<i>Dächer, sonstiges</i>	m ² DAF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
370	<i>Baukonstruktive Einbauten</i>	m ² BGF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
390	<i>Sonstige Maßnahmen der Bauk</i>	m ² BGF	9.755	15,84	154.543,78	6,7	5,9
400	Bauwerk - Technische Anlagen	m ² BGF	9.755	99,24	968.003,98	42,2	36,7
300+400	Bauwerk - Gesamt	m² BGF	9.755	235,29	2.295.188,11	100,0	87,0
500	Außenanlagen	m ² AUF	---	---	0,00	0,0	0,0
600	Ausstattung und Kunstwerke	m ² BGF	---	---	0,00	0,0	0,0
700	Baunebenkosten	% von KG 300+400	15 %	psch.	344.278,22	15,0	13,0
Gesamtkosten					2.639.466,33		100,0 %

Tabelle D-109: Umbaukosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, hohe Variabilität zu Wohnen
 Table D-109: Renovation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, high variability to residential use

Kosten- gruppe	Bezeichnung der Kostengruppe	Bezugs- einheit	Menge	Kennwert [€/Einheit]	Kosten [€] (netto)	% von 300+400	% von Gesamt
100	Grundstück	m² FBG	---	---	---	---	---
200	Herrichten und Erschließen	m² FBG	---	---	0,00	0,0	0,0
300	Bauwerk - Baukonstruktionen	m² BGF	9.755	157,31	1.534.498,79	63,5	55,3
310	<i>Baugrube</i>	m³ BGI	---	---	0,00	0,0	0,0
320	<i>Gründung</i>	m² GRF	---	---	0,00	0,0	0,0
330	Außenwände	m² AWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
331	<i>Tragende Außenwände</i>	m² AWT	0	0,00	0,00	0,0	0,0
332	<i>Nichttragende Außenwände</i>	m² AWN	0	0,00	0,00	0,0	0,0
333	<i>Außenstützen</i>	m AST	0	0,00	0,00	0,0	0,0
334	<i>Außentüren und -fenster</i>	m² ATF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
335	<i>Außenwandbekleidungen, au</i>	m² ABKA	0	0,00	0,00	0,0	0,0
336	<i>Außenwandbekleidungen, inn</i>	m² ABKI	0	0,00	0,00	0,0	0,0
337	<i>Elementierte Außenwände</i>	m² AWE	0	0,00	0,00	0,0	0,0
338	<i>Sonnenschutz</i>	m² SOS	0	0,00	0,00	0,0	0,0
339	<i>Außenwände, sonstiges</i>	m² AWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
340	Innenwände	m² IWF	11.118	77,39	860.451,92	35,6	31,0
341	<i>Tragende Innenwände</i>	m² IWT	0	0,00	0,00	0,0	0,0
342	<i>Nichttragende Innenwände</i>	m² IWN	7.194	58,82	423.148,78	17,5	15,2
343	<i>Innenstützen</i>	m IST	0	0,00	0,00	0,0	0,0
344	<i>Innentüren und -fenster</i>	m² ITF	565	445,38	251.647,56	10,4	9,1
345	<i>Innenwandbekleidungen</i>	m² IBK	5.178	35,86	185.655,58	7,7	6,7
346	<i>Elementierte Innenwände</i>	m² IWE	0	0,00	0,00	0,0	0,0
349	<i>Innenwände, sonstiges</i>	m² IWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
350	Decken	m² DEF	7.512	69,16	519.503,09	21,5	18,7
351	<i>Deckenkonstruktionen</i>	m² DKK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
352	<i>Deckenbeläge</i>	m² DKBL	6.122	42,75	261.728,15	10,8	9,4
353	<i>Deckenbekleidungen</i>	m² DKBK	6.122	42,11	257.774,94	10,7	9,3
359	<i>Decken, sonstiges</i>	m² DEF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
360	Dächer	m² DAF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
361	<i>Dachkonstruktionen</i>	m² DK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
362	<i>Dachfenster, Dachöffnungen</i>	m² DFÖ	0	0,00	0,00	0,0	0,0
363	<i>Dachbeläge</i>	m² DBL	0	0,00	0,00	0,0	0,0
364	<i>Dachbekleidungen</i>	m² DBK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
369	<i>Dächer, sonstiges</i>	m² DAF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
370	<i>Baukonstruktive Einbauten</i>	m² BGF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
390	<i>Sonstige Maßnahmen der Bauk</i>	m² BGF	9.755	15,84	154.543,78	6,4	5,6
400	Bauwerk - Technische Anlagen	m² BGF	9.755	90,23	880.193,18	36,5	31,7
300+400	Bauwerk - Gesamt	m² BGF	9.755	247,54	2.414.691,97	100,0	87,0
500	Außenanlagen	m² AUF	---	---	0,00	0,0	0,0
600	Ausstattung und Kunstwerke	m² BGF	---	---	0,00	0,0	0,0
700	Baunebenkosten	% von KG 300+400	15 %	psch.	362.203,80	15,0	13,0
Gesamtkosten					2.776.895,77		100,0 %

Tabelle D-110: Umbaukosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, hohe Variabilität zu Hotel
Table D-110: Renovation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, high variability to hotel

Kosten- gruppe	Bezeichnung der Kostengruppe	Bezugs- einheit	Menge	Kennwert [€/Einheit]	Kosten [€] (netto)	% von 300+400	% von Gesamt
100	Grundstück	m ² FBG	---	---	---	---	---
200	Herrichten und Erschließen	m ² FBG	---	---	0,00	0,0	0,0
300	Bauwerk - Baukonstruktionen	m ² BGF	9.755	177,65	1.732.869,93	55,5	30,6
310	<i>Baugrube</i>	m ³ BGI	---	---	0,00	0,0	0,0
320	<i>Gründung</i>	m ² GRF	---	---	0,00	0,0	0,0
330	Außenwände	m ² AWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
331	<i>Tragende Außenwände</i>	m ² AWT	0	0,00	0,00	0,0	0,0
332	<i>Nichttragende Außenwände</i>	m ² AWN	0	0,00	0,00	0,0	0,0
333	<i>Außenstützen</i>	m AST	0	0,00	0,00	0,0	0,0
334	<i>Außentüren und -fenster</i>	m ² ATF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
335	<i>Außenwandbekleidungen, au</i>	m ² ABKA	0	0,00	0,00	0,0	0,0
336	<i>Außenwandbekleidungen, inr</i>	m ² ABKI	0	0,00	0,00	0,0	0,0
337	<i>Elementierte Außenwände</i>	m ² AWE	0	0,00	0,00	0,0	0,0
338	<i>Sonnenschutz</i>	m ² SOS	0	0,00	0,00	0,0	0,0
339	<i>Außenwände, sonstiges</i>	m ² AWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
340	Innenwände	m ² IWF	9.970	100,77	1.004.581,05	32,2	17,7
341	<i>Tragende Innenwände</i>	m ² IWT	0	0,00	0,00	0,0	0,0
342	<i>Nichttragende Innenwände</i>	m ² IWN	8.040	58,82	472.953,97	15,1	8,4
343	<i>Innenstützen</i>	m IST	0	0,00	0,00	0,0	0,0
344	<i>Innentüren und -fenster</i>	m ² ITF	807	445,38	359.373,40	11,5	6,3
345	<i>Innenwandbekleidungen</i>	m ² IBK	4.879	35,31	172.253,67	5,5	3,0
346	<i>Elementierte Innenwände</i>	m ² IWE	0	0,00	0,00	0,0	0,0
349	<i>Innenwände, sonstiges</i>	m ² IWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
350	Decken	m ² DEF	6.439	83,10	535.109,16	17,1	9,4
351	<i>Deckenkonstruktionen</i>	m ² DKK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
352	<i>Deckenbeläge</i>	m ² DKBL	5.005	54,73	273.931,82	8,8	4,8
353	<i>Deckenbekleidungen</i>	m ² DKBK	5.005	52,18	261.177,34	8,4	4,6
359	<i>Decken, sonstiges</i>	m ² DEF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
360	Dächer	m ² DAF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
361	<i>Dachkonstruktionen</i>	m ² DK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
362	<i>Dachfenster, Dachöffnungen</i>	m ² DFÖ	0	0,00	0,00	0,0	0,0
363	<i>Dachbeläge</i>	m ² DBL	0	0,00	0,00	0,0	0,0
364	<i>Dachbekleidungen</i>	m ² DBK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
369	<i>Dächer, sonstiges</i>	m ² DAF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
370	<i>Baukonstruktive Einbauten</i>	m ² BGF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
390	<i>Sonstige Maßnahmen der Bauk</i>	m ² BGF	9.755	19,80	193.179,73	6,2	3,4
400	Bauwerk - Technische Anlagen	m ² BGF	9.755	142,54	1.390.376,23	44,5	24,6
300+400	Bauwerk - Gesamt	m ² BGF	9.755	320,18	3.123.246,16	100,0	55,2
500	Außenanlagen	m ² AUF	---	---	0,00	0,0	0,0
600	Ausstattung und Kunstwerke	m ² BGF	9.755	212,35	2.071.428,57	66,3	36,6
700	Baunebenkosten	% von KG 300+400	15 %	psch.	468.486,92	15,0	8,3
Gesamtkosten					5.663.161,66		100,0 %

Tabelle D-111: Umbaukosten der 3. Ebene nach DIN 276-1:2008-12, hohe Variabilität zu gemischte Nutzung

Table D-111: Renovation costs of the 3rd level according to din 276-1: 2008-12, high variability to mixed use

Kosten- gruppe	Bezeichnung der Kostengruppe	Bezugs- einheit	Menge	Kennwert [€/Einheit]	Kosten [€] (netto)	% von 300+400	% von Gesamt
100	Grundstück	m² FBG	---	---	---	---	---
200	Herrichten und Erschließen	m² FBG	---	---	0,00	0,0	0,0
300	Bauwerk - Baukonstruktionen	m² BGF	9.755	141,81	1.383.341,15	61,1	53,1
310	<i>Baugrube</i>	m³ BGI	---	---	0,00	0,0	0,0
320	<i>Gründung</i>	m² GRF	---	---	0,00	0,0	0,0
330	Außenwände	m² AWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
331	<i>Tragende Außenwände</i>	m² AWT	0	0,00	0,00	0,0	0,0
332	<i>Nichttragende Außenwände</i>	m² AWN	0	0,00	0,00	0,0	0,0
333	<i>Außenstützen</i>	m AST	0	0,00	0,00	0,0	0,0
334	<i>Außentüren und -fenster</i>	m² ATF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
335	<i>Außenwandbekleidungen, au</i>	m² ABKA	0	0,00	0,00	0,0	0,0
336	<i>Außenwandbekleidungen, inr</i>	m² ABKI	0	0,00	0,00	0,0	0,0
337	<i>Elementierte Außenwände</i>	m² AWE	0	0,00	0,00	0,0	0,0
338	<i>Sonnenschutz</i>	m² SOS	0	0,00	0,00	0,0	0,0
339	<i>Außenwände, sonstiges</i>	m² AWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
340	Innenwände	m² IWF	4.072	175,06	712.764,85	31,5	27,4
341	<i>Tragende Innenwände</i>	m² IWT	0	0,00	0,00	0,0	0,0
342	<i>Nichttragende Innenwände</i>	m² IWN	6.142	58,82	361.265,45	16,0	13,9
343	<i>Innenstützen</i>	m IST	0	0,00	0,00	0,0	0,0
344	<i>Innentüren und -fenster</i>	m² ITF	480	445,38	213.728,07	9,4	8,2
345	<i>Innenwandbekleidungen</i>	m² IBK	3.853	35,76	137.771,33	6,1	5,3
346	<i>Elementierte Innenwände</i>	m² IWE	0	0,00	0,00	0,0	0,0
349	<i>Innenwände, sonstiges</i>	m² IWF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
350	Decken	m² DEF	7.512	68,69	516.032,52	22,8	19,8
351	<i>Deckenkonstruktionen</i>	m² DKK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
352	<i>Deckenbeläge</i>	m² DKBL	6.153	41,29	254.053,10	11,2	9,8
353	<i>Deckenbekleidungen</i>	m² DKBK	5.196	50,42	261.979,42	11,6	10,1
359	<i>Decken, sonstiges</i>	m² DEF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
360	Dächer	m² DAF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
361	<i>Dachkonstruktionen</i>	m² DK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
362	<i>Dachfenster, Dachöffnungen</i>	m² DFÖ	0	0,00	0,00	0,0	0,0
363	<i>Dachbeläge</i>	m² DBL	0	0,00	0,00	0,0	0,0
364	<i>Dachbekleidungen</i>	m² DBK	0	0,00	0,00	0,0	0,0
369	<i>Dächer, sonstiges</i>	m² DAF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
370	<i>Baukonstruktive Einbauten</i>	m² BGF	0	0,00	0,00	0,0	0,0
390	<i>Sonstige Maßnahmen der Bauk</i>	m² BGF	9.755	15,84	154.543,78	6,8	5,9
400	Bauwerk - Technische Anlagen	m² BGF	9.755	90,23	880.193,18	38,9	33,8
300+400	Bauwerk - Gesamt	m² BGF	9.755	232,05	2.263.534,34	100,0	87,0
500	Außenanlagen	m² AUF	---	---	0,00	0,0	0,0
600	Ausstattung und Kunstwerke	m² BGF	---	---	0,00	0,0	0,0
700	Baunebenkosten	% von KG 300+400	15 %	psch.	339.530,15	15,0	13,0
Gesamtkosten					2.603.064,49		100,0 %

D.3 Simulationsergebnisse und Szenarienauswertung
Simulation results and scenario evaluation

D.3.1 Simulationsergebnisse der vollständigen Finanzpläne
Simulation results of the complete financial plans

Tabelle D-112: VOFI des Szenarios: Bürogebäude geringe Variabilität zu Hotel

Table D-112: VOFI of the scenario: office building low variability to hotel

Table with columns for 'Vollständiger Finanzplan' (Scenario: Büro geringe Variabilität zu Hotel) and years 1 to 25. It includes sub-sections like 'Anzahlungen kumuliert', 'Erträge', 'Ergebnisse', 'Steuern', and 'Eigenkapitalrendite'. The final row shows 'Eigenkapitalrendite' at 6,68% and 'Eigenkapitaleinsatz 2' at 3.675.870,00.

Tabelle D-115: VOFI des Szenarios: Bürogebäude geringe Variabilität zu Wohnen

Table D-115: VOFI of the scenario: office building low variability to residential use

Vollständiger Finanzplan		Szenario:		Büro geringe Variabilität zu Wohnen																										
Nr.	Erreignis	Planung & Baubeginn	1. Jahr Bau	2. Jahr Bau & Inbetriebnahme	1. Jahr Nutzung	2. Jahr Nutzung	3. Jahr Nutzung	4. Jahr Nutzung	5. Jahr Nutzung	6. Jahr Nutzung	7. Jahr Nutzung	8. Jahr Nutzung	9. Jahr Nutzung	10. Jahr Nutzung	11. Jahr Nutzung	12. Jahr Nutzung	13. Jahr Nutzung	14. Jahr Nutzung	15. Jahr Nutzung	16. Jahr Nutzung	17. Jahr Nutzung	18. Jahr Nutzung	19. Jahr Nutzung	20. Jahr Nutzung	21. Jahr Nutzung	22. Jahr Nutzung	23. Jahr Nutzung	24. Jahr Nutzung	25. Jahr Nutzung & Verwertung	
Betrag		01.01.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	
Originäre Zahlungen																														
Anzahlungen																														
[11]	Realisierungskosten	- 1.170.510,14 €	- 4.682.040,56 €	- 5.852.550,69 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
[12]	Grundstückskosten (Erbbauzins)	- €	- 72.530,13 €	- 73.710,93 €	- 74.890,30 €	- 76.088,54 €	- 77.305,96 €	- 78.542,86 €	- 79.809,55 €	- 81.076,34 €	- 82.373,56 €	- 83.691,54 €	- 85.030,60 €	- 86.391,09 €	- 87.772,72 €	- 89.177,72 €	- 90.604,56 €	- 92.054,23 €	- 93.527,10 €	- 95.023,51 €	- 96.543,91 €	- 98.088,61 €	- 99.659,03 €	- 101.255,56 €	- 102.877,60 €	- 104.518,56 €	- 106.190,86 €	- 107.889,91 €	- 109.611,15 €	
[13]	Betriebskosten p.a.	- €	- €	- €	- 269.768,70 €	- 274.085,00 €	- 278.470,36 €	- 282.925,88 €	- 287.452,70 €	- 292.051,94 €	- 296.724,77 €	- 301.472,37 €	- 306.295,93 €	- 311.196,66 €	- 316.175,81 €	- 321.234,62 €	- 326.382,60 €	- 331.621,37 €	- 336.951,44 €	- 342.373,32 €	- 347.887,53 €	- 353.494,50 €	- 359.193,74 €	- 364.985,76 €	- 370.870,97 €	- 376.850,80 €	- 382.925,88 €	- 389.096,66 €	- 395.363,68 €	
[14]	Kosten für den Umbau	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[15]	Kosten der Projektgeschäft p.a.	- €	- 35.000,00 €	- 35.560,00 €	- 36.120,00 €	- 36.700,00 €	- 37.290,00 €	- 37.890,00 €	- 38.500,00 €	- 39.120,00 €	- 39.750,00 €	- 40.390,00 €	- 41.040,00 €	- 41.700,00 €	- 42.370,00 €	- 43.050,00 €	- 43.740,00 €	- 44.440,00 €	- 45.150,00 €	- 45.870,00 €	- 46.600,00 €	- 47.340,00 €	- 48.090,00 €	- 48.850,00 €	- 49.620,00 €	- 50.400,00 €	- 51.190,00 €	- 52.000,00 €	- 52.820,00 €	
[16]	Anzahlungen p.a. V [11 bis 15]	- 1.170.510,14 €	- 4.789.590,68 €	- 5.961.821,62 €	- 380.787,96 €	- 386.880,56 €	- 393.076,65 €	- 399.357,78 €	- 405.724,55 €	- 412.171,40 €	- 418.700,47 €	- 425.314,23 €	- 432.015,31 €	- 438.806,24 €	- 445.689,58 €	- 452.667,87 €	- 459.743,66 €	- 466.919,50 €	- 474.197,94 €	- 481.571,51 €	- 489.042,76 €	- 496.613,24 €	- 504.285,51 €	- 512.061,14 €	- 519.942,58 €	- 527.932,34 €	- 536.033,07 €	- 544.246,42 €	- 552.574,15 €	
[17]	Anzahlungen kumuliert	- 1.170.510,14 €	- 5.960.100,82 €	- 11.921.922,45 €	- 12.302.710,41 €	- 12.689.590,96 €	- 13.082.661,61 €	- 13.482.021,40 €	- 13.887.770,94 €	- 14.300.012,49 €	- 14.718.848,99 €	- 15.144.388,70 €	- 15.576.726,12 €	- 16.015.961,10 €	- 16.462.194,33 €	- 16.915.728,25 €	- 17.376.677,33 €	- 17.845.155,16 €	- 18.321.282,18 €	- 18.804.172,18 €	- 19.293.941,50 €	- 19.790.704,66 €	- 20.294.576,14 €	- 20.805.660,54 €	- 21.323.072,44 €	- 21.847.905,44 €	- 22.379.282,18 €	- 22.916.318,18 €	- 23.455.128,18 €	
[18]	Erlöse durch Vermietung p.a. [19]	- €	- €	- €	- 1.464.046,91 €	- 1.486.257,30 €	- 1.508.804,84 €	- 1.531.694,65 €	- 1.554.931,93 €	- 1.578.521,96 €	- 1.602.470,09 €	- 1.626.781,78 €	- 1.651.462,53 €	- 1.676.517,96 €	- 1.701.953,76 €	- 1.727.775,70 €	- 1.753.990,33 €	- 1.780.612,24 €	- 1.807.646,00 €	- 1.835.095,31 €	- 1.862.963,76 €	- 1.891.255,94 €	- 1.919.976,46 €	- 1.949.129,84 €	- 1.978.720,70 €	- 2.008.754,54 €	- 2.039.236,96 €	- 2.070.172,58 €	- 2.101.566,00 €	
[19]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[20]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[21]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[22]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[23]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[24]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[25]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[26]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[27]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[28]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[29]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[30]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[31]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[32]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[33]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[34]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[35]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[36]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[37]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[38]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[39]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[40]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[41]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[42]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[43]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[44]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[45]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[46]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[47]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[48]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[49]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[50]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[51]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
[52]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [15]	- €																												

Tabelle D-116: VOFI des Szenarios: Bürogebäude mittlere Variabilität zu Wohnen
Table D-116: VOFI of the scenario: office building middle variability to residential use

Vollständiger Finanzplan		Szenario:		Büro mittlere Variabilität zu Wohnen																										
Nr.	Ereignis	Planung & Baubeginn	1. Jahr Bau	2. Jahr Bau & Inbetriebnahme	1. Jahr Nutzung	2. Jahr Nutzung	3. Jahr Nutzung	4. Jahr Nutzung	5. Jahr Nutzung	6. Jahr Nutzung	7. Jahr Nutzung	8. Jahr Nutzung	9. Jahr Nutzung	10. Jahr Nutzung	11. Jahr Nutzung	12. Jahr Nutzung	Unbau	14. Jahr Nutzung	15. Jahr Nutzung	16. Jahr Nutzung	17. Jahr Nutzung	18. Jahr Nutzung	19. Jahr Nutzung	20. Jahr Nutzung	21. Jahr Nutzung	22. Jahr Nutzung	23. Jahr Nutzung	24. Jahr Nutzung	25. Jahr Nutzung & Verwertung	
Berichtszeitpunkt		01.01.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	
Originäre Zahlungen																														
Anzahlungen																														
[1] Realisierungs-kosten		- 1.204.125,60	- 4.816.502,39	- 6.020.627,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[2] Grundstückskosten (Erbbauzins)		-	- 72.550,13	- 73.710,93	74.890,30	76.088,54	77.305,96	78.542,86	79.799,55	81.076,34	82.373,56	83.691,54	85.030,60	86.391,09	87.773,35	89.177,72	90.604,56	92.054,23	93.527,10	95.023,66	96.543,91	98.088,03	100.657,56	102.250,00	103.881,00	105.549,90	107.256,91	108.991,61	110.754,34	112.545,34
[3] Betriebskosten p. a.		-	-	-	274.760,29	279.156,45	283.622,96	288.160,92	292.771,50	297.455,84	302.215,14	307.050,58	311.963,39	316.954,80	322.026,08	327.178,50	332.406,61	337.709,93	343.090,06	348.548,34	354.085,29	359.701,43	365.398,29	371.176,41	377.036,24	382.979,33	388.996,34	395.086,85	401.252,39	407.496,47
[4] Kosten für den Umbau		-	-	-	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00
[5] Kosten der Projektbeschaffung p. a.		-	-	-	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00
[6] Anzahlungen p. a. [1] bis [5]		- 1.204.125,60	- 4.924.052,52	- 6.129.898,92	- 385.779,55	- 391.952,01	- 398.223,25	- 404.594,82	- 411.066,35	- 417.638,44	- 424.311,77	- 431.117,02	- 438.042,89	- 445.098,74	- 452.284,90	- 459.597,68	- 467.033,66	- 474.597,44	- 482.284,62	- 490.090,69	- 498.012,16	- 506.044,54	- 514.193,33	- 522.454,14	- 530.832,57	- 539.324,14	- 547.924,45	- 556.637,12	- 565.456,78	- 574.386,99
[7] Anzahlungen kumuliert		- 1.204.125,60	- 6.128.178,12	- 12.258.077,03	- 12.643.856,58	- 13.035.808,60	- 13.434.031,85	- 13.838.626,67	- 14.249.695,02	- 14.667.340,46	- 15.091.668,23	- 15.522.785,25	- 15.960.800,14	- 16.405.823,26	- 16.857.966,76	- 17.317.344,56	- 17.784.072,24	- 18.257.153,30	- 18.736.592,44	- 19.222.393,36	- 19.714.560,65	- 20.213.099,91	- 20.718.117,81	- 21.228.722,06	- 21.744.930,37	- 22.266.749,32	- 22.794.186,45	- 23.327.259,28	- 23.865.075,41	- 24.407.651,44
Einnahmen																														
[8] Erlöse durch Vermietung p. a. [9]		-	-	-	1.528.265,76	1.551.444,11	1.574.974,20	1.598.861,39	1.623.111,08	1.647.728,79	1.672.709,94	1.698.068,68	1.723.846,30	1.749.992,80	1.776.532,12	1.803.482,28	1.830.859,38	1.858.679,54	1.886.959,86	1.915.715,44	1.944.962,28	1.974.715,48	2.004.990,14	2.035.792,26	2.067.129,84	2.099.009,88	2.131.439,38	2.164.425,44	2.197.975,06	2.232.094,34
[9] Erlös auf Basis des Returwertes nach Nutzungsende aus [55]		-	-	-	1.528.265,76	1.551.444,11	1.574.974,20	1.598.861,39	1.623.111,08	1.647.728,79	1.672.709,94	1.698.068,68	1.723.846,30	1.749.992,80	1.776.532,12	1.803.482,28	1.830.859,38	1.858.679,54	1.886.959,86	1.915.715,44	1.944.962,28	1.974.715,48	2.004.990,14	2.035.792,26	2.067.129,84	2.099.009,88	2.131.439,38	2.164.425,44	2.197.975,06	2.232.094,34
[10] Einnahmen p. a. [8] + [9]		-	-	-	1.528.265,76	1.551.444,11	1.574.974,20	1.598.861,39	1.623.111,08	1.647.728,79	1.672.709,94	1.698.068,68	1.723.846,30	1.749.992,80	1.776.532,12	1.803.482,28	1.830.859,38	1.858.679,54	1.886.959,86	1.915.715,44	1.944.962,28	1.974.715,48	2.004.990,14	2.035.792,26	2.067.129,84	2.099.009,88	2.131.439,38	2.164.425,44	2.197.975,06	2.232.094,34
[11] Einnahmen kumuliert		-	-	-	1.528.265,76	3.079.709,86	4.654.684,07	6.253.545,46	7.876.656,54	9.524.385,32	11.197.105,42	12.895.196,69	14.619.042,39	16.369.035,19	18.145.571,31	19.949.053,59	21.769.053,59	23.605.053,59	25.456.453,59	27.322.753,59	29.205.453,59	31.104.153,59	33.028.653,59	34.978.553,59	36.953.453,59	38.953.053,59	40.976.053,59	42.999,053,59	45.000,053,59	47.000,053,59
[12] Saldo aus Aus- und Einnahmen p. a. [6] + [10]		- 1.204.125,60	- 4.924.052,52	- 6.129.898,92	1.142.486,21	1.159.492,09	1.176.750,96	1.194.266,56	1.212.047,73	1.230.083,34	1.248.393,33	1.266.973,66	1.285.831,41	1.304.969,48	1.324.392,62	1.344.104,49	1.364.104,49	1.384.404,49	1.404.904,49	1.425.604,49	1.446.504,49	1.467.604,49	1.488.904,49	1.510.404,49	1.532.104,49	1.554.004,49	1.576.104,49	1.598.404,49	1.620.904,49	1.643.604,49
[13] Saldo aus Aus- und Einnahmen kumuliert		- 1.204.125,60	- 6.128.178,12	- 12.258.077,03	- 11.115.590,83	- 9.956.098,73	- 8.779.347,78	- 7.585.081,21	- 6.373.038,48	- 5.142.955,14	- 3.891.966,97	- 2.627.809,13	- 1.341.577,03	36.788,07	1.287.004,55	2.631.709,03	3.967.368,65	5.292.028,27	6.605.687,89	7.908.347,51	9.200.007,13	10.480.666,75	11.749.326,37	13.006.986,00	14.252.645,63	15.487.305,26	16.710.964,89	17.923.624,52	19.125.284,15	20.315.943,78
Derivative Zahlungen																														
[14] Anteil Fremdkapital von [12]		0,0%	51,1%	100,0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
[15] Aufnahme Kredit, aufgerundet [12] - [14]		-	- 2.516.000,00	- 6.130.000,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[16] Zinsen Kredit p. a. [64]		-	- 37.740,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00	- 129.690,00
[17] Tilgung Kredit p. a. [65]		-	-	-	259.380,00	263.270,70	267.219,76	271.228,06	275.294,68	279.425,92	283.622,96	287.897,34	292.249,60	296.678,44	301.183,44	305.764,32	310.420,80	315.152,64	320.000,00	324.964,00	329.944,00	335.040,00	340.252,00	345.580,00	351.024,00	356.584,00	362.256,00	368.040,00	373.936,00	379.944,00
[18] Eigenkapitaleinsatz 1 (aufgerundet ohne Zinsen)		1.205.000,00	2.409.000,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[19] Eigenkapitaleinsatz 2 (aufgerundet mit Zinsen aus Kredit)		1.205.000,00	2.446.740,00	129.690,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[20] Restzinsen aus Verrechnungskonto		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[21] Zinsen Überschüsse		-	-	-	1,82	1,92	547,33	1.103,45	1.670,43	2.248,44	2.837,64	3.438,21	4.050,43	4.683,44	5.337,24	6.011,84	6.707,24	7.423,44	8.160,44	8.928,44	9.727,44	10.557,44	11.418,44	12.310,44	13.234,44	14.191,44	15.181,44	16.204,44	17.261,44	18.353,44
[22] Überschuss p. a. [12] + [15] - [16] + [17] + [19] + [21] - [23] + [24]		874,40	947,48	102,90	545,407,46	556,113,40	566,980,20	578,010,27	589,206,04	600,569,96	613,473,41	627,025,92	641,230,44	656,097,44	671,621,44	687,804,44	704,647,44	722,150,44	740,423,44	759,466,44	779,280,44	799,864,44	821,218,44	843,342,44	866,246,44	890,930,44	916,404,44	942,678,44	969,752,44	
[23] Steuerzahlungen		-	-	0,0%	208,010,67	214,850,63	221,804,20	228,856,72	236,015,13	243,281,02	250,749,68	258,424,44	266,300,00	274,380,44	282,660,00	291,144,00	299,836,00	308,732,00	317,828,00	327,124,00	336,616,00	346,308,00	356,196,00	366,284,00	376,568,00	387,044,00	397,716,00	408,580,00	419,632,00	430,872,00
[24] Steuererstattungen aus [82]		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[25] Zusatzinformationen		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[26] Finanzierungssatz [12] + [15] - [16] - [17] + [18] + [21] - [23] + [24]		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[27] Stand langfristiger Kredite aus [67]		-	- 2.516.000,00	- 6.130.000,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[28] Verrechnungskonto Stand (Liquidität) (ab 27) + [22]		874,40	1.821,88	1.924,78	547.332,24	1.103.445,64	1.670.425,84	2.248.436,11	2.837.642,15	3.438.212,11	4.050.431,61	4.683.441,61	5.337.241,61	6.011,841,61	6.707,241,61	7.423,441,61	8.160,441,61	8.928,441,61	9.727,441,61	10.557,441,61	11.418,441,61	12.310,441,61	13.234,441,61	14.191,441,61	15.181,441,61	16.204,441,61	17.261,441,61	18.353,441,61	19.476,441,61	20.628,441,61
[29] Saldo aus Kredit und Liquidität [27] - [28]		874,40	- 2.514.178,12	- 8.644.075,22	- 7.839.287,76	- 7.019.903,66	- 6.185.703,70	- 5.336.465,37	- 4.471.962,37	- 3.591.966,97	- 2.711.966,97	- 1.831.966,97	- 951.966,97	36.788,07	1.287.004,55	2.631.709,03	3.967.368,65	5.292.028,27	6.605.687,89	7.908.347,51	9.200.007,13	10.480.666,75	11.749.326,37	13.006.986,00	14.252.645,63	15.487.305,26	16.710.964,89	17.923.624,52	19.125.284,15	20.315.943,78
Nebertragene																														
[29] Erlöse aus Vermietung		-	-																											

Tabelle D-120: VOFI des Szenarios: Bürogebäude geringe Variabilität ohne Umnutzung (Basisszenario)

Table D-120: VOFI of the scenario: office building low variability without conversion (base scenario)

Vollständiger Finanzplan		Szenario:		Büro geringe Variabilität ohne Umnutzung (Basisszenario)																											
Jahr		-1	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Nr.	Ereignis	Planung & Baubeginn	1. Jahr Bau	2. Jahr Bau & Inbetriebnahme	1. Jahr Nutzung	2. Jahr Nutzung	3. Jahr Nutzung	4. Jahr Nutzung	5. Jahr Nutzung	6. Jahr Nutzung	7. Jahr Nutzung	8. Jahr Nutzung	9. Jahr Nutzung	10. Jahr Nutzung	11. Jahr Nutzung	12. Jahr Nutzung	Umbau	14. Jahr Nutzung	15. Jahr Nutzung	16. Jahr Nutzung	17. Jahr Nutzung	18. Jahr Nutzung	19. Jahr Nutzung	20. Jahr Nutzung	21. Jahr Nutzung	22. Jahr Nutzung	23. Jahr Nutzung	24. Jahr Nutzung	25. Jahr Nutzung & Verwertung		
	Berechnungszeitpunkt	01.01.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.	31.12.		
Originäre Zahlungen																															
Auszahlungen																															
[11]	Realisierungskosten	-1.170.510,14 €	-4.682.040,56 €	-5.852.550,69 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[12]	Grundstückskosten (Erbbauzins)	-	-	-	74.890,30 €	76.088,54 €	77.305,96 €	78.542,86 €	79.799,55 €	81.076,34 €	82.373,56 €	83.691,99 €	85.030,60 €	86.391,09 €	87.733,35 €	89.177,72 €	-	90.604,56 €	92.054,23 €	93.527,10 €	95.023,51 €	96.543,91 €	98.088,61 €	101.252,56 €	104.518,56 €	106.190,86 €	107.889,91 €	109.616,15 €	-	-	
[13]	Betriebskosten p.a.	-	-	-	274.760,29 €	279.156,45 €	283.622,96 €	288.160,92 €	292.771,50 €	297.455,84 €	302.215,14 €	307.050,38 €	311.963,59 €	316.954,80 €	322.026,08 €	327.178,50 €	-	341.434,63 €	345.297,59 €	349.220,35 €	353.209,91 €	357.260,47 €	361.377,44 €	365.554,88 €	369.808,43 €	374.125,37 €	378.511,38 €	382.967,56 €	387.494,96 €	-	-
[14]	Kosten für den Umbau	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
[15]	Kosten der Projektgeschäftsfäh. n.a.	-	-	-	35.000,00 €	35.560,00 €	36.128,96 €	36.707,02 €	37.294,33 €	37.891,04 €	38.497,30 €	39.113,26 €	39.739,07 €	40.374,90 €	41.020,90 €	41.677,23 €	42.344,07 €	-	43.021,58 €	43.709,93 €	44.409,29 €	45.119,84 €	45.841,76 €	46.575,31 €	47.320,43 €	48.077,56 €	48.846,80 €	49.628,35 €	50.422,40 €	51.229,16 €	52.048,81 €
[16]	Anzahlungen p.a. 5 (11) bis (5)	-	-	-	8.961.821,62 €	385.229,55 €	391.952,01 €	398.223,25 €	404.994,82 €	412.266,83 €	419.997,08 €	428.141,46 €	435.749,27 €	443.763,12 €	452.134,81 €	459.777,80 €	467.734,11 €	-	481.761,11 €	489.869,49 €	498.167,32 €	506.675,70 €	515.413,12 €	524.399,67 €	533.643,80 €	543.164,44 €	552.972,88 €	563.079,45 €	573.494,48 €	584.228,34 €	595.291,47 €
[17]	Anzahlungen kumuliert	-1.170.510,14 €	-5.960.100,82 €	-11.921.922,45 €	-12.307.702,00 €	-12.699.651,01 €	-13.097.877,26 €	-13.502.477,08 €	-13.913.540,43 €	-14.331.185,88 €	-14.755.513,64 €	-15.184.630,66 €	-15.624.645,55 €	-16.069.668,67 €	-16.521.812,17 €	-16.981.189,97 €	-17.356.939,09 €	-	-17.738.700,20 €	-18.126.569,49 €	-18.520.644,68 €	-18.921.025,09 €	-19.327.811,57 €	-19.741.106,64 €	-20.161.014,44 €	-20.587.640,76 €	-21.021.093,09 €	-21.461.480,67 €	-21.908.914,45 €	-22.363.507,17 €	
Einzahlungen																															
[18]	Erlöse durch Verwertung p.a. [39]	-	-	-	1.468.728,48 €	1.491.013,77 €	1.513.637,41 €	1.536.604,54 €	1.559.920,38 €	1.583.590,23 €	1.607.619,46 €	1.632.013,53 €	1.656.777,99 €	1.681.918,47 €	1.707.440,68 €	1.733.350,41 €	-	509.989,74 €	517,670,29 €	525.466,53 €	533.380,22 €	541.413,12 €	549.567,03 €	557.843,78 €	566.245,20 €	574.773,19 €	583.429,65 €	592.216,51 €	601.135,74 €	610.189,33 €	
[19]	Erlös auf Basis des Restwertes nach Nutzungsende aus [55]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
[10]	Einzahlungen p.a. [81] - [9]	-	-	-	1.468.728,48 €	1.491.013,77 €	1.513.637,41 €	1.536.604,54 €	1.559.920,38 €	1.583.590,23 €	1.607.619,46 €	1.632.013,53 €	1.656.777,99 €	1.681.918,47 €	1.707.440,68 €	1.733.350,41 €	-	509.989,74 €	517,670,29 €	525.466,53 €	533.380,22 €	541.413,12 €	549.567,03 €	557.843,78 €	566.245,20 €	574.773,19 €	583.429,65 €	592.216,51 €	601.135,74 €	610.189,33 €	
[11]	Einzahlungen kumuliert	-	-	-	1.468.728,48 €	2.959.742,25 €	4.473.379,66 €	6.009.984,20 €	7.569.904,59 €	9.153.494,82 €	10.761.114,27 €	12.393.127,80 €	14.049.905,80 €	15.731.824,37 €	17.439.264,94 €	19.172.615,35 €	-	19.682.605,09 €	20.200.275,38 €	20.725.741,91 €	21.259.122,13 €	21.800.535,75 €	22.350.120,29 €	22.907.946,07 €	23.474.191,37 €	24.048.964,46 €	24.632.394,10 €	25.224.610,61 €	25.825.746,35 €	35.214.761,82 €	
Saldo aus Ans- und Einzahlungen																															
[12]	Saldo aus Ans- und Einzahlungen p.a. [61] - [10]	-1.170.510,14 €	-4.789.590,68 €	-5.961.821,62 €	1.082.948,93 €	1.099.961,76 €	1.115.414,16 €	1.132.009,72 €	1.148.852,03 €	1.165.944,78 €	1.183.291,63 €	1.200.896,51 €	1.218.763,11 €	1.236.895,35 €	1.255.297,18 €	1.273.972,61 €	134.240,62 €	135.909,18 €	137.597,24 €	139.305,83 €	141.032,72 €	142.780,55 €	144.548,70 €	146.337,41 €	148.146,87 €	149.977,31 €	151.828,93 €	153.701,96 €	8.934.422,75 €		
[13]	Saldo aus Ans- und Einzahlungen kumuliert	-1.170.510,14 €	-5.960.100,82 €	-11.921.922,45 €	-10.838.973,52 €	-9.739.911,76 €	-8.624.497,60 €	-7.492.487,88 €	-6.345.635,85 €	-5.177.691,06 €	-3.994.399,37 €	-2.793.502,86 €	-1.574.739,75 €	-337.844,40 €	917.452,77 €	2.191.425,38 €	2.325.666,00 €	2.461.575,18 €	2.599.172,42 €	2.738.477,45 €	2.879.510,17 €	3.022.290,72 €	3.166.839,42 €	3.313.176,83 €	3.461.323,70 €	3.611.301,01 €	3.763.129,94 €	3.916.831,90 €	12.851.254,65 €		
Derivative Zahlungen																															
Fremdkapital (langfristiger Kredit)																															
[14]	Anteil Fremdkapital von [12]	0,0%	51,1%	100,0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
[15]	Aufnahme Kredit, aufgezinst [12] - [14]	-	-	-	5.962.000,00 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[16]	Zinsen Kredit p.a. [64]	-	-	-	36.720,00 €	126.150,00 €	122.365,50 €	118.524,23 €	114.625,35 €	110.667,98 €	106.651,25 €	102.573,37 €	98.434,94 €	94.238,60 €	90.077,99 €	85.955,64 €	-	243.900,69 €	240.556,04 €	237.202,92 €	233.949,74 €	230.797,24 €	227.745,00 €	224.692,53 €	221.640,44 €	218.588,21 €	215.536,44 €	212.484,62 €	209.432,85 €	206.381,10 €	
[17]	Tilgung Kredit p.a. [65]	-	-	-	252.300,00 €	256.084,50 €	259.925,77 €	263.824,65 €	267.780,02 €	271.790,75 €	275.856,90 €	279.979,48 €	284.159,53 €	288.396,10 €	292.688,34 €	297.037,40 €	-	301.445,36 €	305.907,22 €	310.482,72 €	315.174,14 €	320.084,80 €	325.118,08 €	330.277,48 €	335.564,42 €	340.981,41 €	346.531,07 €	352.215,03 €	358.035,82 €	364.096,09 €	
[18]	Eigenkapitalersatz 1 (aufgezinst ohne Zinsen)	1.171.000,00 €	2.342.000,00 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
[19]	Eigenkapitalersatz 2 (aufgezinst mit Zinsen aus Kredit)	1.171.000,00 €	2.378.720,00 €	126.150,00 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
[20]	Restwert aus Verrechnungskonto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Zinsenüberschüsse																															
[21]	Zinsen aus Verrechnungskonto p.a. [69]	-	-	-	0,90 €	1,08 €	1,32 €	1,60 €	1,93 €	2,30 €	2,71 €	3,16 €	3,64 €	4,16 €	4,71 €	-	243.900,69 €	240.556,04 €	237.202,92 €	233.949,74 €	230.797,24 €	227.745,00 €	224.692,53 €	221.640,44 €	218.588,21 €	215.536,44 €	212.484,62 €	209.432,85 €	206.381,10 €		
[22]	Überschuss p.a. [123] + [15] - [16] + [19] + [21] - [23] + [24]	489,86 €	409,32 €	179,27 €	511,147,21 €	521.255,78 €	531.516,20 €	541.930,74 €	552.501,67 €	563.231,34 €	574.129,41 €	585.195,38 €	596.438,80 €	607.860,23 €	620.469,47 €	634.267,00 €	-	658.266,33 €	666.600,35 €	675.482,85 €	684.916,33 €	694.907,85 €	705.468,00 €	716.608,39 €	728.339,64 €	740.672,66 €	753.629,07 €	767.218,44 €	781.452,39 €	796.342,54 €	
[23]	Steuerzahlungen aus [82]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
[24]	Steuererstattungen aus [82]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Zustandinformationen																															
[25]	Finanzvermögen [12] + [15] - [16] + [19] + [21] - [23] + [24]	-	-	-	489,86 €	409,32 €	179,27 €	511,147,21 €	521.255,78 €	531.516,20 €	541.930,74 €	552.501,67 €	563.231,34 €	574.129,41 €	585.195,38 €	596.438,80 €	-	658.266,33 €	666.600,35 €	675.482,85 €	684.916,33 €	694.907,85 €	705.468,00 €	716.608,39 €	728.339,64 €	740.672,66 €	753.629,07 €	767.218,44 €	781.452,39 €	796.342,54 €	
[26]	Stand langfristiger Kredit aus [67]	-	-	-	8.410.000,00 €	8.157.700,00 €	7.901.615,50 €	7.641.689,73 €	7.377.865,08 €	7.110.083,06 €	6.838.284,31 €	6.559.282,30 €	6.275.513,73 €	5.991.120,85 €	5.702.498,43 €	5.414.290,29 €	5.126.100,00 €	-	4.838.944,89 €	4.558.163,67 €	4.278.290,24 €	4.000.000,00 €	3.723.999,99 €	3.450.000,00 €	3.178.000,00 €	2.908.000,00 €	2.640.000,00 €	2.374.000,00 €	2.112.000,00 €	1.854.000,00 €	
[27]	Verrechnungskonto (Liquidität) [ab 72] + [22]	489,86 €	899,18 €	1.078,45 €	512.225,66 €	1.033.481,44 €	1.564.997,64 €	2.106.928,38 €	2.659.430,05 €	3.222.661,39 €	3.819.514,47 €	4.437.412,38 €	5.067.759,79 €	5.710.707,26 €	6.366.405,63 €	7.035.005,98 €	7.699.243,17 €	8.356.866,32 €	9.016.673,77 €	9.679.673,77 €	10.344.869,99 €	11.010.168,31 €	11.674.572,44 €	12.338.096,00 €	13.000.743,66 €	13.661.521,00 €	14.320.446,00 €	14.978.533,00 €	15.634.780,00 €	16.290.190,00 €	
[28]	Saldo aus Kredit und Liquidität [127] - [26]	-489,86 €	-2.447.100,82 €	-8.408.921,55 €	-7.645.474,34 €	-6.868.134,06 €	-6.075.692,89 €	-5.270.936,70 €	-4.																						

D.4 Sensitivitätsuntersuchung Sensitivity analysis

Tabelle D-121: Sensitivitätsanalyse geringe Variabilität ohne Umnutzung (Basisszenario)

Table D-121: Sensitivity analysis of low variability without conversion (base scenario)

Eingangsgröße (Hauptmerkmal)	Merkmal	Mögliche(s) Risiko/Chance	Abweichung von Eingangsgröße	Rendite r_{EK} [%] (Mittelwert)	Abweichung zum Mittelwert	5 %-Quantil	Abweichung zum 5 %-Quantil	95 %-Quantil	Abweichung zum 95 %-Quantil		
Realisierungskosten	Gesamt	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-30%	1,26%	114,93%	-4,50%	95,54%	7,90%	31,23%		
			-20%	-1,77%	79,03%	-10,90%	89,20%	7,20%	19,60%		
		Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig	-10%	-4,72%	44,08%	-100,40%	0,53%	6,60%	9,63%		
			10%	-12,50%	48,10%	-101,30%	0,37%	5,50%	8,64%		
		Fassade (KG 335/337)	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	20%	-17,21%	103,91%	-101,60%	0,66%	5,00%	16,94%	
				30%	-21,51%	154,86%	-101,80%	0,86%	4,50%	25,25%	
	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig		-30%	-3,87%	54,15%	-100,30%	0,62%	6,50%	7,97%		
			-20%	-5,54%	34,36%	-100,50%	0,43%	6,40%	6,31%		
	Tragkonstruktion (Stützen und Decken)		Stahlpreisverfall	-10%	-6,89%	18,36%	-100,80%	0,13%	6,20%	2,99%	
				10%	-10,13%	20,02%	-101,10%	0,17%	5,80%	3,65%	
	Erlöse	Gewerbe ϕ 49,76 €/ (m ² NUF*Mt)	Mietansätze am Standort zu hoch	20%	-11,21%	32,82%	-101,20%	0,27%	5,60%	6,98%	
				30%	-13,20%	56,40%	-101,40%	0,47%	5,50%	8,64%	
Mietansätze am Standort nicht ausgeschöpft			-30%	-5,95%	29,50%	-100,60%	0,33%	6,30%	4,65%		
			-20%	-6,95%	17,65%	-100,70%	0,23%	6,30%	4,65%		
Kreditzins			Jahr 1-25 1,50 bis 5,00 %	Leitzins steigt im gesamten Betrachtungszeitraum	10%	-9,43%	11,73%	-101,00%	0,07%	5,90%	1,99%
					20%	-9,85%	16,71%	-101,10%	0,17%	5,80%	3,65%
Restbuchwert	Restwert des Gebäudes zu hoch geschätzt	Restwert zu hoch geschätzt	30%	-10,61%	25,71%	-101,20%	0,27%	5,70%	5,32%		
			-30%	-30,59%	262,44%	-102,30%	1,36%	3,80%	36,88%		
		Restwert zu niedrig geschätzt	-20%	-21,03%	149,17%	-101,80%	0,86%	4,70%	21,93%		
			-10%	-13,48%	59,72%	-101,40%	0,47%	5,40%	10,30%		
		Wertsteigerung	Restwert zu hoch geschätzt	10%	-4,65%	44,91%	-100,40%	0,53%	6,40%	6,31%	
				20%	-1,73%	79,50%	-10,60%	89,50%	7,00%	16,28%	
	Restwert zu niedrig geschätzt		30%	0,43%	105,09%	-5,60%	94,45%	7,40%	22,92%		
			10%	-8,43%	0,12%	-101,30%	0,37%	6,40%	6,31%		
	Wertsteigerung		20%	-8,56%	1,42%	-101,20%	0,27%	6,80%	12,96%		
			30%	-7,46%	11,61%	-101,20%	0,27%	7,10%	17,94%		

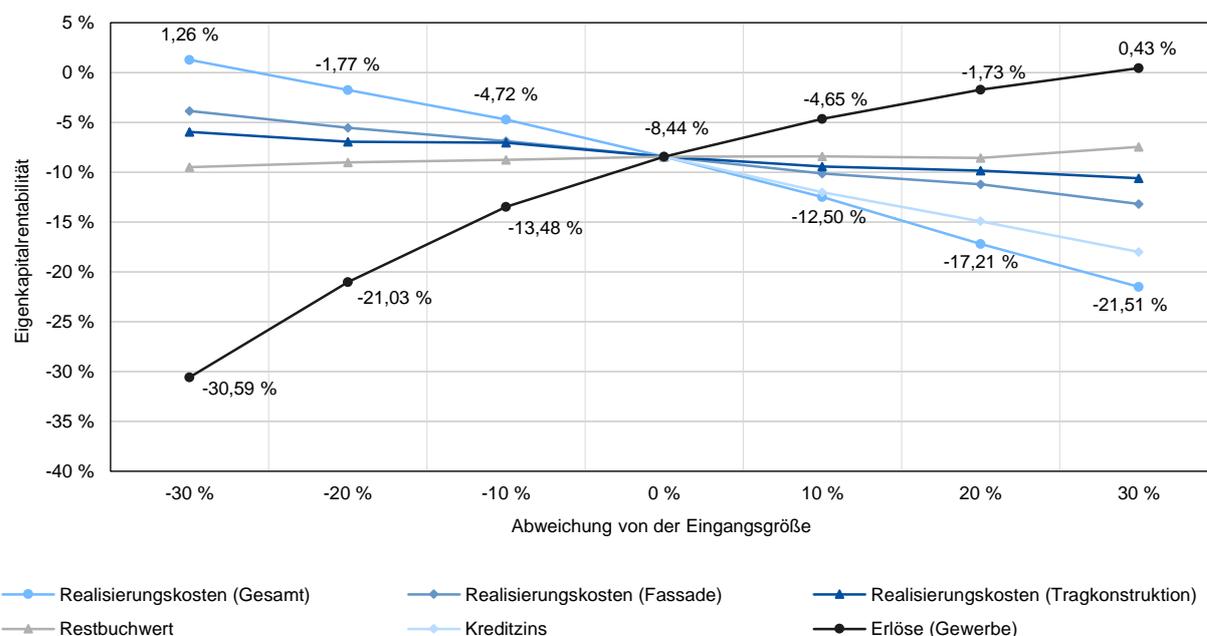


Abbildung D-1: Grafische Auswertung der Sensitivitätsanalyse geringe Variabilität ohne Umnutzung

Figure D-1: Graphical evaluation of the sensitivity analysis low variability without conversion

Tabelle D-122: Sensitivitätsanalyse geringe Variabilität zu Hotel (Teil 1)

Table D-122: Sensitivity analysis of low variability to hotel (part 1)

Eingangsgröße (Hauptmerkmal)	Merkmal	Mögliche(s) Risiko/Chance	Abweichung von Eingangsgröße	Rendite r_{EK} [%] (Mittelwert)	Abweichung zum Mittelwert	5 %-Quantil	Abweichung zum 5 %-Quantil	95 %-Quantil	Abweichung zum 95 %-Quantil
Realisierungskosten	Gesamt	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-30,00 %	8,60 %	28,74 %	6,36 %	55,50 %	10,66 %	19,64 %
			-20,00 %	7,90 %	18,26 %	5,49 %	34,23 %	9,98 %	12,01 %
			-10,00 %	7,27 %	8,83 %	4,78 %	16,87 %	9,40 %	5,50 %
		Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig	10,00 %	6,14 %	8,08 %	3,42 %	16,38 %	8,45 %	5,16 %
			20,00 %	5,62 %	15,87 %	2,81 %	31,30 %	8,02 %	9,99 %
			30,00 %	5,13 %	23,20 %	2,22 %	45,72 %	7,57 %	15,04 %
	Fassade (KG 335/337)	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-30,00 %	7,30 %	9,28 %	4,96 %	21,27 %	9,39 %	5,39 %
			-20,00 %	7,09 %	6,14 %	4,65 %	13,69 %	9,20 %	3,25 %
			-10,00 %	6,88 %	2,99 %	4,35 %	6,36 %	9,11 %	2,24 %
		Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig	10,00 %	6,50 %	2,69 %	3,93 %	3,91 %	8,80 %	1,23 %
			20,00 %	6,30 %	5,69 %	3,57 %	12,71 %	8,61 %	3,37 %
			30,00 %	6,11 %	8,53 %	3,40 %	16,87 %	8,47 %	4,94 %
Tragkonstruktion (Stützen und Decken)	Stahlpreisverfall	-30,00 %	7,03 %	5,24 %	4,55 %	11,25 %	9,23 %	3,59 %	
		-20,00 %	6,91 %	3,44 %	4,34 %	6,11 %	9,14 %	2,58 %	
		-10,00 %	6,80 %	1,80 %	4,18 %	2,20 %	9,05 %	1,01 %	
	Stahlpreissteigerung	10,00 %	6,57 %	1,65 %	3,98 %	2,69 %	8,81 %	1,12 %	
		20,00 %	6,47 %	3,14 %	3,89 %	4,89 %	8,68 %	2,58 %	
		30,00 %	6,36 %	4,79 %	3,77 %	7,82 %	8,59 %	3,59 %	
Umbaukosten 6.283.000 €	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-30,00 %	7,08 %	5,99 %	4,73 %	15,65 %	9,07 %	1,80 %	
		-20,00 %	6,98 %	4,19 %	4,54 %	11,00 %	8,95 %	1,57 %	
		-10,00 %	6,83 %	2,25 %	4,35 %	6,36 %	8,95 %	0,45 %	
	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig	10,00 %	6,53 %	2,25 %	3,90 %	4,65 %	8,88 %	0,34 %	
		20,00 %	6,37 %	4,64 %	3,65 %	10,76 %	8,75 %	1,80 %	
		30,00 %	6,20 %	7,19 %	3,36 %	17,85 %	8,66 %	2,81 %	
Erbbauszins 8 %	zu hoher Ansatz gewählt	-30,00 %	6,84 %	2,40 %	4,34 %	6,11 %	9,04 %	1,46 %	
		-20,00 %	6,79 %	1,65 %	4,24 %	3,67 %	8,95 %	0,45 %	
		-10,00 %	6,73 %	0,75 %	4,15 %	1,47 %	8,98 %	0,79 %	
	zu niedriger Ansatz gewählt	10,00 %	6,63 %	0,75 %	4,00 %	2,20 %	8,87 %	0,45 %	
		20,00 %	6,57 %	1,65 %	3,90 %	4,65 %	8,84 %	0,79 %	
		30,00 %	6,52 %	2,40 %	3,76 %	8,07 %	8,84 %	0,79 %	
Vermietungsgrad 2. Nutzung	Gewerbe 90 %	zu hoher Ansatz gewählt	-30,00 %	6,42 %	3,89 %	3,85 %	5,87 %	8,64 %	3,03 %
			-20,00 %	6,51 %	2,54 %	3,96 %	3,18 %	8,74 %	1,91 %
			-10,00 %	6,60 %	1,20 %	3,89 %	4,89 %	8,80 %	1,23 %
	Büro (entfällt im Szenario)	zu hoher Ansatz gewählt	-30,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
			-20,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
			-10,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
	Wohnen (entfällt im Szenario)	zu hoher Ansatz gewählt	-30,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
			-20,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
			-10,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
	Hotel 100 %	fehlende Auslastung, Miet- vertragsanpassung	-30,00 %	5,72 %	14,37 %	2,69 %	34,23 %	8,20 %	7,97 %
			-20,00 %	6,06 %	9,28 %	3,14 %	23,23 %	8,54 %	4,15 %
			-10,00 %	6,39 %	4,34 %	3,73 %	8,80 %	8,71 %	2,24 %
Tiefgarage 90 %	zu hoher Ansatz gewählt	-30,00 %	6,63 %	0,75 %	4,03 %	1,47 %	8,86 %	0,56 %	
		-20,00 %	6,64 %	0,60 %	3,98 %	2,69 %	8,89 %	0,22 %	
		-10,00 %	6,67 %	0,15 %	3,97 %	2,93 %	8,86 %	0,56 %	
Erlöse	Gewerbe ø 49,76 €/m²NUF*Mt)	Mietansätze am Standort zu hoch	-30,00 %	5,76 %	13,77 %	3,13 %	23,47 %	8,04 %	9,76 %
			-20,00 %	6,10 %	8,68 %	3,48 %	14,91 %	8,53 %	6,51 %
			-10,00 %	6,40 %	4,19 %	3,81 %	6,85 %	8,64 %	3,03 %
		Mietersätze am Standort nicht ausgeschöpft	10,00 %	6,94 %	3,89 %	4,38 %	7,09 %	9,19 %	3,14 %
			20,00 %	7,18 %	7,49 %	4,64 %	13,45 %	9,40 %	5,50 %
			30,00 %	7,41 %	10,93 %	4,90 %	19,80 %	9,58 %	7,52 %
	Büro ø 8,81 €/m²NUF*Mt)	Mietansätze am Standort zu hoch	-30,00 %	6,17 %	7,63 %	3,20 %	21,76 %	8,63 %	3,14 %
			-20,00 %	6,35 %	4,94 %	3,52 %	13,94 %	8,75 %	1,80 %
			-10,00 %	6,52 %	2,40 %	3,90 %	4,65 %	8,81 %	1,12 %
		Mietersätze am Standort nicht ausgeschöpft	10,00 %	6,83 %	2,25 %	4,34 %	6,11 %	9,02 %	1,23 %
			20,00 %	6,98 %	4,49 %	4,55 %	11,25 %	9,08 %	1,91 %
			30,00 %	7,12 %	6,59 %	4,71 %	15,16 %	9,15 %	2,69 %
	Wohnen (entfällt im Szenario) ø 7,47 €/m²NUF*Mt)	Mietansätze am Standort zu hoch	-30,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
			-20,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
			-10,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
		Anpassung an Mietspiegel bzw. örtliche Mieten	10,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
			20,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
			30,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
	Hotel ø 625,00 €/Zimmer*Mt)	fehlende Auslastung, Miet- vertragsanpassung	-30,00 %	5,42 %	18,86 %	2,18 %	46,70 %	8,06 %	9,54 %
			-20,00 %	5,89 %	11,83 %	2,97 %	27,38 %	8,33 %	6,51 %
			-10,00 %	6,30 %	5,69 %	3,49 %	14,67 %	8,68 %	2,58 %
		Bester Standort, Bettenknappheit	10,00 %	7,03 %	5,24 %	4,51 %	10,27 %	9,20 %	3,25 %
			20,00 %	7,35 %	10,93 %	4,95 %	21,03 %	9,46 %	6,17 %
			30,00 %	7,64 %	14,37 %	5,36 %	31,05 %	9,66 %	8,42 %
Stellplätze ø 6,40 €/m²NUF*Mt)	geringe städtische Parkgebühren	-30,00 %	6,59 %	1,35 %	3,90 %	4,65 %	8,85 %	0,67 %	
		-20,00 %	6,62 %	0,90 %	3,95 %	3,42 %	8,87 %	0,45 %	
		-10,00 %	6,66 %	0,30 %	4,07 %	0,49 %	8,92 %	0,11 %	
	wenig städtische Parkplätze mit hohen Gebühren	10,00 %	6,71 %	0,45 %	4,05 %	0,98 %	8,92 %	0,11 %	
		20,00 %	6,75 %	1,05 %	4,24 %	3,67 %	8,95 %	0,45 %	
		30,00 %	6,77 %	1,35 %	4,25 %	3,91 %	8,96 %	0,56 %	
Betriebskosten	Gewerbe ø 3,97 €/m²NRF*Mt)	Anstieg der Verbrauchskosten	10,00 %	6,68 %	0,00 %	4,07 %	0,49 %	8,88 %	0,34 %
			20,00 %	6,68 %	0,00 %	4,17 %	1,96 %	8,89 %	0,22 %
			30,00 %	6,67 %	0,15 %	4,05 %	0,98 %	8,90 %	0,11 %
	Büro ø 3,31 €/m²NRF*Mt)	Anstieg der Verbrauchskosten	10,00 %	6,66 %	0,30 %	4,07 %	0,49 %	8,92 %	0,11 %
			20,00 %	6,64 %	0,60 %	4,05 %	0,98 %	8,89 %	0,22 %
			30,00 %	6,61 %	1,05 %	4,01 %	1,96 %	8,85 %	0,67 %
	Wohnen (entfällt im Szenario) ø 16,06 €/m²BGF*a)	Anstieg der Verbrauchskosten	10,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
			20,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
			30,00 %		100,00 %		100,00 %		100,00 %
	Hotel ø 6,40 €/m²NRF*Mt)	Anstieg der Verbrauchskosten	10,00 %	6,62 %	0,90 %	4,06 %	0,73 %	8,83 %	0,90 %
			20,00 %	6,62 %	0,90 %	4,02 %	1,71 %	8,91 %	0,00 %
			30,00 %	6,61 %	1,05 %	3,92 %	4,16 %	8,90 %	0,11 %

Tabelle D-123: Sensitivitätsanalyse geringe Variabilität zu Hotel (Teil 2)

Table D-123: Sensitivity analysis of low variability to hotel (part 2)

Eingangsgröße (Hauptmerkmal)	Merkmal	Mögliche(s) Risiko/Chance	Abweichung von Eingangsgröße	Rendite r_{EK} [%] (Mittelwert)	Abweichung zum Mittelwert	5 %-Quantil	Abweichung zum 5%-Quantil	95 %-Quantil	Abweichung zum 95%-Quantil
Preissteigerung	Baupreise 2,40 %	hoher Wettbewerb und Preisverfall bei Baumaterialien	-30,00 %	6,75 %	1,05 %	4,23 %	3,42 %	8,91 %	0,00 %
			-20,00 %	6,71 %	0,45 %	4,16 %	1,71 %	8,84 %	0,79 %
			-10,00 %	6,67 %	0,15 %	4,10 %	0,24 %	8,85 %	0,67 %
		Anstieg Lohnkosten, Verknappung von Baumaterialien	10,00 %	6,56 %	1,80 %	3,94 %	3,67 %	8,89 %	0,22 %
			20,00 %	6,51 %	2,54 %	3,85 %	5,87 %	8,79 %	1,35 %
			30,00 %	6,45 %	3,44 %	3,70 %	9,54 %	8,83 %	0,90 %
	Verbraucherpreise 1,60 %	Ansatz zu hoch gewählt, Steigerung geringer als erwartet	-30,00 %	6,64 %	0,60 %	4,12 %	0,73 %	8,90 %	0,11 %
			-20,00 %	6,66 %	0,30 %	4,00 %	2,20 %	8,87 %	0,45 %
			-10,00 %	6,68 %	0,00 %	3,96 %	3,18 %	8,86 %	0,56 %
		Anstieg der Verbrauchskosten	10,00 %	6,59 %	1,35 %	3,96 %	3,18 %	8,89 %	0,22 %
			20,00 %	6,57 %	1,65 %	3,87 %	5,38 %	8,86 %	0,56 %
			30,00 %	6,54 %	2,10 %	3,94 %	3,67 %	8,78 %	1,46 %
	Mieten 1,5 %	Ansatz zu hoch gewählt, Steigerung geringer als erwartet	-30,00 %	6,05 %	9,43 %	3,16 %	22,74 %	8,40 %	5,72 %
			-20,00 %	6,24 %	6,59 %	3,45 %	15,65 %	8,60 %	3,48 %
			-10,00 %	6,43 %	3,74 %	3,75 %	8,31 %	8,72 %	2,13 %
hohe Nachfrage führt zu Preissteigerung		10,00 %	6,80 %	1,80 %	4,31 %	5,38 %	8,99 %	0,90 %	
		20,00 %	6,97 %	4,34 %	4,45 %	8,80 %	9,14 %	2,58 %	
		30,00 %	7,15 %	7,04 %	4,67 %	14,18 %	9,29 %	4,26 %	
Kreditzins	Jahr 1-25 1,50 bis 5,00 %	Leitzins steigt im gesamten Betrachtungszeitraum	10,00 %	6,42 %	3,89 %	3,67 %	10,27 %	8,80 %	1,23 %
		20,00 %	6,22 %	6,89 %	3,26 %	20,29 %	8,66 %	2,81 %	
		30,00 %	6,00 %	10,18 %	2,80 %	31,54 %	8,64 %	3,03 %	
Projektgesellschaft 35.000 €	Anstieg der Lohn- und Verwaltungskosten	10,00 %	6,58 %	1,50 %	3,94 %	3,67 %	8,84 %	0,79 %	
		20,00 %	6,56 %	1,80 %	3,91 %	4,40 %	8,83 %	0,90 %	
		30,00 %	6,53 %	2,25 %	3,82 %	6,60 %	8,81 %	1,12 %	
Restbuchwert	Restwert des Gebäudes zu hoch geschätzt	-30,00 %	5,17 %	22,60 %	2,67 %	34,72 %	7,35 %	17,51 %	
		-20,00 %	5,74 %	14,07 %	3,19 %	22,00 %	7,91 %	11,22 %	
		-10,00 %	6,24 %	6,59 %	3,71 %	9,29 %	8,42 %	5,50 %	
		10,00 %	7,09 %	6,14 %	4,47 %	9,29 %	9,27 %	4,04 %	
		20,00 %	7,47 %	11,83 %	4,90 %	19,80 %	9,71 %	8,98 %	
Wertsteigerung	30,00 %	7,81 %	16,92 %	5,16 %	26,16 %	10,04 %	12,68 %		

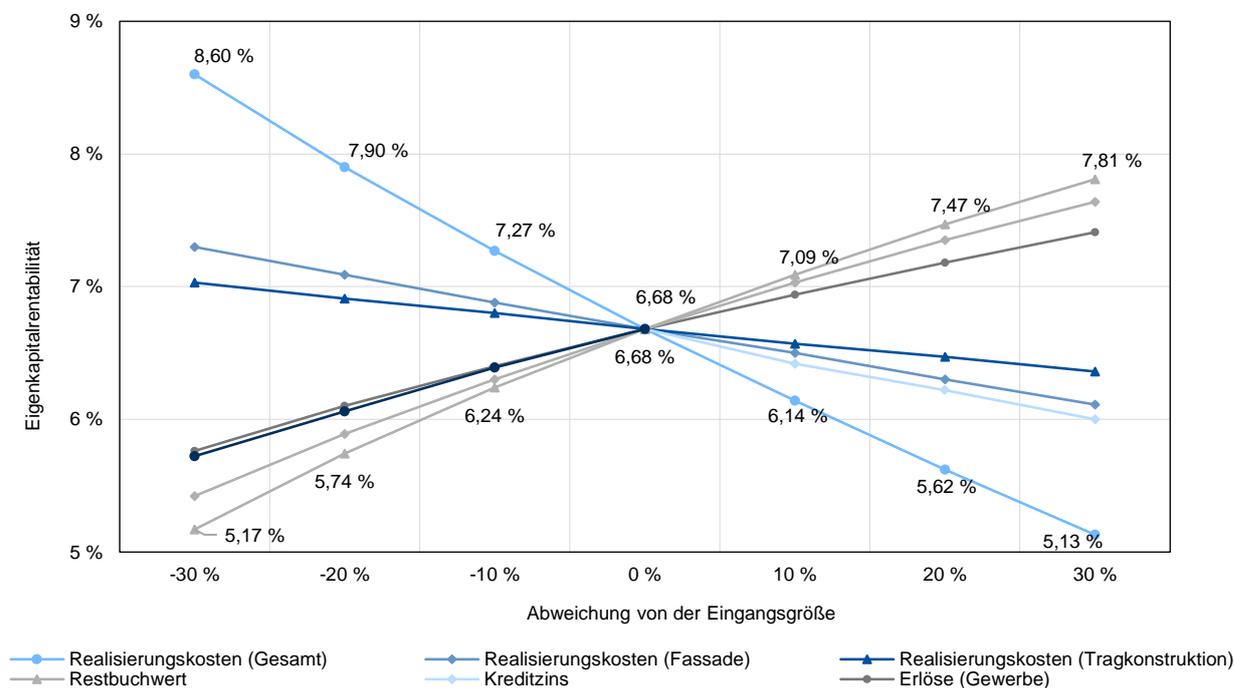


Abbildung D-2: Grafische Auswertung der Sensitivitätsanalyse geringe Variabilität zu Hotel

Figure D-2: Graphical evaluation of the sensitivity analysis low variability to hotel

Tabelle D-124: Sensitivitätsanalyse geringe Variabilität zu Wohnen
Table D-124: Sensitivity analysis of low variability to residential use

Eingangsgröße (Hauptmerkmal)	Merkmal	Mögliche(s) Risiko/Chance	Abweichung von Eingangsgröße	Rendite r_{EK} [%] (Mittelwert)	Abweichung zum Mittelwert	5 %-Quantil	Abweichung zum 5 %-Quantil	95 %-Quantil	Abweichung zum 95 %-Quantil		
Realisierungskosten	Gesamt	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-30%	6,71%	47,15%	3,59%	337,80%	9,35%	22,86%		
			-20%	5,98%	31,14%	2,82%	243,90%	8,71%	14,45%		
		Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig	10%	3,78%	17,11%	-0,10%	112,20%	7,20%	5,39%		
			20%	2,99%	34,43%	-1,20%	246,34%	6,70%	11,96%		
		Fassade (KG 335/337)	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-30%	5,36%	17,54%	1,95%	137,80%	8,13%	6,83%	
				-20%	5,09%	11,62%	1,60%	95,12%	7,90%	3,81%	
	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig		10%	4,81%	5,48%	1,10%	34,15%	7,70%	1,18%		
			20%	4,41%	3,29%	0,53%	35,37%	7,43%	2,37%		
	Tragkonstruktion (Stützen und Decken)		Stahlpreisverfall	-30%	4,98%	9,21%	1,30%	58,54%	7,90%	3,81%	
				-20%	4,87%	6,80%	1,20%	46,34%	7,90%	3,81%	
		Stahlpreissteigerung	10%	4,72%	3,51%	1,10%	34,15%	7,70%	1,18%		
			20%	4,38%	3,95%	0,60%	26,83%	7,50%	1,45%		
		Vermietungsgrad 2. Nutzung	Wohnen 90 %	zu hoher Ansatz gewält	-30%	3,78%	17,11%	-0,10%	112,20%	7,40%	2,76%
				-20%	4,20%	7,89%	0,40%	51,22%	7,50%	1,45%	
	Erlöse	Gewerbe ϕ 49,76 €/m ² NUF*Mt)	Mietansätze am Standort zu hoch	-30%	2,05%	55,04%	-2,00%	343,90%	6,20%	18,53%	
-20%				3,17%	30,48%	-1,00%	221,95%	6,70%	11,96%		
Mietansätze am Standort nicht ausgeschöpft			10%	5,08%	11,40%	1,54%	87,80%	8,00%	5,12%		
			20%	5,47%	19,96%	1,97%	140,24%	8,33%	9,46%		
Wohnen ϕ 7,47 €/m ² NUF*Mt)			Mietansätze am Standort zu hoch	-30%	3,75%	17,76%	-0,40%	148,78%	7,40%	2,76%	
				-20%	4,03%	11,62%	0,10%	87,80%	7,50%	1,45%	
		Anpassung an Mietspiegel bzw. örtliche Mieten	10%	4,28%	6,14%	0,40%	51,22%	7,50%	1,45%		
			20%	4,78%	4,82%	1,10%	34,15%	7,70%	1,18%		
		Kreditzins	Jahr 1-25 1,50 bis 5,00 %	Leitzins steigt im gesamten Betrachtungszeitraum	10%	4,27%	6,36%	0,20%	75,61%	7,50%	1,45%
				20%	3,69%	19,08%	-0,50%	160,98%	7,40%	2,76%	
Restbuchwert		Restwert des Gebäudes zu hoch geschätzt	Restwert zu hoch geschätzt	-30%	3,09%	32,24%	-0,50%	160,98%	6,20%	18,53%	
				-20%	3,65%	19,96%	0,00%	100,00%	6,60%	13,27%	
	Restwert zu niedrig geschätzt		10%	4,20%	7,89%	0,37%	54,88%	7,14%	6,18%		
			20%	4,99%	9,43%	1,30%	58,54%	8,00%	5,12%		
	Wertsteigerung		10%	5,28%	15,79%	1,50%	82,93%	8,30%	9,07%		
			30%	5,72%	25,44%	1,90%	131,71%	8,70%	14,32%		

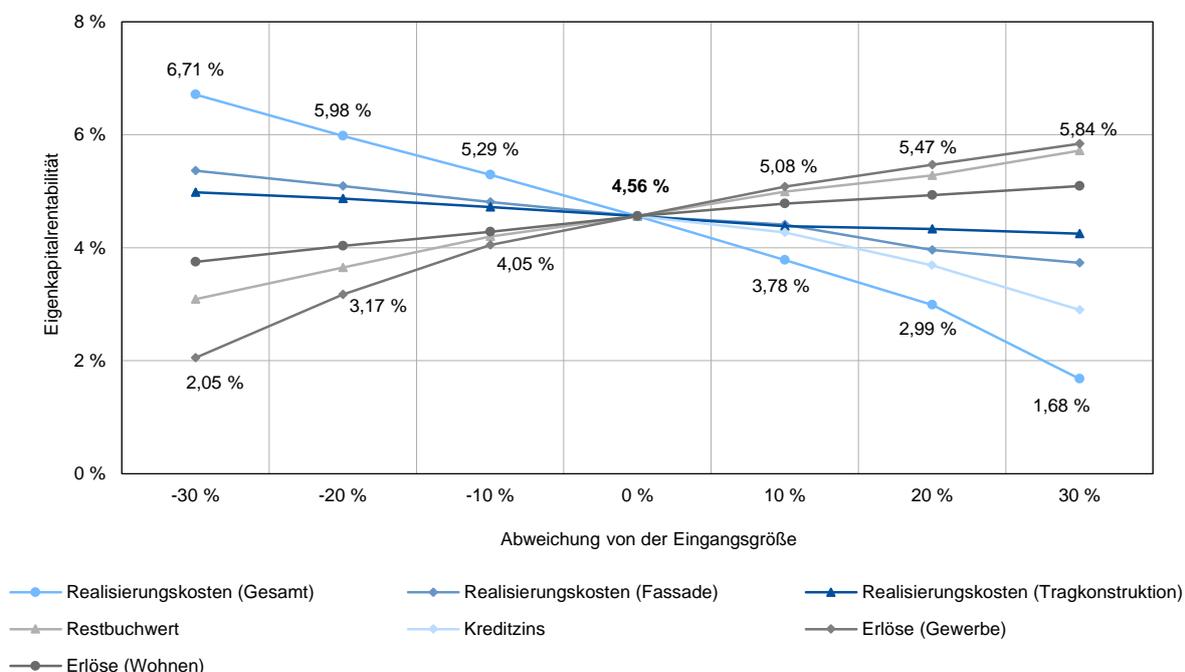


Abbildung D-3: Grafische Auswertung der Sensitivitätsanalyse geringe Variabilität zu Wohnen

Figure D-3: Graphical evaluation of the sensitivity analysis low variability to residential use

Tabelle D-125: Sensitivitätsanalyse mittlere Variabilität zu Hotel
Table D-125: Sensitivity analysis of middle variability to hotel

Eingangsgröße (Hauptmerkmal)	Merkmal	Mögliche(s) Risiko/Chance	Abweichung von Eingangsgröße	Rendite r_{EK} [%] (Mittelwert)	Abweichung zum Mittelwert	5 %-Quantil	Abweichung zum 5 %-Quantil	95 %-Quantil	Abweichung zum 95 %-Quantil
Realisierungskosten	Gesamt	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-30%	8,74%	27,78%	6,52%	49,20%	10,71%	19,53%
			-20%	8,04%	17,54%	5,73%	31,12%	10,08%	12,50%
			-10%	7,42%	8,48%	5,02%	14,87%	9,49%	5,92%
		Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig	10%	6,30%	7,89%	3,70%	15,33%	8,49%	5,25%
			20%	5,79%	15,35%	3,20%	26,77%	8,07%	9,93%
			30%	5,30%	22,51%	2,54%	41,88%	7,66%	14,51%
	Fassade (KG 335/337)	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-30%	7,49%	9,50%	5,14%	17,62%	9,48%	5,80%
			-20%	7,27%	6,29%	5,00%	14,42%	9,27%	3,46%
			-10%	7,05%	3,07%	4,59%	5,03%	9,17%	2,34%
		Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig	10%	6,64%	2,92%	4,11%	5,95%	8,77%	2,12%
			20%	6,44%	5,85%	3,86%	11,67%	8,64%	3,57%
			30%	6,24%	8,77%	3,62%	17,16%	8,51%	5,02%
Tragkonstruktion (Stützen und Decken)	Stahlpreisverfall	-30%	7,16%	4,68%	4,70%	7,55%	9,28%	3,57%	
		-20%	7,06%	3,22%	4,57%	4,58%	9,15%	2,12%	
		-10%	6,95%	1,61%	4,37%	0,00%	9,06%	1,12%	
	Stahlpreissteigerung	10%	6,74%	1,46%	4,27%	2,29%	8,82%	1,56%	
		20%	6,63%	3,07%	4,21%	3,66%	8,76%	2,23%	
		30%	6,53%	4,53%	4,03%	7,78%	8,66%	3,35%	
Vermietungsgrad 2. Nutzung	Hotel 100 %	fehlende Auslastung, Mietvertragsanpassung	-30%	5,95%	13,01%	3,21%	26,54%	8,30%	7,37%
		-20%	6,26%	8,48%	3,54%	18,99%	8,59%	4,13%	
		-10%	6,56%	4,09%	3,99%	8,70%	8,75%	2,34%	
Erlöse	Gewerbe ϕ 49,76 €/ (m ² NUF*Mt)	Mietansätze am Standort zu hoch	-30%	5,97%	12,72%	3,45%	21,05%	8,15%	9,04%
			-20%	6,29%	8,04%	3,88%	11,21%	8,41%	6,14%
			-10%	6,57%	3,95%	4,02%	8,01%	8,76%	2,23%
		Mietansätze am Standort nicht ausgeschöpft	10%	7,09%	3,65%	4,64%	6,18%	9,19%	2,57%
			20%	7,31%	6,87%	4,87%	11,44%	9,44%	5,36%
			30%	7,53%	10,09%	5,10%	16,70%	9,66%	7,81%
	Hotel ϕ 625,00 €/ (Zimmer*Mt)	fehlende Auslastung, Mietvertragsanpassung	-30%	5,68%	16,96%	2,76%	36,84%	8,15%	9,04%
			-20%	6,10%	10,82%	3,31%	24,26%	8,43%	5,92%
			-10%	6,49%	5,12%	3,94%	9,84%	8,73%	2,57%
		Bester Standort, Bettenknappheit	10%	7,16%	4,68%	4,78%	9,38%	9,23%	3,01%
			20%	7,47%	9,21%	5,23%	19,68%	9,46%	5,58%
			30%	7,74%	13,16%	5,55%	27,00%	9,67%	7,92%
Kreditzins	Jahr 1-25 1,50 bis 5,00 %	Leitzins steigt im gesamten Betrachtungszeitraum	10%	6,67%	2,49%	4,09%	6,41%	8,89%	0,78%
		20%	6,50%	4,97%	3,84%	12,13%	8,74%	2,46%	
		30%	6,30%	7,89%	3,41%	21,97%	8,72%	2,68%	
		Restwert des Gebäudes zu hoch geschätzt	-30%	5,33%	22,08%	2,89%	33,87%	7,44%	16,96%
Restbuchwert		Restwert zu hoch geschätzt	-20%	5,90%	13,74%	3,53%	19,22%	8,01%	10,60%
			-10%	6,39%	6,58%	3,91%	10,53%	8,54%	4,69%
			Restwert zu niedrig geschätzt	10%	7,25%	5,99%	4,79%	9,61%	9,38%
		Wertsteigerung	20%	7,62%	11,40%	5,13%	17,39%	9,76%	8,93%
			30%	7,97%	16,52%	5,44%	24,49%	10,09%	12,61%

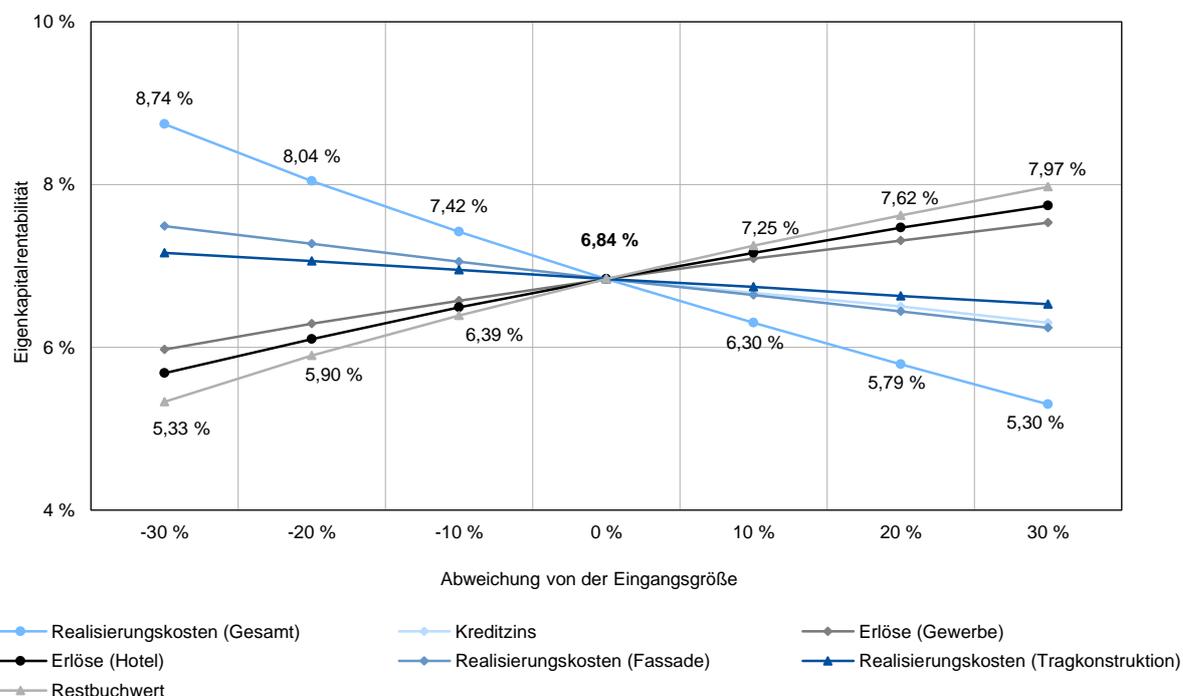


Abbildung D-4: Grafische Auswertung der Sensitivitätsanalyse mittlere Variabilität zu Hotel

Figure D-4: Graphical evaluation of the sensitivity analysis middle variability to hotel

Tabelle D-126: Sensitivitätsanalyse mittlere Variabilität zu Wohnen
Table D-126: Sensitivity analysis of middle variability to residential use

Eingangsgröße (Hauptmerkmal)	Merkmal	Mögliche(s) Risiko/Chance	Abweichung von Eingangsgröße	Rendite r _{Ex} [%] (Mittelwert)	Abweichung zum Mittelwert	5 %-Quantil	Abweichung zum 5 %-Quantil	95 %-Quantil	Abweichung zum 95 %-Quantil
Realisierungskosten	Gesamt	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-30%	6,72%	41,18%	3,85%	167,36%	9,29%	22,72%
			-20%	5,94%	24,79%	2,90%	101,39%	8,64%	14,13%
		Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig	-10%	5,31%	11,55%	1,98%	37,50%	8,07%	6,61%
			10%	3,97%	16,60%	0,20%	86,11%	7,05%	6,87%
			20%	3,13%	34,24%	-0,90%	162,50%	6,56%	13,34%
			30%	2,00%	57,98%	-2,10%	245,83%	6,19%	18,23%
	Fassade (KG 335/337)	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-30%	5,34%	12,18%	2,15%	49,31%	8,04%	6,21%
			-20%	5,11%	7,35%	1,81%	25,69%	7,90%	4,36%
		Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig	-10%	4,90%	2,94%	1,49%	3,47%	7,73%	2,11%
			10%	4,41%	7,35%	0,69%	52,08%	7,38%	2,51%
			20%	4,09%	14,08%	0,24%	83,33%	7,25%	4,23%
			30%	3,86%	18,91%	-0,08%	105,56%	7,11%	6,08%
Tragkonstruktion (Stützen und Decken)	Stahlpreisverfall	-30%	5,11%	7,35%	1,73%	20,14%	7,93%	4,76%	
		-20%	4,96%	4,20%	1,47%	2,08%	7,78%	2,77%	
	Stahlpreissteigerung	-10%	4,81%	1,05%	1,29%	10,42%	7,67%	1,52%	
		10%	4,51%	5,25%	0,84%	41,67%	7,39%	2,38%	
		20%	4,34%	8,82%	0,76%	47,22%	7,29%	3,70%	
		30%	4,13%	13,24%	0,46%	68,06%	7,18%	5,15%	
Vermietungsgrad 2. Nutzung	Wohnen 90 %	zu hoher Ansatz gewählt	-30%	4,29%	9,87%	0,70%	51,39%	7,40%	2,25%
Erlöse	Gewerbe ø 49,76 €/ (m²NUF*Mt)	Mietansätze am Standort zu hoch	-20%	4,44%	6,72%	1,00%	30,56%	7,40%	2,25%
			-10%	4,63%	2,73%	1,30%	9,73%	7,50%	0,92%
		Mietansätze am Standort nicht ausgeschöpft	10%	5,19%	9,03%	1,96%	36,11%	7,94%	4,89%
			20%	5,54%	16,39%	2,35%	63,19%	8,30%	9,64%
			30%	5,88%	23,53%	2,75%	90,97%	8,63%	14,00%
			Wohnen ø 7,47 €/ (m²NUF*Mt)	Mietansätze am Standort zu hoch	-30%	4,22%	11,34%	0,40%	72,22%
	-20%	4,41%			7,35%	0,90%	37,50%	7,40%	2,25%
	Anpassung an Mietspiegel bzw. örtliche Mieten	-10%		4,60%	3,36%	1,10%	23,61%	7,50%	0,92%
		10%		4,93%	3,57%	1,81%	25,69%	7,62%	0,66%
		20%		5,05%	6,09%	2,00%	38,89%	7,70%	1,72%
		30%		5,20%	9,24%	2,15%	49,31%	7,80%	3,04%
	Kreditzins	Jahr 1-25 1,50 bis 5,00 %	Leitzins steigt im gesamten Betrachtungszeitraum	10%	4,51%	5,25%	1,00%	30,56%	7,50%
20%			4,18%	12,18%	0,40%	72,22%	7,40%	2,25%	
30%			3,79%	20,38%	-0,40%	127,78%	7,30%	3,57%	
Restbuchwert		Restwert des Gebäudes zu hoch geschätzt	-30%	2,76%	42,02%	-1,77%	222,92%	7,00%	7,53%
		Restwert zu niedrig geschätzt	-20%	3,56%	25,21%	-0,63%	143,75%	7,19%	5,02%
			-10%	4,23%	11,13%	0,37%	74,31%	7,34%	3,04%
		Wertsteigerung	10%	4,97%	4,41%	1,79%	24,31%	7,71%	1,85%
			20%	5,31%	11,55%	2,28%	58,33%	7,87%	3,96%
30%	5,59%	17,44%	2,74%	90,28%	8,00%	5,68%			

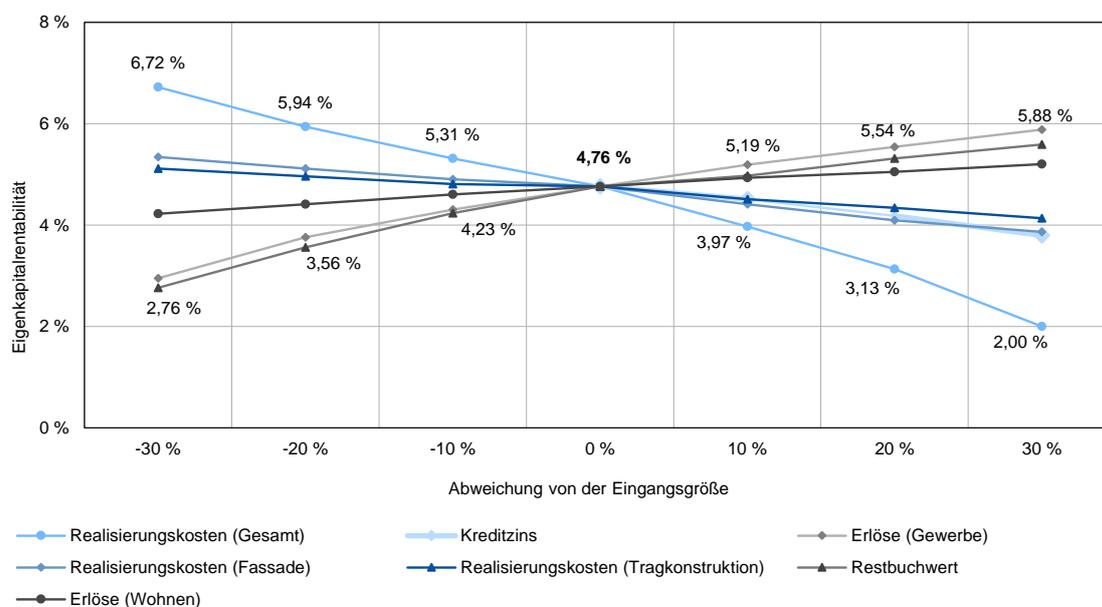


Abbildung D-5: Grafische Auswertung der Sensitivitätsanalyse mittlere Variabilität zu Wohnen
Figure D-5: Graphical evaluation of the sensitivity analysis middle variability to residential use

Tabelle D-127: Sensitivitätsanalyse mittlere Variabilität zu gemischte Nutzung

Table D-127: Sensitivity analysis of middle variability to mixed use

Eingangsgröße (Hauptmerkmal)	Merkmal	Mögliche(s) Risiko/Chance	Abweichung von Eingangsgröße	Rendite r_{EK} [%] (Mittelwert)	Abweichung zum Mittelwert	5 %-Quantil	Abweichung zum 5 %-Quantil	95 %-Quantil	Abweichung zum 95 %-Quantil
Realisierungskosten	Gesamt	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-30%	7,52%	34,29%	4,93%	76,70%	9,93%	22,14%
			-20%	6,82%	21,79%	4,22%	51,25%	9,22%	13,41%
			-10%	6,19%	10,54%	3,54%	26,88%	8,59%	5,66%
		Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig	10%	5,03%	10,18%	2,00%	28,32%	7,60%	6,52%
			20%	4,47%	20,18%	1,20%	56,99%	7,20%	11,44%
			30%	3,80%	32,14%	0,40%	85,66%	6,80%	16,36%
	Fassade (KG 335/337)	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-30%	6,26%	11,79%	3,68%	31,90%	8,66%	6,52%
			-20%	6,04%	7,86%	3,41%	22,22%	8,48%	4,31%
			-10%	5,82%	3,93%	3,07%	10,04%	8,29%	1,97%
		Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig	10%	5,39%	3,75%	2,44%	12,54%	7,97%	1,97%
			20%	5,18%	7,50%	2,16%	22,58%	7,83%	3,69%
			30%	4,98%	11,07%	1,83%	34,41%	7,66%	5,78%
	Tragkonstruktion (Stützen und Decken)	Stahlpreisverfall	-30%	5,93%	5,89%	3,18%	13,98%	8,40%	3,32%
			-20%	5,82%	3,93%	3,08%	10,39%	8,33%	2,46%
			-10%	5,70%	1,79%	2,87%	8,29%	1,97%	1,97%
Stahlpreissteigerung		10%	5,49%	1,96%	2,66%	4,66%	8,01%	1,48%	
		20%	5,39%	3,75%	2,55%	8,60%	7,89%	2,95%	
		30%	5,29%	5,54%	2,36%	15,41%	7,82%	3,81%	
Vermietungsgrad 2. Nutzung	Büro/Wohnen 90 %	zu hoher Ansatz gewält	-30%	5,00%	10,71%	1,91%	31,54%	7,79%	4,18%
Erlöse	Gewerbe ϕ 49,76 €/m ² NUF*Mt	Mietansätze am Standort zu hoch	-30%	4,30%	23,21%	1,10%	60,57%	6,90%	15,13%
			-20%	4,79%	14,46%	1,80%	35,48%	7,30%	10,21%
			-10%	5,22%	6,79%	2,34%	16,13%	7,75%	4,67%
		Mietansätze am Standort nicht ausgeschöpft	10%	5,94%	6,07%	3,13%	12,19%	8,46%	4,06%
			20%	6,26%	11,79%	3,41%	22,22%	8,83%	8,61%
			30%	6,56%	17,14%	3,78%	35,48%	9,14%	12,42%
	Wohnen ϕ 7,47 €/m ² NUF*Mt	Mietansätze am Standort zu hoch	-30%	5,39%	3,75%	2,44%	12,54%	7,99%	1,72%
			-20%	5,46%	2,50%	2,65%	5,02%	8,00%	1,60%
			-10%	5,53%	1,25%	2,68%	3,94%	8,11%	0,25%
		Anpassung an Mietspiegel bzw. örtliche Mieten	10%	5,67%	1,25%	2,86%	2,51%	8,15%	0,25%
			20%	5,74%	2,50%	2,96%	6,09%	8,19%	0,74%
			30%	5,81%	3,75%	3,19%	14,34%	8,26%	1,60%
Kreditzins	Jahr 1-25 1,50 bis 5,00 %	Leitzins steigt im gesamten Betrachtungszeitraum	10%	5,42%	3,21%	2,40%	13,98%	8,00%	1,60%
		20%	5,27%	5,89%	2,05%	26,52%	7,95%	2,21%	
		30%	4,98%	11,07%	1,50%	46,24%	7,90%	2,83%	
Restbuchwert		Restwert des Gebäudes zu hoch geschätzt	-30%	4,11%	26,61%	1,31%	53,05%	6,59%	18,94%
		-20%	4,67%	16,61%	1,90%	31,90%	7,15%	12,05%	
		-10%	5,16%	7,86%	2,34%	16,13%	7,70%	5,29%	
		Restwert zu niedrig geschätzt,	10%	6,00%	7,14%	3,08%	10,39%	8,55%	5,17%
		20%	6,38%	13,93%	3,62%	29,75%	8,90%	9,47%	
30%	6,71%	19,82%	3,80%	36,20%	9,27%	14,02%			

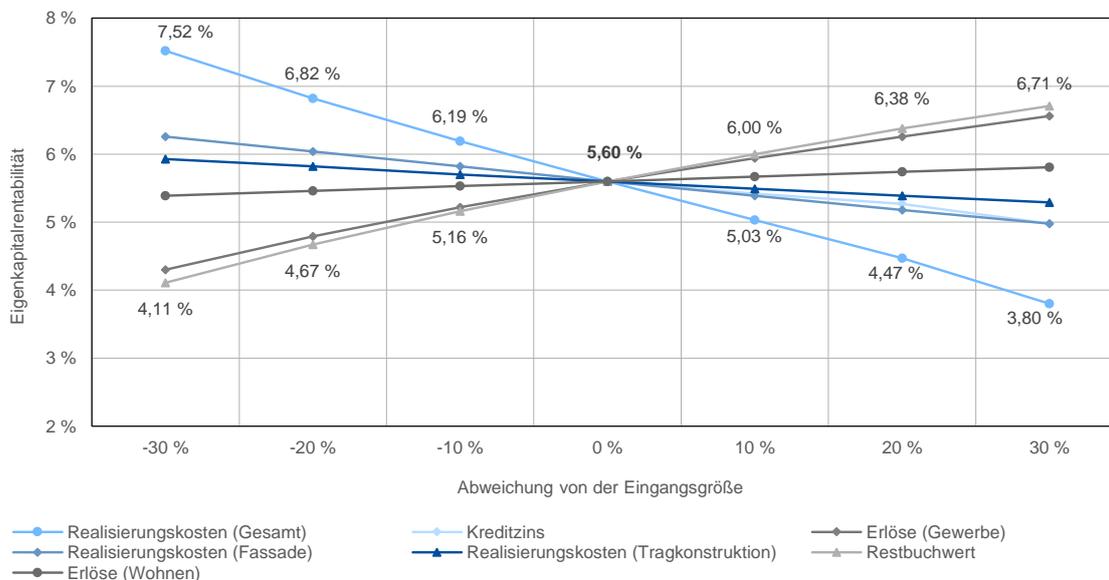


Abbildung D-6: Grafische Auswertung der Sensitivitätsanalyse mittlere Variabilität zu gemischte Nutzung

Figure D-6: Graphical evaluation of the sensitivity analysis middle variability to mixed use

Tabelle D-128: Sensitivitätsanalyse hohe Variabilität zu Hotel
Table D-128: Sensitivity analysis of high variability to hotel

Eingangsgröße (Hauptmerkmal)	Merkmal	Mögliche(s) Risiko/Chance	Abweichung von Eingangsgröße	Rendite r_{EK} [%] (Mittelwert)	Abweichung zum Mittelwert	5 %-Quantil	Abweichung zum 5 %-Quantil	95 %-Quantil	Abweichung zum 95 %-Quantil		
Realisierungskosten	Gesamt	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-30%	7,82%	33,90%	5,65%	66,67%	9,69%	22,50%		
			-20%	7,10%	21,58%	4,84%	42,77%	9,01%	13,91%		
		Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig	10%	5,28%	9,59%	2,77%	18,29%	7,39%	6,57%		
			20%	4,72%	19,18%	2,03%	40,12%	6,97%	11,88%		
		Fassade (KG 335/337)	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-30%	6,37%	9,08%	3,98%	17,40%	8,30%	4,93%	
				-20%	6,19%	5,99%	3,87%	14,16%	8,18%	3,41%	
	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig		10%	5,68%	2,74%	3,16%	6,78%	7,80%	1,39%		
			20%	5,51%	5,65%	2,96%	12,68%	7,69%	2,78%		
	Tragkonstruktion (Stützen und Decken)		Stahlpreisverfall	-30%	6,08%	4,11%	3,64%	7,37%	8,15%	3,03%	
				-20%	6,00%	2,74%	3,60%	6,19%	8,04%	1,64%	
	Vermietungsgrad 2. Nutzung	Hotel 100 %	fehlende Auslastung, Mietvertragsanpassung	-30%	4,89%	16,27%	2,02%	40,41%	7,28%	7,96%	
				-20%	5,24%	10,27%	2,55%	24,78%	7,48%	5,44%	
Gewerbe ϕ 49,76 €/ (m ² NUF*Mt)			Mietansätze am Standort zu hoch	-30%	4,93%	15,58%	2,37%	30,09%	6,97%	11,88%	
				-20%	5,26%	9,93%	2,76%	18,58%	7,39%	6,57%	
Erlöse			Hotel ϕ 625,00 €/ (Zimmer*Mt)	Bester Standort, Bettenknappheit	10%	6,19%	5,99%	3,85%	13,57%	8,20%	3,67%
					20%	6,51%	11,47%	4,29%	26,55%	8,43%	6,57%
	Leitzins steigt im gesamten Betrachtungszeitraum	10%		5,63%	3,60%	3,03%	10,62%	7,81%	1,26%		
		20%		5,40%	7,53%	2,50%	26,25%	7,76%	1,90%		
	Restbuchwert	Jahr 1-25 1,50 bis 5,00 %		Restwert des Gebäudes zu hoch geschätzt, Wertsteigerung	-30%	4,34%	25,68%	1,94%	42,77%	6,42%	18,84%
					-20%	4,90%	16,10%	2,44%	28,02%	6,95%	12,14%
Restwert zu niedrig geschätzt,			10%	6,25%	7,02%	3,81%	12,39%	8,33%	5,31%		
			20%	6,62%	13,36%	4,19%	23,60%	8,69%	9,86%		
Erlöse (Gewerbe)			Mietansätze am Standort zu hoch	-30%	4,57%	21,75%	1,43%	57,82%	7,06%	10,75%	
				-20%	5,04%	13,70%	2,33%	31,27%	7,36%	6,95%	
Kreditzins	Hotel ϕ 625,00 €/ (Zimmer*Mt)	Mietansätze am Standort zu hoch	-30%	4,57%	12,33%	4,14%	22,12%	8,59%	8,60%		
			-20%	5,26%	9,93%	2,76%	18,58%	7,39%	6,57%		
		Restwert des Gebäudes zu hoch geschätzt, Wertsteigerung	10%	6,19%	5,99%	3,85%	13,57%	8,20%	3,67%		
			20%	6,51%	11,47%	4,29%	26,55%	8,43%	6,57%		
		Erlöse (Gewerbe)	Mietansätze am Standort zu hoch	-30%	4,57%	21,75%	1,43%	57,82%	7,06%	10,75%	
				-20%	5,04%	13,70%	2,33%	31,27%	7,36%	6,95%	
Restbuchwert	Jahr 1-25 1,50 bis 5,00 %	Restwert des Gebäudes zu hoch geschätzt, Wertsteigerung	-30%	4,34%	25,68%	1,94%	42,77%	6,42%	18,84%		
			-20%	4,90%	16,10%	2,44%	28,02%	6,95%	12,14%		
		Restwert zu niedrig geschätzt,	10%	6,25%	7,02%	3,81%	12,39%	8,33%	5,31%		
			20%	6,62%	13,36%	4,19%	23,60%	8,69%	9,86%		
		Erlöse (Gewerbe)	Mietansätze am Standort zu hoch	-30%	4,57%	21,75%	1,43%	57,82%	7,06%	10,75%	
				-20%	5,04%	13,70%	2,33%	31,27%	7,36%	6,95%	
Kreditzins	Hotel ϕ 625,00 €/ (Zimmer*Mt)	Mietansätze am Standort zu hoch	-30%	4,57%	12,33%	4,14%	22,12%	8,59%	8,60%		
			-20%	5,26%	9,93%	2,76%	18,58%	7,39%	6,57%		
		Restwert des Gebäudes zu hoch geschätzt, Wertsteigerung	10%	6,19%	5,99%	3,85%	13,57%	8,20%	3,67%		
			20%	6,51%	11,47%	4,29%	26,55%	8,43%	6,57%		
		Erlöse (Gewerbe)	Mietansätze am Standort zu hoch	-30%	4,57%	21,75%	1,43%	57,82%	7,06%	10,75%	
				-20%	5,04%	13,70%	2,33%	31,27%	7,36%	6,95%	

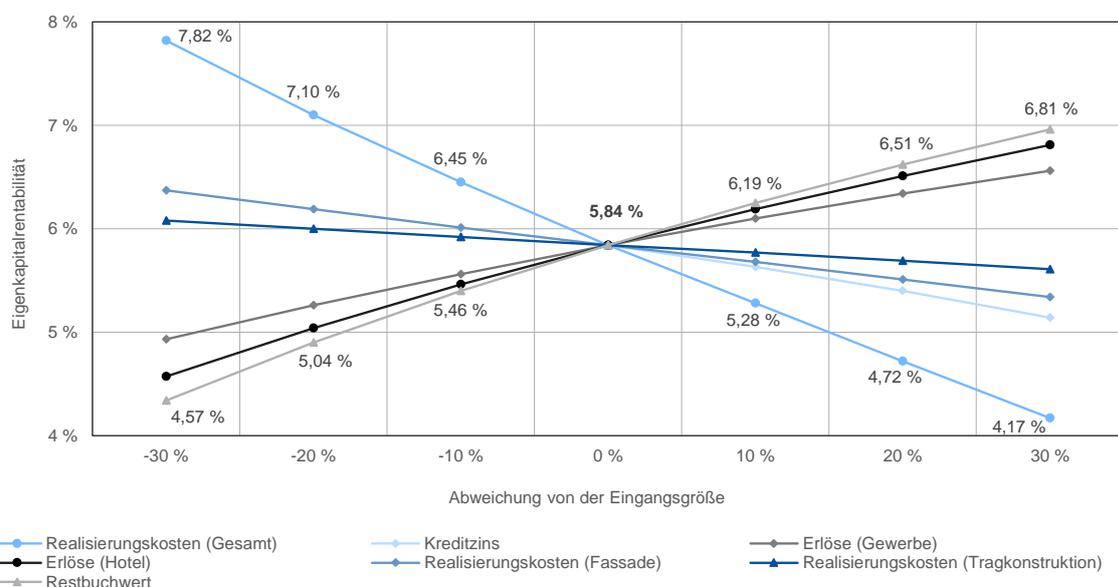


Abbildung D-7: Grafische Auswertung der Sensitivitätsanalyse hohe Variabilität zu Hotel

Figure D-7: Graphical evaluation of the sensitivity analysis high variability to hotel

Tabelle D-129: Sensitivitätsanalyse hohe Variabilität zu Wohnen
Table D-129: Sensitivity analysis of high variability to residential use

Eingangsgröße (Hauptmerkmal)	Merkmal	Mögliche(s) Risiko/Chance	Abweichung von Eingangsgröße	Rendite r_{EK} [%] (Mittelwert)	Abweichung zum Mittelwert	5 %-Quantil	Abweichung zum 5 %-Quantil	95 %-Quantil	Abweichung zum 95 %-Quantil
Realisierungskosten	Gesamt	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-30%	5,65%	73,85%	2,73%	668,75%	8,17%	29,48%
			-20%	4,87%	49,85%	1,77%	468,75%	7,46%	18,23%
			-10%	4,10%	26,15%	0,70%	245,83%	6,80%	7,77%
		Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig	10%	2,25%	30,77%	-1,90%	295,83%	5,80%	8,08%
			20%	0,71%	78,15%	-3,50%	629,17%	5,30%	16,01%
			30%	-1,24%	138,15%	-5,80%	1108,33%	4,90%	22,35%
	Fassade (KG 335/337)	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-30%	3,99%	22,77%	0,70%	245,83%	6,70%	6,18%
			-20%	3,84%	18,15%	0,27%	156,25%	6,63%	5,07%
			-10%	3,56%	9,54%	0,01%	102,08%	6,40%	1,43%
		Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig	10%	2,84%	12,62%	-1,10%	129,17%	6,20%	1,74%
			20%	2,62%	19,38%	-1,40%	191,67%	6,10%	3,33%
			30%	2,28%	29,85%	-1,70%	254,17%	6,00%	4,91%
	Tragkonstruktion (Stützen und Decken)	Stahlpreisverfall	-30%	3,62%	11,38%	0,10%	120,83%	6,50%	3,01%
			-20%	3,48%	7,08%	-0,20%	58,33%	6,50%	3,01%
			-10%	3,31%	1,85%	-0,30%	37,50%	6,30%	0,16%
Stahlpreissteigerung		10%	3,13%	3,69%	-0,80%	66,67%	6,20%	1,74%	
		20%	3,04%	6,46%	-0,83%	72,92%	6,20%	1,74%	
		30%	2,99%	8,00%	-0,90%	87,50%	6,10%	3,33%	
Vermietungsgrad 2. Nutzung	Wohnen 90 %	zu hoher Ansatz	-30%	2,24%	31,08%	-1,80%	275,00%	6,10%	3,33%
		gewählt	-20%	2,60%	20,00%	-1,20%	150,00%	6,10%	3,33%
			-10%	3,04%	6,46%	-1,10%	129,17%	6,30%	0,16%
Erlöse	Gewerbe ϕ 49,76 €/m ² NUF*Mt	Mietansätze am Standort zu hoch	-30%	-0,16%	104,92%	-4,30%	795,83%	4,90%	22,35%
			-20%	1,47%	54,77%	-2,50%	420,83%	5,40%	14,42%
			-10%	2,51%	22,77%	-1,40%	191,67%	5,80%	8,08%
		Mietansätze am Standort nicht ausgeschöpft	10%	3,78%	16,31%	0,30%	162,50%	6,70%	6,18%
			20%	4,24%	30,46%	1,00%	308,33%	7,10%	12,52%
			30%	4,64%	42,77%	1,36%	383,33%	7,45%	18,07%
	Wohnen ϕ 7,47 €/m ² NUF*Mt	Mietansätze am Standort zu hoch	-30%	2,10%	35,38%	-2,20%	358,33%	6,00%	4,91%
			-20%	2,58%	20,62%	-1,50%	212,50%	6,10%	3,33%
		Anpassung an Mietspiegel bzw. örtliche Mieten	-10%	3,06%	5,85%	-1,00%	108,33%	6,20%	1,74%
			10%	3,54%	8,92%	-0,10%	79,17%	6,40%	1,43%
Kreditzins	Jahr 1-25 1,50 bis 5,00 %	Leitzins steigt im gesamten Betrachtungszeitraum	10%	2,76%	15,08%	-1,30%	170,83%	6,20%	1,74%
			20%	1,71%	47,38%	-2,50%	420,83%	6,10%	3,33%
			30%	0,41%	87,38%	-4,40%	816,67%	5,90%	6,50%
Restbuchwert		Restwert des Gebäudes zu hoch geschätzt	-30%	1,77%	45,54%	-1,80%	275,00%	4,80%	23,93%
			-20%	2,31%	28,92%	-1,40%	191,67%	5,40%	14,42%
			-10%	2,82%	13,23%	-0,70%	45,83%	5,90%	6,50%
		Restwert zu niedrig geschätzt	10%	3,49%	7,38%	-0,10%	79,17%	6,80%	7,77%
			20%	3,92%	20,62%	0,40%	183,33%	7,10%	12,52%
	30%	4,28%	31,69%	0,46%	195,83%	7,40%	17,27%		

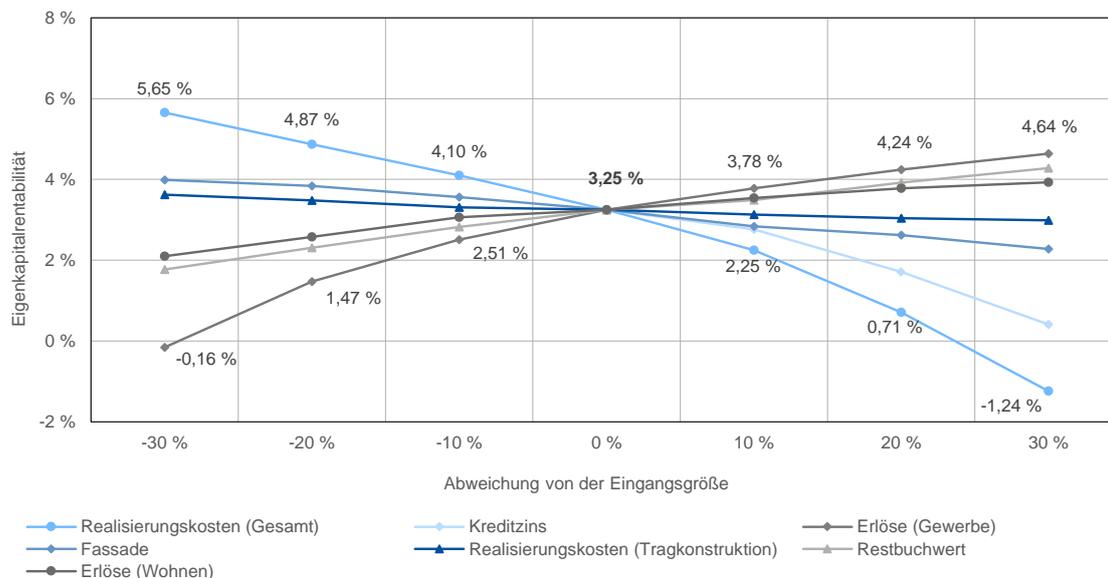


Abbildung D-8: Grafische Auswertung der Sensitivitätsanalyse hohe Variabilität zu Wohnen
Figure D-8: Graphical evaluation of the sensitivity analysis high variability to residential use

Tabelle D-130: Sensitivitätsanalyse hohe Variabilität zu gemischte Nutzung
Table D-130: Sensitivity analysis of high variability to mixed use

Eingangsgröße (Hauptmerkmal)	Merkmal	Mögliche(s) Risiko/Chance	Abweichung von Eingangsgröße	Rendite r_{EK} [%] (Mittelwert)	Abweichung zum Mittelwert	5 %-Quantil	Abweichung zum 5 %-Quantil	95 %-Quantil	Abweichung zum 95 %-Quantil	
Realisierungskosten	Gesamt	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-30%	6,13%	53,63%	3,51%	440,00%	8,49%	26,72%	
			-20%	5,39%	35,09%	2,62%	303,08%	7,81%	16,57%	
		Fassade (KG 335/337)	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-10%	4,68%	17,29%	1,60%	146,15%	7,20%	7,46%
				10%	3,23%	19,05%	-0,40%	161,54%	6,20%	7,46%
			Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig	20%	2,19%	45,11%	-1,60%	346,15%	5,70%	14,93%
				30%	0,97%	75,69%	-3,10%	576,92%	5,20%	22,39%
	Tragkonstruktion (Stützen und Decken)	Kostenkalkulation im Wettbewerb zu hoch	-30%	4,61%	15,54%	1,49%	129,23%	7,13%	6,42%	
			-20%	4,41%	10,53%	1,09%	67,69%	6,95%	3,73%	
		Kostenkalkulation im Wettbewerb zu niedrig	-10%	4,19%	5,01%	1,00%	53,85%	6,90%	2,99%	
			10%	3,83%	4,01%	0,40%	38,46%	6,60%	1,49%	
			20%	3,54%	11,28%	0,02%	96,92%	6,40%	4,48%	
			30%	3,24%	18,80%	-0,30%	146,15%	6,30%	5,97%	
Stahlpreisverfall	-30%	4,27%	7,02%	0,90%	38,46%	6,90%	2,99%			
	-20%	4,17%	4,51%	0,90%	38,46%	6,90%	2,99%			
	-10%	4,09%	2,51%	0,80%	23,08%	6,80%	1,49%			
	10%	3,89%	2,51%	0,60%	7,69%	6,60%	1,49%			
Stahlpreissteigerung	20%	3,80%	4,76%	0,50%	23,08%	6,50%	2,99%			
	30%	3,73%	6,52%	0,30%	53,85%	6,50%	2,99%			
Vermietungsgrad 2. Nutzung	Büro/Wohnen 90 %	zu hoher Ansatz gewählt	-30%	2,91%	27,07%	-1,10%	269,23%	6,30%	5,97%	
Erlöse	Gewerbe ϕ 49,76 €/ (m ² NUF*Mt)	Mietersätze am Standort zu hoch	-30%	1,82%	54,39%	-1,90%	392,31%	5,30%	20,90%	
			-20%	2,83%	29,07%	-0,70%	207,69%	5,90%	11,94%	
		Mietersätze am Standort nicht ausgeschöpft	-10%	3,47%	13,03%	0,10%	84,62%	6,30%	5,97%	
			10%	4,44%	11,28%	1,26%	93,85%	7,07%	5,52%	
			20%	4,80%	20,30%	1,77%	172,31%	7,41%	10,60%	
			30%	5,13%	28,57%	2,12%	226,15%	7,70%	14,93%	
	Büro ϕ 8,81 €/ (m ² NUF*Mt)	Mietersätze am Standort zu hoch	-30%	1,44%	63,91%	-2,80%	530,77%	6,20%	7,46%	
			-20%	2,68%	32,83%	-1,20%	284,62%	6,30%	5,97%	
		Mietersätze am Standort nicht ausgeschöpft	-10%	3,57%	10,53%	-0,10%	115,38%	6,50%	2,99%	
			10%	4,35%	9,02%	1,44%	121,54%	6,86%	2,39%	
			20%	4,61%	15,54%	1,91%	193,85%	7,01%	4,63%	
			30%	4,86%	21,80%	2,34%	260,00%	7,12%	6,27%	
	Wohnen ϕ 7,47 €/ (m ² NUF*Mt)	Mietersätze am Standort zu hoch	-30%	3,62%	9,27%	0,01%	98,46%	6,50%	2,99%	
			-20%	3,74%	6,27%	0,20%	69,23%	6,60%	1,49%	
		Anpassung an Mietspiegel bzw. örtliche Mieten	-10%	3,81%	4,51%	0,50%	23,08%	6,60%	1,49%	
			10%	4,09%	2,51%	0,80%	23,08%	6,70%	0,00%	
			20%	4,23%	6,02%	0,98%	50,77%	6,82%	1,79%	
			30%	4,32%	8,27%	1,31%	101,54%	6,88%	2,69%	
Kreditzins	Jahr 1-25 1,50 bis 5,00 %	Leitzins steigt im gesamten Betrachtungszeitraum	10%	3,66%	8,27%	0,10%	84,62%	6,60%	1,49%	
		20%	3,14%	21,30%	-0,80%	223,08%	6,50%	2,99%		
		30%	2,30%	42,36%	-1,90%	392,31%	6,30%	5,97%		
Restbuchwert		Restwert des Gebäudes zu hoch geschätzt	-30%	2,53%	36,59%	-0,80%	223,08%	5,20%	22,39%	
		-20%	3,05%	23,56%	-0,20%	130,77%	5,80%	13,43%		
		-10%	3,46%	13,28%	0,30%	53,85%	6,20%	7,46%		
		10%	4,36%	9,27%	0,90%	38,46%	7,10%	5,97%		
		20%	4,75%	19,05%	1,30%	100,00%	7,50%	11,94%		
Wertsteigerung	30%	5,09%	27,57%	1,80%	176,92%	7,90%	17,91%			

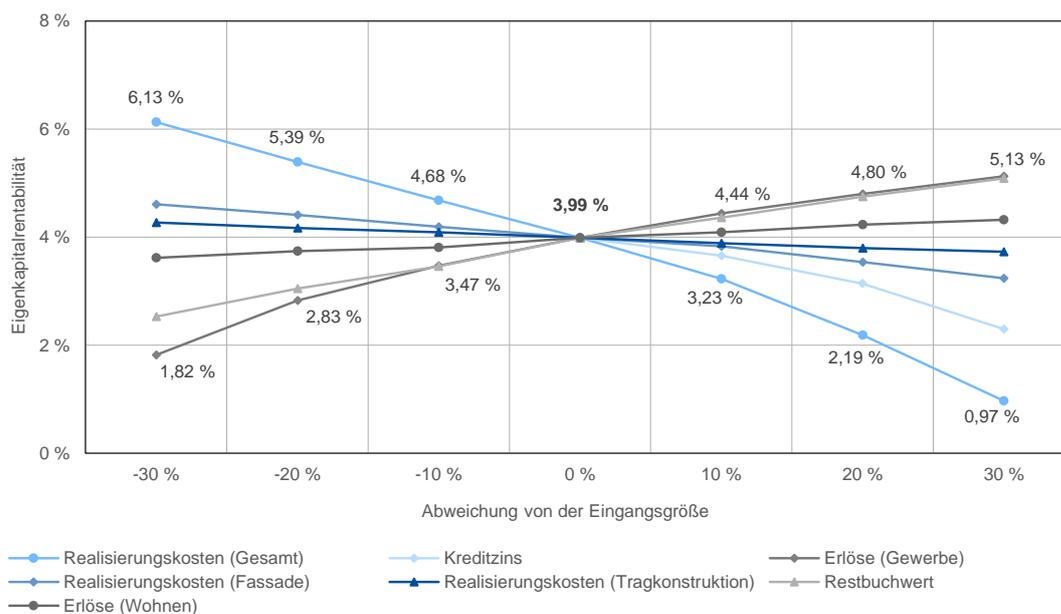


Abbildung D-9: Grafische Auswertung der Sensitivitätsanalyse hohe Variabilität zu gemischte Nutzung
Figure D-9: Graphical evaluation of the sensitivity analysis high variability to mixed use

D.5 Literaturverzeichnis Anhang C

Bibliography Annex C

BKI Baukosteninformationszentrum (2015): BKI Baukosten Gebäude Altbau 2015. Statistische Kostenkennwerte, Stuttgart.

BKI Baukosteninformationszentrum (2016): BKI Baukosten Gebäude Neubau 2016. Statistische Kostenkennwerte für Gebäude, Köln.

BKI Baukosteninformationszentrum (2018): Baukosten Gebäude + Bauelemente + Positionen Neubau 2018. Statistische Kostenkennwerte Teil 1 + Teil 2 + Teil 3, Stuttgart.

Drees, G./Paul, W. (2015): Kalkulation von Baupreisen. Hochbau Tiefbau schlüsselfertiges Bauen; mit kompletten Berechnungsbeispielen, Berlin, Wien, Zürich.

f:data GmbH (2018): Baupreislexikon. www.baupreislexikon.de, zuletzt geprüft am 30.05.2018.