



Handbuch Stadtklima

Maßnahmen und Handlungskonzepte für
Städte und Ballungsräume zur Anpassung an
den Klimawandel



Sehr geehrte Damen und Herren,



als Energieland Nummer Eins hat Nordrhein-Westfalen eine besondere Verpflichtung bei der Erfüllung der nationalen Klimaschutzziele. Im Mittelpunkt unserer politischen Neuausrichtung steht daher ein Klimaschutzgesetz, in dem unter anderem verbindlich festgelegt werden soll, dass die Treibhausgasemissionen in Nordrhein-Westfalen bis 2020 um 25 Prozent und bis 2050 um 80 bis 95 Prozent reduziert werden müssen.

Die Auswirkungen des globalen Klimawandels sind allerdings schon heute, auch in Nordrhein-Westfalen, deutlich zu spüren – vor allem in den zahlreichen Städten und Ballungsräumen. Denn dort steigen die Temperaturen infolge außergewöhnlich langer Hitzeperioden besonders stark; die gesundheitlichen Belastungen für die Bevölkerung nehmen dadurch zu. Bei den immer häufiger und plötzlich auftretenden Stürmen und Starkregenereignissen kommt es zudem zu schweren Schäden an der städtischen Infrastruktur.

Mit dem vorliegenden „Handbuch Stadtklima“ zeigen wir, wie sich Städte und Ballungsräume auf diese und andere Folgen der Klimaerwärmung einstellen können. Es wird erläutert, wie Bereiche identifiziert werden können, in denen aufgrund des Klimawandels mit besonderen Problemen zu rechnen sein wird. Zudem stellen wir einen umfangreichen Katalog konkreter Maßnahmen vor, mit denen sich die Auswirkungen des Klimawandels abmildern und neue Chancen nutzen lassen.

Ich wünsche Ihnen eine informative Lektüre.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Johannes Remmel'. The signature is fluid and cursive.

Johannes Remmel, MdL
Minister für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft,
Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1. | Einführung in das Handbuch _____ | 7 |
| 2. | Grundlagen: Stadtklima, Klimawandel und die Folgen des Klimawandels für die Städte | 9 |
| 3. | Identifikation von Problemgebieten _____ | 14 |
| 4. | Handlungskataloge und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel _____ | 21 |
| | Handlungskatalog zur Hitzebelastung | |
| | Handlungskatalog zu Extremniederschlägen | |
| | Handlungskatalog zur Trockenheit | |
| 5. | Empfehlungen für die Stadtplanung _____ | 55 |
| 6. | Zielkonflikte und Synergien von Maßnahmen _____ | 61 |

Anhang

Literaturquellen

Informationsquellen

Glossar

Impressum



1. Einführung in das Handbuch

Solaranlagen auf den Dächern kommunaler Verwaltungsgebäude, Windkraftanlagen vor den Toren der Städte und intensive Nutzung von Wasserkraft für eine CO₂-arme Stromerzeugung – bereits seit vielen Jahren arbeiten viele Städte und Gemeinden in Nordrhein-Westfalen daran, Maßnahmen zum Schutz des Klimas umzusetzen und auszubauen. Sie leisten damit einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der nordrhein-westfälischen Klimaschutzziele. Neben ihrem Engagement für den Klimaschutz gilt es für Städte allerdings auch, sich auf eine weitere Klimaerwärmung und die daraus resultierenden Folgen einzustellen. Denn sicher ist: Trotz aller Bemühungen um eine Reduktion der Treibhausgasemissionen wird der Klimawandel noch einige Jahrzehnte weiter fortschreiten. So rechnen Experten für den Zeitraum von 2031 bis 2060 mit einer Erhöhung der durchschnittlichen Jahrestemperaturen in Nordrhein-Westfalen von rund zwei Grad Celsius im Vergleich zu den Jahren 1961 bis 1990.

Insbesondere die großen Städte stehen im Bereich Anpassung an den Klimawandel vor großen Herausforderungen. Denn hier sind einige Folgen des Klimawandels deutlicher zu spüren als anderswo. In städtischen Gebieten mit hoher Bevölkerungs- und Bebauungsdichte liegen die durchschnittlichen Temperaturen bereits heute höher als im unbebauten Umland. Hier wird man in Zukunft damit rechnen müssen, stärker als andere Gebiete von steigenden Temperaturen betroffen zu sein. Auch sind die Auswirkungen von zunehmenden Starkregenereignissen in dicht bebauten Gebieten oftmals gravierender und die Schäden meist höher als außerhalb der Städte. Daher müssen rechtzeitig die richtigen Maßnahmen getroffen werden, um die Anfälligkeit von Mensch und Umwelt gegenüber den Folgen des Klimawandels zu verringern. Anpassungsmaßnahmen vor Ort müssen früh geplant und begonnen werden, da beim nachhaltigen Stadtumbau mit langwierigen Prozessen gerechnet werden muss.

Kommunen stehen vor zwei Herausforderungen: Klimaschutz und Anpassung an die Folgen des Klimawandels

Wie die Anpassung an den Klimawandel in Städten und Ballungsräumen konkret aussehen kann, zeigt das vorliegende „Handbuch Stadtklima“. Dieser Leitfaden des Umweltministeriums Nordrhein-Westfalen will vor allem die kommunalen Planungsämter darin unterstützen, Problemfelder zu identifizieren, die sich aus den zu erwartenden klimatischen Änderungen ergeben. Der Leitfaden soll helfen, die notwendigen Maßnahmen zur Klimawandelanpassung vor Ort zu treffen. Gleichzeitig informiert das Handbuch weitere Akteure – so etwa Architekten, Kom-

munalpolitiker, Planungsbüros und die interessierte Öffentlichkeit allgemein – über mögliche Wege der kommunalen Anpassung an den Klimawandel.

Das Handbuch zeigt zahlreiche konkrete Lösungsmöglichkeiten auf und erläutert sie – es ist eine Art Werkzeugkasten, der wichtige Instrumente für eine klimawandelgerechte Stadtplanung und -entwicklung enthält.

Das Handbuch ist in folgende Teile gegliedert:

Welche Probleme entstehen durch den Klimawandel für Städte und Ballungsräume?

In Kapitel 2 und Kapitel 3 werden die zu erwartenden Klimaänderungen für Nordrhein-Westfalen dargestellt und die daraus resultierenden Problemfelder in den Städten und Ballungszentren erläutert. Es wird gezeigt, wie Städte jeweilige Problemfelder identifizieren können, welche Daten dazu notwendig sind und wie diese Daten beschafft werden können.

Welche Anpassungsmaßnahmen sind möglich?

In Kapitel 4 werden die unterschiedlichen Anpassungsoptionen für die drei klimatischen Problemfelder Hitze, Starkniederschläge und Trockenheit in Form von Handlungskatalogen systematisiert und ausführlich erläutert.

Was ist auf der Ebene der Stadtplanung möglich?

Aufbauend auf den Handlungskatalogen wird in Kapitel 5 aufgezeigt, welche Maßnahmen im Rahmen der Bauleitplanung umgesetzt werden können, indem Darstellungs- und Festsetzungsmöglichkeiten im Flächennutzungsplan und im Bebauungsplan aufgezeigt werden. Kapitel 6 stellt mögliche Zielkonflikte und bestehende Synergien zwischen den Anpassungsmaßnahmen und anderen Zielen und Maßnahmen nicht nur der Stadtplanung und -entwicklung dar.

Das „Handbuch Stadtklima“ ist das Ergebnis eines einjährigen Projekts, das der Regionalverband Ruhr im Auftrag des Umweltministeriums Nordrhein-Westfalen zu diesem Thema durchgeführt hat. Kooperationspartner waren die Abteilung für Angewandte Klimatologie und Landschaftsökologie der Universität Duisburg-Essen, das Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW e. V.) und das Deutsche Institut für Urbanistik.

Die Projektpartner haben das Handbuch zunächst auf theoretischer Ebene erarbeitet und dann – in einem zweiten Schritt – in zwei Modellstädten im Ruhrgebiet (Bottrop und Dortmund) angewendet. Die Ergebnisse und Anregungen aus diesem Praxistest wurden wiederum in das Handbuch integriert. Das Handbuch ist aber nicht nur für Ruhrgebietsstädte geeignet, es zeigt generell Wege zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels für dicht bebaut und besiedelte Städte und Ballungsräume auf.

Eine ausführliche Langfassung des Handbuchs mit umfangreichen Hintergrundinformationen zum Thema Klima, Klimawandel und Auswirkungen auf die Stadtplanung ist ergänzend im Internet erhältlich (www.klimawandel.nrw.de).



2. Grundlagen: Stadtklima, Klimawandel und die Folgen des Klimawandels für die Städte

Aus den typischen Eigenschaften des Stadtklimas ergeben sich unterschiedliche Probleme, die sich durch den Klimawandel noch verstärken. Doch welche Folgen des Klimawandels sind relevant für Städte und Ballungsräume? Wie wirkt sich extreme Hitze auf die Stadtbevölkerung aus? Was bedeutet Hitze für die Anlagen und Systeme der Siedlungswasserwirtschaft? Und welche Folgen hat eine Veränderung des Niederschlagsverhaltens mit Extremniederschlägen und Trockenperioden auf die Stadtentwässerung?

Städte und Ballungsräume verursachen im Vergleich zum weniger oder nicht bebauten Umland klimatische Effekte, die mit dem Begriff **Stadtklima** bezeichnet werden. Die Gründe für diese klimatischen Besonderheiten liegen in der Bebauungsstruktur, der Flächenversiegelung, im geringeren Vegetationsbestand sowie in einer Vielzahl unterschiedlicher Emittenten (z. B. aus Verkehr, Hausbrand, Industrie und Gewerbe). Viele Eigenschaften des Stadtklimas können bei zu starker Ausprägung negativ auf die in Städten lebenden Menschen, Tiere und Pflanzen sowie die städtische Infrastruktur wirken. Daraus lassen sich Problemfelder ableiten, deren Darstellung und Beschreibung für die Stadtklimatologie und vor allem für die Stadtplanung von Bedeutung sind:

Viele Eigenschaften des Stadtklimas können sich negativ auf die Menschen, Tiere und Pflanzen sowie die städtische Infrastruktur auswirken

- Das **Problemfeld der städtischen Wärmeinsel** ist in den mittleren Breiten insbesondere in Sommernächten nachweisbar und kann zu Belastungen für den menschlichen Organismus führen. An heißen Sommertagen absorbieren die künstlichen Baumaterialien der Gebäude, Straßen und Plätze die Sonnenstrahlung, die wieder an die Atmosphäre abgegeben wird oder in die Baukörper eindringt. Hieraus resultiert ein gegenüber dem Umland erhöhtes thermisches Niveau. Die Belastung für den Menschen beschränkt sich nicht nur auf den Aufenthalt im Freien während der Tagstunden, sondern setzt sich auch nachts in den Häusern fort (Kuttler 2004).
- Das **Problemfeld des städtischen Windfelds** resultiert aus der Tatsache, dass im urbanen Raum sowohl die thermische als auch die lufthygienische Belastung für die Bevölkerung sehr hoch sein kann, weil überwärmte Luft oder Schadstoffe nicht abtransportiert werden. Vor allem

dicht bebaute Innenstadtbereiche weisen dieses Phänomen auf. Aufgrund mangelnder Durchlüftung sowie häufig fehlender Anschlüsse an Kaltluft leitende Ventilationsbahnen (so genannte Frischluftschneisen) kann kühle Umlandluft nicht bis ins Stadtzentrum vordringen, um Gebäude ausreichend abzukühlen. Auch hohe und dichte Vegetation im Bereich von Grünflächen, von Ventilationsbahnen und von Straßen hemmen den Abfluss überwärmter Luft.

- Das **Problemfeld des städtischen Niederschlags** ergibt sich aus dem Zusammenspiel von extremen Niederschlagsereignissen und einem hohen Anteil versiegelter Flächen im städtischen Bereich. Starkregenereignisse, d. h. mehr als fünf Liter Regen binnen fünf Minuten pro Quadratmeter (meteorologische Definition), können sich negativ auf das urbane Abflussregime auswirken. Der Begriff „Starkregen“ ist dabei zunächst einmal unabhängig von den damit verbundenen Auswirkungen zu betrachten. Ob von einem Starkregenereignis eine Schädigung ausgeht, ist von den



örtlichen Randbedingungen abhängig. Die Kanalisation ist auf die vollständige Ableitung von seltenen Starkregenereignissen nicht ausgelegt. Kommt es bei Starkregenereignissen zur Überlastung der Kanalisation, fließt das Regenwasser hauptsächlich oberirdisch ab und führt zu kurzzeitigen Überflutungen, die z. T. erhebliche Schäden anrichten können (Helbig et al. 1999).

Fehlender Niederschlag führt zu Wasserentzug im urbanen Wasserkreislauf und bei längerer Dauer – insbesondere im Sommer – zu Trockenepisoden. Als Folge kann im Umland der Städte die Trinkwassergewinnung

und -versorgung gefährdet sein. Darüber hinaus kann es bei zunehmender Dauer von Trockenepisoden in Verbindung mit schwachwindiger Witterung zur Akkumulation von Spurenstoffen in der Stadtatmosphäre kommen.

- Das **Problemfeld der städtischen Luftfeuchtigkeitsverhältnisse** resultiert aus der Tatsache, dass Städte im Vergleich zum nicht bebauten Umland im Allgemeinen durch eine niedrigere Luftfeuchtigkeit charakterisiert sind. Grund hierfür ist der niedrigere Anteil an Wasser- und Grünflächen in Städten, der mit einer verminderten Abkühlung einhergeht, da bei der Verdunstung Energie verbraucht wird, die nicht mehr zur Erwärmung der Luft zur Verfügung steht. Bei einem verzögerten Tauabsatz aufgrund höherer Temperaturen in der Bebauung können sich in der Stadt ausnahmsweise höhere Luftfeuchtwerte einstellen.
- Das **Problemfeld der städtischen Luftqualität** ist eine Folge der hohen Belastung durch gas- und partikelförmige Stoffe in Städten aufgrund zahlreicher Emittenten. Hierbei stellt der Straßenverkehr das Hauptproblem dar, aber auch Hausbrand- und Industrieemissionen tragen zur Belastung bei. Zu besonders ungünstigen Verhältnissen führen Inversionswetterlagen mit geringem Luftaustausch, die insbesondere in Tallagen das Immissionsklima nachhaltig verschlechtern.

Klimawandel und Folgen für die Städte

Der zu erwartende Klimawandel wird die Belastungen in den genannten Problemfeldern in Städten noch zusätzlich verschärfen. Die Klimaprojektionen für Nordrhein-Westfalen zeigen, dass bis zur Mitte dieses Jahrhunderts mit einer Erwärmung um etwa 2 °C im Vergleich zur Referenzperiode 1961–1990 gerechnet werden muss. Darüber hinaus sind eine verstärkte Häufigkeit von Extremwetterereignissen (Niederschläge, Hitze, Trockenheit) und eine Verschiebung der Niederschläge in die Wintermonate zu erwarten (vgl. MUNLV 2009).

Hitzebelastung

Im Vergleich zum Beginn des 20. Jahrhunderts zeigen die Projektionen für die Dekade 2051–2060 für das Ruhrgebiet einen Anstieg der so genannten Sommertage, d. h. der Tage mit einem Temperaturmaximum von mindestens 25 °C, auf den dreifachen und einen der so genannten heißen Tage, d. h. der Tage mit einem Temperaturmaximum von mindestens 30 °C, auf den fünf-fachen Wert.



Die gravierendste Folge eines solchen Anstiegs der Temperaturextreme ist die dadurch bedingte höhere Mortalität und Morbidität. Für das Mortalitäts- und Morbiditätsrisiko spielen dabei folgende Faktoren eine Rolle:

- **Soziodemographische Faktoren:** Risikogruppen sind insbesondere ältere Menschen und Neugeborene, generell sind Frauen stärker betroffen als Männer.
- **Dauer:** Einzelne, isolierte Hitzetage sind besser verträglich als länger andauernde Hitzeperioden. Nach den Klimaprojektionen sind zukünftig neben den generell zunehmenden heißen Tagen vor allem auch längere Hitzewellen zu erwarten.
- **Jahreszeit:** Im Frühjahr hat eine Hitzewelle größeren Einfluss als im Sommer, da der menschliche Organismus dann noch nicht an die Hitze angepasst ist und deshalb sensibler auf Hitzebelastungen reagiert. Die aufgrund des Klimawandels zu erwartende Verschiebung der ersten „heißen Tage“ von Ende Juni auf Anfang April führt daher zu einem vermehrten Auftreten von besonders unverträglichen Hitzewellen.
- **Zeitpunkt:** Die Nachttemperaturen sind bedeutender als die Tagesmaxima, da die nächtliche Erholungsphase für den Körper besonders wichtig ist.

Die gravierendste Folge des Anstiegs der Temperaturextreme ist eine Zunahme der hitzebedingten Mortalität und Morbidität

Extreme Hitze hat auch Auswirkungen auf die Anlagen und Systeme der **Trinkwasserversorgung**: Als Folge der Aufheizung von Flächen kann es zu einer anhaltenden Erwärmung der darunterliegenden Bodenschichten kommen. Dadurch können sich die Rohrleitungen der öffentlichen Trinkwasserverteilungsnetze, die üblicherweise zwischen 80 und 120 cm unter der Erdoberfläche liegen, ebenfalls erwärmen. Höhere Temperaturen erhöhen das Risiko der Wiederverkeimung. Das gilt insbesondere bei längeren Verweilzeiten in Netzbereichen mit geringer Anschlussdichte und in Hausanschlussleitungen. Diese Gefährdung der Wasserqualität kann sich noch zuspitzen, wenn durch höhere Temperaturen bereits deutlich wärmeres Oberflächenwasser als Rohwasser für die Trinkwasseraufbereitung genutzt werden muss.

Wärmere Rohrleitungen und Gewässer gefährden die Trinkwasserqualität

In aufgeheizten Gewässern wie beispielsweise Talsperren und Seen können darüber hinaus schon nach wenigen Tagen erheblich mehr Keime, Bakterien oder Algen vorhanden sein. Damit erhöht sich der Aufwand bei der Trinkwasseraufbereitung und der Desinfektion vor der Einspeisung in das Verteilnetz wesentlich, denn die Rohwasserentnahme muss aus tiefer liegenden, kühleren Wasserschichten vorgenommen werden. Bei andauernden Hitzeperioden verändert sich zusätzlich die Verdunstungsrate, Böden trocknen schneller aus und der Bedarf an Nutzwasser zur Unterhaltung von Parkanlagen, städtischer Bepflanzung und Gärten wird ansteigen.



Verändertes Niederschlagsverhalten

Besondere Auswirkungen für die Siedlungswasserwirtschaft wird auch das zukünftige Niederschlagsverhalten haben. Dazu zählen neben der voraussichtlichen Zunahme der Häufigkeit extremer Niederschläge die zu erwartenden wärmeren und niederschlagsreichen Wintermonate.

Extreme Niederschlagsereignisse können Entwässerungssysteme überlasten und zu Sturzfluten sowie Überflutungen führen

Sowohl Dauerregen als auch Regen mit hoher Intensität können die Leistungsfähigkeit einer Stadtentwässerung oder eines Teilsystems übersteigen. Extreme Niederschlagsereignisse können Entwässerungssysteme überlasten und zu Sturzfluten und Überflutungen führen. Im Fall eines Regenereignisses mit extremer Intensität ist der Zeitraum des Ereignisses zwar kurz und seine geographische Ausdehnung häufig begrenzt, es kann aber in Abhängigkeit von den örtlichen Verhältnissen durch die große Niederschlagsmenge zu einer Überlastung des unmittelbar betroffenen Teilentwässerungssystems kommen. In diesem Fall fließt der Niederschlag zum großen Teil oberflächlich ab. Infolgedessen kann es dann zu überlaufenden Straßeneinläufen und Kanalisationsschächten, Überflutungen von Straßen, anderen Verkehrsflächen, Kellern und tiefliegenden baulichen Anlagen wie Tiefgaragen, Unterführungen und Tunneln kommen. Je nach anfallenden Wassermengen, Gefälleverhältnissen und möglichen Stauhöhen ergeben sich dadurch entsprechende Folgen für die Bevölkerung, für die städtische Infrastruktur sowie für private Grundstücke und Anlagen.

Überlaufendes Mischwasser birgt die Gefahr von Erosionsschäden, Zerstörungen und Verschmutzungen, aber auch von hygienischen und gesundheitlichen Belastungen

Durch übermäßiges Überlaufen einer Mischwasserkanalisation (Gemisch aus häuslichem oder industriellem Abwasser mit Niederschlagswasser) als Folge eines Starkregenereignisses kann es nicht nur zu Erosionsschäden, physischen Zerstörungen und erheblichen sichtbaren Verschmutzungen kommen, sondern auch zu hygienischen und gesundheitlichen Belastungen von Flächen, Böden und urbanen Gewässern durch Krankheitserreger, Keime, Medikamentenrückstände und andere Chemikalien. Diese Risiken sind in Siedlungsgebieten mit Trennkanalisation, d. h. mit separater Regenwasserableitung, als geringer einzustufen.

Die punktuellen Einleitungen großer Wassermengen in das nächste Gewässer können sich in mehrfacher Hinsicht negativ auf das Gewässer selbst, die anliegenden Siedlungsgebiete oder die regionale Trinkwasserversorgung auswirken: Eine hohe Wasserführung birgt erhöhte Überschwemmungsgefahr für die Unterlieger. Einleitungen aus Misch- und Niederschlagswasser können die Gewässerqualität beeinträchtigen.

Prognostizierte wärmere und niederschlagsreichere Wintermonate können in Gebieten mit hohem Grundwasserstand oder in abgesunkenen Gebieten (z. B. Bergsenkungen) zu Problemen und erhöhten Aufwendungen für die Siedlungsentwässerung sowie den Gebäudebestand führen. Gebiete mit geringem Grundwasserflurabstand, die bis jetzt noch ohne Entwässerungspumpwerke auskommen, laufen zukünftig Gefahr, aufgrund lang andauernder oder häufigerer Winterniederschläge in



Teilen überflutet zu werden. Tief liegende Anlagen, Infrastruktur und Gebäudekeller nehmen dann drückendes Grundwasser auf; die Bausubstanz, die für diesen Lastfall nicht ausgelegt ist, wird nachhaltig beschädigt.

Trockenperioden

Als Trockenperioden sind solche Zeiträume zu betrachten, in denen mehrere Wochen kein Niederschlag fällt. Durch das Ausbleiben von Niederschlägen über einen längeren Zeitraum kann es vermehrt zu Ablagerungen in den Kanälen kommen, die zu einer Minderung der hydraulischen Leistungsfähigkeit, zu Geruchsbelästigungen und zu Ungezieferbefall beitragen.

Im Einzugsgebiet eines Gewässers bzw. der zugehörigen Grundwasserleiter kommt es durch Trockenperioden zu einem natürlichen Absinken der lokalen Grundwasserspiegel. Beeinträchtigungen ergeben sich daraus sowohl für die ökologische Situation kleiner Fließgewässer als auch für lokale oder regionale Wasserversorgungseinrichtungen, die Rohwasser aus Grundwasser gewinnen.

Längere regenfreie Perioden trocknen schließlich die obere Bodenzone frei liegender oder nur mit dünner Vegetation bewachsener Böden aus. Wesentlichen Einfluss auf die Siedlungswasserwirtschaft gewinnt die Austrocknung der oberen Bodenzone dadurch, dass die ersten Niederschläge nach einer Trockenperiode nicht in den Boden eindringen können, sondern oberflächlich abfließen. Die Folgen sind eine erhöhte Bodenerosion, eine verringerte Grundwassererneuerungsrate und auffallend hohe Niederschlagsabflüsse sowohl in die Siedlungsentwässerungssysteme als auch in die nächsten Oberflächengewässer und – je nach Leistungsfähigkeit der Entwässerungssysteme – in tiefer liegende Siedlungsgebiete und Infrastrukturanlagen.

Verändertes Auftreten bestimmter Großwetterlagen

Im Rahmen des Klimawandels wird sich in Zukunft voraussichtlich auch die Auftrittshäufigkeit bestimmter Großwetterlagen verändern (IPCC 2007). Prognostiziert werden häufigere so genannte autochthone Wetterlagen (Hochdruckwetter), d. h. relativ austauscharme Wetterlagen, während der Sommermonate. Da der Druckgradient bei autochthonen Wetterlagen in der Regel gering ist, nimmt die Windgeschwindigkeit ab, wodurch der Luftaustausch minimiert wird und keine warme Luft abfließen kann. Ein weiterer Effekt häufiger Strahlungswetterlagen im Sommer ist die verstärkte Bildung von bodennahem Ozon. Die Zunahme von austauscharmen Strahlungswetterlagen beeinflusst insgesamt die Luftqualität des städtischen Raumes: Trockenheit und windschwache Bedingungen führen zu einer höheren Belastung mit Feinstaub. Das frühere Auftreten solcher Wetterlagen im Frühjahr wirkt sich zudem negativ auf die Ausbreitung und Anreicherung von Pollen in der Stadtatmosphäre aus.

Trockenperioden können Ablagerungen in Kanälen, das Absinken der lokalen Grundwasserspiegel und die Austrocknung der oberen Bodenschichten verursachen

Zunehmende windschwache Hochdruckwetterlagen im Sommer können sich negativ auf Luftaustausch und Luftqualität in der Stadt auswirken



3. Identifikation von Problemgebieten

Um Problemgebiete in Städten zu identifizieren, müssen bestimmte klimatische und lufthygienische Grundlagen ermittelt werden. Welche Methoden der Informationsgewinnung gibt es? Auf welche Daten kann man zurückgreifen? Wie können Gebiete, in denen aufgrund des Klimawandels Probleme zu erwarten sind, abgegrenzt werden?

Zur Bearbeitung von klimatischen Fragestellungen ist es notwendig, zunächst die diesbezügliche Ist-Situation einer Stadt oder einer Region zu erfassen, diese Ist-Situation hinsichtlich der Ursachen zu analysieren und bezüglich ihrer Auswirkungen zu beurteilen. Aus den Ergebnissen können anschließend planerische Handlungskonzepte abgeleitet werden.

Ermittlung der klimatischen und lufthygienischen Ist-Situation

Im Mittelpunkt des stadtklimatischen Untersuchungsinteresses steht die räumliche und zeitliche Struktur der klimatischen und lufthygienischen Ist-Situation von Städten. Zu den meteorologischen Standardmessgrößen zählen dabei Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Wind. In speziellen Fällen werden zusätzlich Daten zu Energiebilanz, Verdunstung, atmosphärischer Turbulenz, Bewölkung, Niederschlag oder Nebel erhoben. Für die Untersuchung stadtklimatischer Fragestellungen existieren verschiedene Untersuchungskonzepte, die sich hinsichtlich des technischen, zeitlichen und monetären Aufwands und der Aussagegenauigkeit unterscheiden:



1. Fachwissenschaftliche Auswertung vorhandenen Datenmaterials:

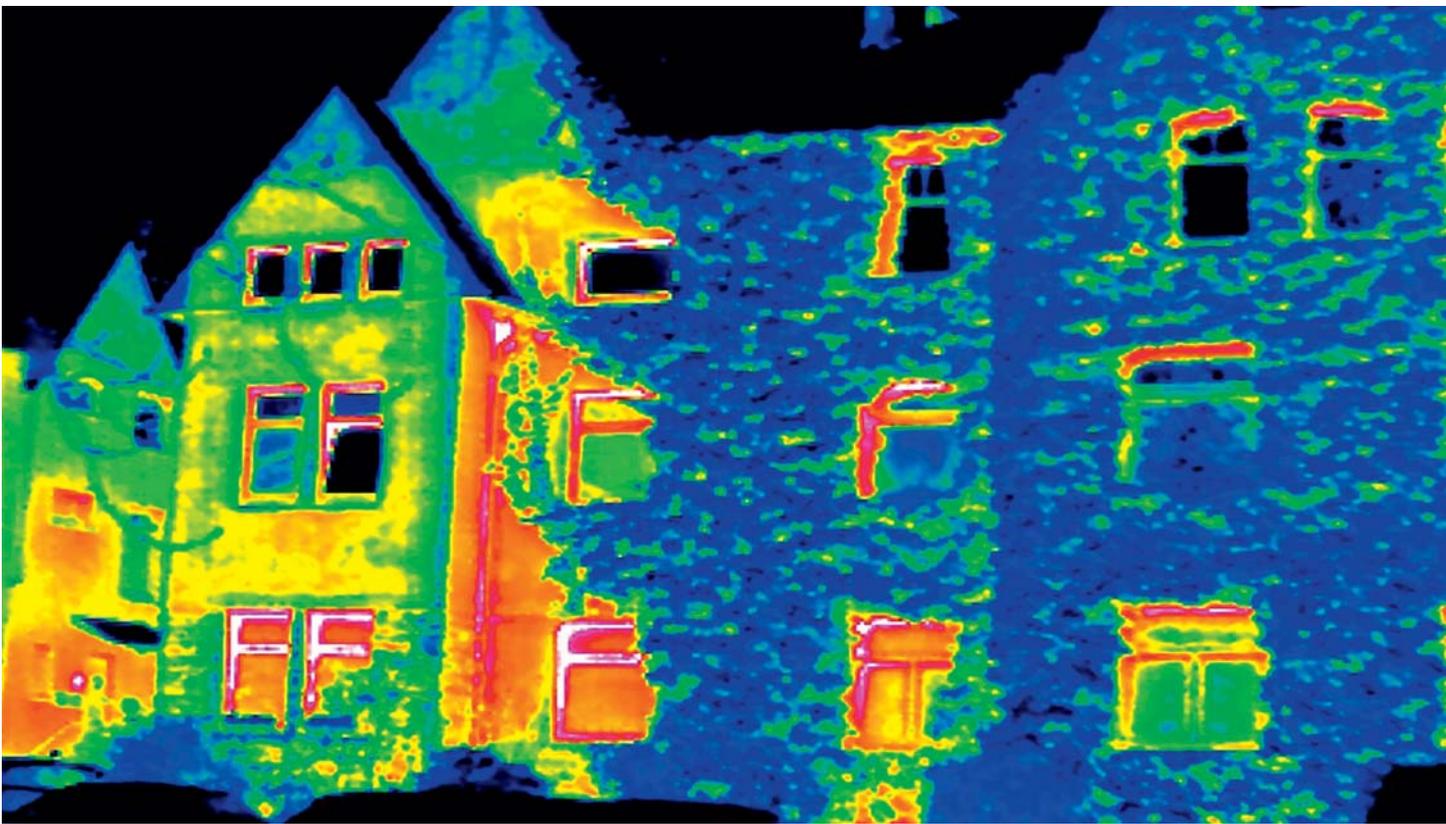
In einer ersten Annäherung können Ergebnisse vorhandener Klimauntersuchungen auf das eigene Untersuchungsgebiet übertragen werden (zur Beschaffung von Datenmaterial s. nächster Abschnitt „Vorhandene Datenbasis für Klimainformationen“).

2. Datenerhebung im Gelände:

Geländemessungen besitzen den Vorteil, dass dadurch ortsbezogene Messwerte mit hoher zeitlicher und/oder räumlicher Auflösung erzeugt werden. Außerdem können die Sachverhalte reproduziert und repräsentativ für verschiedene Tages- und Jahreszeiten dargestellt werden. Verschiedene Messmethoden können zum Einsatz kommen:

- Stationäre Messungen ermöglichen kontinuierliche Datenerhebungen und zeigen so die zeitliche Variabilität der klimatischen Situation im Untersuchungsgebiet. Sinnvoll ist dabei ein Netz aus Klimastationen, um verschiedene Flächennutzungsstrukturen berücksichtigen zu können.
- Mobile Messungen dienen der flächenhaften Verdichtung von stationär erhobenen Daten und werden während schwachwindiger Strahlungswetterlagen auf festgelegten Messrouten durchgeführt.
- Vertikalsondierungen erfassen an Türmen oder mittels Ballonen und Fluggeräten die meteorologischen Verhältnisse in Abhängigkeit von der Höhe über dem Erdboden.
- Bei Tracerexperimenten werden luftfremde optisch oder chemisch nachweisbare Spurenstoffe eingesetzt, um Schwachwindströmungen nachzuweisen.
- Fernerkundungsverfahren sind berührungslose Messverfahren, die vom Boden, Flugzeug oder Satelliten aus erfolgen. Die Infrarot-Thermographie zur Erfassung von Oberflächentemperaturen ist das gebräuchlichste Fernerkundungsverfahren in der Stadtklimatologie.
- Phänologie und Bioindikatoren werden als indirekte Methode zur räumlichen Differenzierung des Klimas herangezogen.





3. Anwendung physikalischer bzw. numerischer Modellsimulationen:

Mittels physikalischer oder numerischer Modellsimulationen können hoch aufgelöste dreidimensionale Datenfelder dargestellt und Prognosen erstellt werden, die verschiedene Szenarien berücksichtigen. Solche Modellsimulationen sind meist kostengünstiger als Datenerhebungen im Gelände. Der Nachteil von Modellsimulationen ist die notwendige Vereinfachung vieler Eingabegrößen, weshalb nur ein unvollkommenes Bild der Realität wiedergegeben werden kann.

In jedem Fall wird eine stadtklimatische Untersuchung mit der Bewertung der Ergebnisse abgeschlossen. So können klimatische/lufthygienische Belastungs- bzw. Ausgleichsräume ausgewiesen und die Empfindlichkeit einer Fläche gegenüber bestimmten Nutzungen klassifiziert werden, um schließlich optimale Flächennutzungen zu erreichen.

Vorhandene Datenbasis für Klimainformationen

Für Nordrhein-Westfalen
liegen zahlreiche
klimatisch-lufthygienische
Fachinformationen vor

Für Nordrhein-Westfalen liegen zahlreiche klimatisch-lufthygienische Fachinformationen vor, die als Grundlage zur Bearbeitung unterschiedlicher umweltmeteorologischer Fragestellungen herangezogen werden können.

Für **kleinmaßstäbige Fachinformationen** (Maßstab 1 : 100.000 oder kleiner) stehen diverse Kartenwerke zur Verfügung. Hier sind insbesondere der Klimaatlas Nordrhein-Westfalen (MURL NRW 1989) sowie der Klimaatlas Bundesrepublik Deutschland (DWD 1999–2006) zu nennen. Eine detaillierte Auswertung von Niederschlagsmessungen als Grundlage für die Einordnung eines Starkregenereignisses enthält der KOSTRA-Atlas („Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertungen“; DWD 1997, DWD 2005). Er stellt Starkniederschlagshöhen für Dauerstufen von 15 Minuten, 60 Minuten, 12 Stunden, 24 Stunden, 48 Stunden und 72 Stunden für Wiederkehrzeiten von einem Jahr, zehn Jahren und maximal 100 Jahren in Rasterfeldkarten (ca. 8,5 km x 8,5 km) dar.

Gutachten zu **großmaßstäbigen Fachinformationen** – darunter sind alle regionalen sowie kommunalen Klimaanalysen und Gutachten zusammengefasst, die eine Beurteilung der klimatisch-lufthygienischen Situation auf kommunaler Planungsebene erlauben – sind dagegen häufig unveröffentlicht und nur beim Auftraggeber (z. B. einer Kommune) einzusehen. Für fast alle Städte und Kommunen des Ruhrgebiets liegen Klimaanalysen des Regionalverbands Ruhr vor, die teilweise auch im Internet erhältlich sind (s. Kasten).

Sofern für bestimmte Orte oder Fragestellungen keine Fachinformationen vorliegen, besteht die Möglichkeit, entsprechende Untersuchungen auf Basis von vorhandenen Messdaten durchzuführen. Verschiedene **meteorologische und lufthygienische Messnetze** liefern von ihren Klimastationen Daten in hoher zeitlicher Auflösung (Stundenwerte oder kleiner) zu den meteorologischen Standardgrößen Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Windrichtung. An ausgewählten Stationen werden ferner Strahlungsgrößen, Bedeckungsgrad, Sichtweite, Bodentemperaturen oder lufthygienische Daten erfasst. Niederschlagsdaten können über ergänzende Niederschlagsmessnetze mit einer höheren räumlichen Stationsdichte oder durch den DWD-Radarverbund flächendeckend erfasst werden.

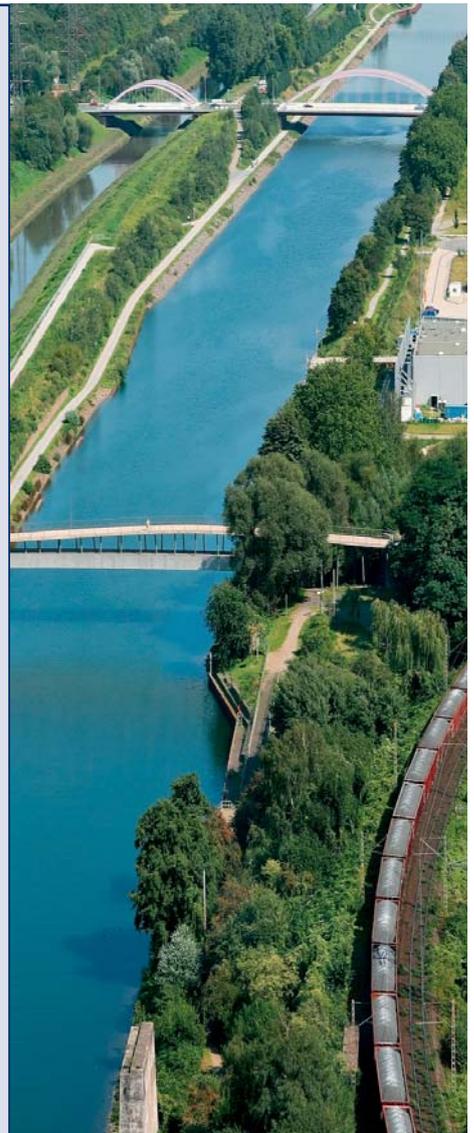
Abgrenzen von Problemgebieten

Nicht alle Kommunen bzw. alle Gebiete sind gleichermaßen anfällig für die zu erwartenden klimatischen Änderungen. Um Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel gezielt ein- und möglichst effektiv umzusetzen, sollten daher die Gebiete und Bereiche identifiziert werden, die eine besondere Sensitivität gegenüber den Folgen des Klimawandels aufweisen. Das sind Gebiete, in denen aufgrund der sozialen, ökonomischen und naturräumlichen Rahmenbedingungen vor Ort besondere Probleme durch die klimatischen Änderungen zu erwarten sind.

Datenbasis im Ruhrgebiet

Bezüglich der Informationsdichte und räumlichen Auflösung sind die Klimaanalysen des Regionalverbands Ruhr (RVR) besonders hervorzuheben. Für alle größeren Städte und Kommunen des Ruhrgebietes liegen Klimaanalysen vor (teilweise zum Download unter www.rvr-online.de, Menüpunkt Landschaft & Umwelt). Die Klimaanalysen enthalten eine Beschreibung und Bewertung der klimatischen Ist-Situation und Planungsempfehlungen, um optimale humanbiometeorologische und immissionsklimatische Verhältnisse zu erreichen. Der Klimaatlas Ruhrgebiet ist eine digitale Informationsplattform zum Klima im Ruhrgebiet. Informationsgrundlage bilden die synthetischen Klimafunktions- und Planungshinweiskarten der Ruhrgebietskommunen sowie die regionale Synthetische Klimafunktionskarte des Ruhrgebietes. Die Planungshinweiskarten geben Auskunft zu klimatischen Gunst- und Ungunstgebieten (Ausgleichsräume und Lasträume), zur Klimatop- und Freiflächenvernetzung sowie Hinweise zu möglichen Maßnahmen, um das lokale Klima zu verbessern. Die vorhandenen Klimauntersuchungen im Ruhrgebiet können als Grundlage für die Entwicklung von Anpassungsstrategien für die Stadtplanung an die Auswirkungen des Klimawandels herangezogen werden.

Die Städte und Gemeinden des Ruhrgebietes liegen weitestgehend in den Verbandsgebieten von Emschergenossenschaft und Lippeverband sowie des Ruhrverbands. Die Wasserverbände in NRW erbringen in ihren jeweiligen Flussgebieten regionsübergreifende Dienstleistungen und Anpassungsmaßnahmen für und in enger Zusammenarbeit mit ihren kommunalen und industriellen Mitgliedern wie beispielsweise flächendeckende Darstellungen der Grundwasserflurabstände im Ruhrgebiet.





Problemgebiete mit erhöhter klimatischer Belastung für den Menschen

Die Anfälligkeit einer Region gegenüber Hitzestress wird beeinflusst von der Versiegelungsrate, der Bevölkerungsdichte und dem Bevölkerungsanteil der über 65-Jährigen

Die in Kapitel 2 definierten Problemfelder (Städtische Wärmeinsel, Städtisches Windfeld, Städtische Luftfeuchtigkeit) lassen sich unter dem Aspekt ihres Einflusses auf die Gesundheit des Menschen zusammenfassen zu dem Problem „Hitzestress“. Bei der Abgrenzung von Gebieten, die besonders anfällig gegenüber Hitzestress sind, werden die folgenden Einflussparameter berücksichtigt:

■ Bereiche der städtischen Wärmeinseln

Im Bereich der städtischen Wärmeinsel, d. h. in dicht bebauten Gebieten, konzentrieren sich die durch Hitze und Hitzewellen bedingten Probleme für den Menschen. Diese Gebiete können daher grundsätzlich als anfällig gegenüber Hitzebelastungen charakterisiert werden. Die Identifikation solcher städtischen Wärmeinseln erfolgt entweder durch eine Klimauntersuchung oder auf der Grundlage einer Flächennutzungs- und Versiegelungskartierung (hoher Versiegelungsgrad mit städtischer Bebauung) unter Zuhilfenahme von Luftbildern oder Ortsbegehungen.

■ Bevölkerungsdichte

Je größer die Einwohnerdichte ist, desto mehr Menschen sind einer möglichen Hitzebelastung ausgesetzt. Bei einem Aufenthalt in den Innenstädten tagsüber kann einer Hitzebelastung durch einen Standortwechsel und die Vermeidung von besonnten Standorten entgegengewirkt werden. Anders sieht dies bei der Wohnbevölkerung aus, die insbesondere nachts einer Hitzebelastung durch mangelnde Abkühlung im Bereich der städtischen Wärmeinsel nicht ausweichen kann. Innenstadtbereiche, die überwiegend als Dienstleistungszentren genutzt werden und einen nur durchschnittlich hohen Anteil an Wohnbevölkerung haben, sind Problemgebiete mit einer etwas niedrigeren Anfälligkeitsstufe.

■ Prozentualer Anteil der über 65-Jährigen an der Bevölkerung

Für die Anfälligkeit eines Gebietes gegenüber einer klimatischen Belastung des Menschen spielen neben dem Hitze Potenzial auch soziodemographische Faktoren wie das Alter der Bevölkerung eine Rolle. Ältere Menschen zeigen eine schlechtere Anpassung an extreme Hitze mit gesundheitlichen Folgen, die von Erschöpfung bis hin zu Hitzschlag und Herzversagen reichen können. Gebiete mit einem hohen Anteil älterer Menschen können daher als anfälliger gegenüber Hitzestress charakterisiert werden.

Die Verschneidung der Bereiche von städtischen Wärmeinseln mit der Karte der Bevölkerungsdichte und der des prozentualen Anteils der über 65-Jährigen lässt eine Abgrenzung von Problemgebieten mit einer abgestuften Anfälligkeit gegenüber einer klimatischen Belastung des Menschen zu. Die generelle Hitzebelastung ergibt sich aus der typischen, hoch versiegelten Bebauungsstruktur der Stadt- und Innenstadtbereiche. Mit zunehmender Bevölkerungsdichte steigt die Anfälligkeit eines Gebiets von Stufe 1 bis auf Stufe 3. Überlagert werden diese drei Klassen von Bereichen mit einem überdurchschnittlichen Anteil von Einwohnern über 65 Jahre. Diese Viertel sind höchst problematisch, da sie ein hohes Hitzepotenzial bei geringen Durchlüftungsmöglichkeiten zusammen mit einem hohen Anteil an der anfälligen Bevölkerungsgruppe der über 65-Jährigen aufweisen, und fallen daher unabhängig von der Gesamtbevölkerungsdichte in die Anfälligkeitsstufe 4.

Im Ruhrgebiet befinden sich große, zusammenhängende Gebiete mit besonderer Hitzeempfindlichkeit vor allem in den Großstädten Duisburg, Oberhausen, Mülheim a. d. Ruhr, Essen, Gelsenkirchen, Bochum und Dortmund. Dies ist eine Folge der Industrialisierung, die in der Hellwegzone zu einem Wachstum der vorhandenen Städte und zur Entwicklung von Großstädten mit jeweils einem einzigen deutlichen Stadtzentrum führte. Die explosionsartige Entwicklung von Dörfern in der Emscherzone dagegen ließ Stadtgebilde ohne eindeutige städtebauliche Mitte mit mehreren größeren und kleineren Stadtkernen entstehen. Die hier vorhandenen Problemzonen haben keine großen Flächenanteile und gehören meist der untersten Anfälligkeitsstufe an. Abbildungen 3-1 und 3-2 verdeutlichen diesen Zusammenhang anhand der in den Modellkommunen Bottrop und Dortmund durchgeführten Abgrenzung der jeweiligen Problemgebiete. Diese befinden sich in beiden Kommunen vor allem in den Innenstädten, wobei Dortmund insgesamt mehr Flächen mit einer hohen Hitzeempfindlichkeit aufweist. Solche Flächen gilt es bei Planungsentscheidungen unter dem Blickwinkel Klimawandel besonders zu berücksichtigen.

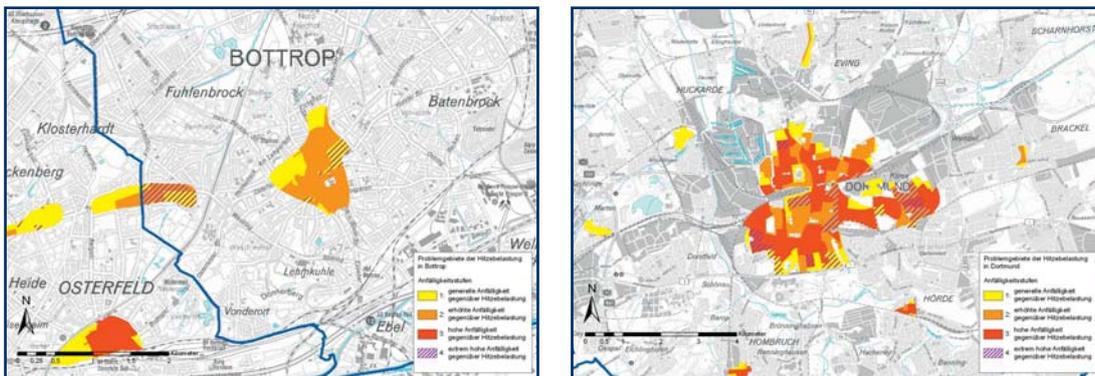


Abb. 3-1 und 3-2 Problemgebiete der Hitzebelastung in Bottrop und Dortmund (RVR)

Problemgebiete bei Stark- und Extremniederschlägen

Für die Frage, in welchem Maße ein Siedlungsgebiet anfällig ist für Überflutungen und/oder Schäden infolge von Starkniederschlägen, spielen die folgenden Einflussgrößen eine Rolle:

- Die Topographie hat einen entscheidenden Einfluss auf die Anfälligkeit eines Siedlungsgebietes für Überflutungen infolge von Starkniederschlägen. Siedlungsgebiete in Hanglage oder unterhalb von Hanglagen können durch unkontrolliert abfließendes Wasser aus oberhalb liegenden Gebieten überflutet werden. Besonders gefährdet sind Siedlungsgebiete, die sich unterhalb von stark versiegelten Flächen befinden, weil Hangabflüsse dort zu einem Einstau oder einer Überlastung der Kanalisation führen können. Befindet sich eine Siedlung in Kessel- bzw. Muldenlage, so kann sich bei ungünstigen Straßenläufen der Hangabfluss an der tiefsten Stelle treffen und dort besonders großen Schaden an anliegenden Grundstücken und an der Bebauung anrichten und die Kanalisation dort temporär überlasten.

Die Anfälligkeit einer Region gegenüber Starkniederschlägen wird beeinflusst von der Topographie, vorhandenen Bergsenkungs- und Poldergebieten sowie Fließgewässern

- Bergsenkungs- und Poldergebiete mit ihren Pumpwerken zur Abwasserhebung und Grundwasserhaltung stellen eine spezifische Situation in vielen Kommunen des Ruhrgebiets dar. Unter Bergsenkungen versteht man Geländeabschnitte, die infolge intensiver unterirdischer Bergbauaktivitäten großflächig und meist um mehrere Meter abgesunken sind. Polder werden im Ruhrgebiet solche Bergsenkungsgebiete genannt, die aufgrund der eingetretenen Senkungen der Geländeoberfläche keinen freien Abfluss von Fließgewässern, Niederschlagswasser oder Abwässern unter Nutzung der Schwerkraft mehr besitzen. 37 % des Emschereinzugsgebiets sind bergbaubedingte Polderflächen, im Einzugsgebiet der Lippe sind durch die Nordwanderung des Steinkohlebergbaus ebenfalls Bergsenkungsgebiete entstanden oder werden noch erwartet (Abb. 3-3).

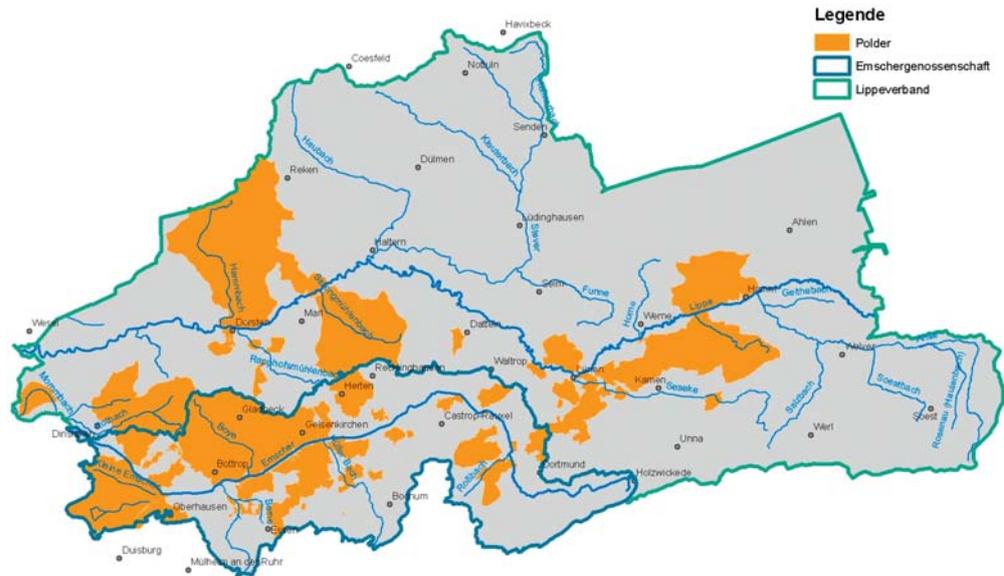


Abb. 3-3 Poldergebiete in den Verbandsgebieten von Emschergenossenschaft und Lippeverband (Emschergenossenschaft/Lippeverband)

- Von kleinen urbanen Fließgewässern ohne oder mit nur geringem Hochwasserschutz geht ein weiteres Gefährdungspotenzial für Siedlungsgebiete aus. Bei Starkniederschlägen kann es zu einer Überlastung sowohl der Gewässer einschließlich der zugehörigen Bauwerke und Anlagen (Pumpwerke, Deiche, Brücken) kommen als auch zu einer Überlastung der kleinen urbanen Fließgewässer, die im Ruhrgebiet häufig zur Entwässerung genutzt werden. Diese Rinnen und Bachläufe besitzen häufig keine wesentlichen Hochwasserschutzanlagen. Ausufernde Wassermengen können Siedlungsflächen überfluten und die Kanalsysteme, die für solche Wassermengen nicht bemessen sind, überlasten. Hochwasserabfluss in Fließgewässern kann auch einen Rückstau in den Regenwassereinflüssen der Kanalisation bewirken oder durch Überflutung die Kläranlage beschädigen.

Eine Gefahren- und Risikoermittlung für Überflutungen sollte für jedes Gebiet einzeln durchgeführt werden

Die Gefahren- und Risikoermittlung für Überflutungen infolge von Hangabfluss, die Ausuferung von (städtischen) Gewässern und die Überlastung der städtischen Entwässerungssysteme unterscheiden sich von Kommune zu Kommune und sollten vor einer integrierten Betrachtung jeweils einzeln durchgeführt werden. Eine Übertragung auf andere Gebiete ist aufgrund der Verschiedenheit der Charakteristiken wie Versiegelungsgrad und Zustand des Kanalnetzes grundsätzlich weder für Ergebnisse der einzelnen Analysen noch für die gesamte Analyse möglich.



4. Handlungskataloge und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel

Es gibt vier unterschiedliche Handlungsebenen, auf denen Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel getroffen werden können. Dabei gilt: Je später eingegriffen wird, desto aufwendiger und meist teurer ist die Maßnahme.

Die Betroffenheit (Anfälligkeit) einer Kommune oder eines bestimmten Stadtgebiets in Bezug auf Hitze, Extremniederschlag und Trockenheit hängt nicht nur vom Klimawandel und seinen Auswirkungen ab, sondern von einer Kombination mehrerer Faktoren auf verschiedenen Handlungsebenen. Entlang dieser Handlungsebenen kann die Betroffenheit eines Stadtgebiets ermittelt (Gefährdungsanalyse) und können Anpassungslösungen strukturiert werden (s. Abb. 4-1).

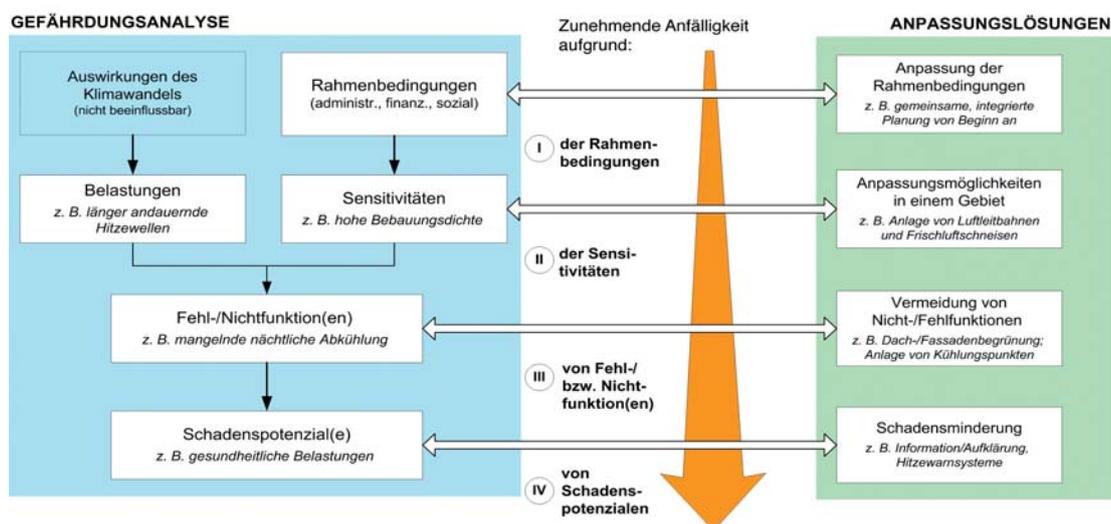


Abb. 4-1 Einflussfaktoren auf die Betroffenheit eines Stadtgebiets von klimatischen Änderungen und mögliche Handlungsebenen (nach Stock 2005)



Eine wichtige Rolle für die Betroffenheit eines Gebiets spielen zunächst die **äußeren Rahmenbedingungen**, etwa die in Städten und Kommunen vorherrschenden (Planungs-)Gegebenheiten, Vorschriften, Verfahren oder Gewohnheiten.

Als Folge der direkten Auswirkungen der klimatischen Änderungen (etwa dem Anstieg bestimmter Extremwetterereignisse) ergeben sich die Belastungen einer Region: Für das Problemfeld „Extremniederschläge“ sind dies beispielsweise hohe Regenwasserabflüsse bzw. hohe Abflussspitzen, für das Problemfeld „Hitzebelastungen“ lang andauernde Hitzewellen.

Auch die **Sensitivität**, d. h. die Empfindlichkeit gegenüber den Belastungen, die eine Kommune oder eine Region aufgrund ihrer sozialen, ökonomischen und naturräumlichen Struktur aufweist, spielt eine wichtige Rolle für ihre Betroffenheit. Einflussfaktoren auf die Sensitivität sind beispielsweise der Anteil voll- oder teilversiegelter Flächen und die Bevölkerungsdichte.

Die **Fehl- oder Nichtfunktionen** sind die negativen Auswirkungen, die sich aus der Kombination der Belastung und der Sensitivität eines Gebiets ergeben können. Nicht jede Hitzewelle birgt die gleichen Probleme für eine Kommune, erst in Kombination z. B. mit einem hohen Anteil vollversiegelter Flächen kann es zu einer Fehlfunktion, etwa einer mangelnden nächtlichen Abkühlung, kommen. Im Problemfeld „Extremniederschläge“ kann solch eine Fehl- bzw. Nichtfunktion die Überflutung eines Siedlungsgebiets aufgrund eines überlasteten örtlichen Entwässerungssystems sein.

Letztendlich beeinflusst auch das jeweilige **Schadenspotenzial** in einer Region deren Betroffenheit. Im Problemfeld „Extremniederschläge“ sind dies z. B. die Schäden an öffentlicher Infrastruktur oder Privateigentum, im Problemfeld „Hitzebelastungen“ gesundheitliche Belastungen in der Bevölkerung.

Handlungsmöglichkeiten auf allen Ebenen

Handlungsmöglichkeiten zur Anpassung existieren auf allen Ebenen. Zur Erstellung von gebietsspezifischen **Handlungskatalogen** können für jedes Problemfeld (Hitzebelastung, Extremniederschläge, Trockenperioden) die vorhandenen bzw. im Rahmen einer Gefährdungs- und Risikoanalyse erarbeiteten Informationen zu Rahmenbedingungen, Belastungen, Sensitivitäten, möglichen Fehl- bzw. Nichtfunktionen und Schadenspotenzialen tabellarisch zusammengestellt werden. Diesen Faktoren können dann Anpassungslösungen zugeordnet werden, die einzeln oder als Maßnahmenbündel geeignet sind, die Betroffenheit eines Gebiets zu minimieren. Generell gilt: Je später eingegriffen wird, desto aufwendiger und meist teurer ist die Maßnahme. So kann etwa eine Anpassungsmaßnahme auf der Ebene der Rahmenbedingungen – z. B. die Umstellung auf eine integrierte Stadt- und wasserwirtschaftliche Planung – mögliche Gefährdungen von vornherein ausschließen und es müssen keine, meist teureren, Maßnahmen auf der Ebene der Schadensbeseitigung getroffen werden.



Die nachfolgenden Tabellen 4-1 und 4-2 geben beispielhaft eine Übersicht über geeignete Anpassungslösungen für das Problemfeld „Hitzebelastung“ – getrennt nach stadtklimatischen Aspekten (Tab. 4-1) und siedlungswasserwirtschaftlichen Aspekten (Tab. 4-2). Tabelle 4-3 zeigt mögliche Maßnahmen zur Anpassung für den Bereich der „Extremniederschläge“, in Tabelle 4-4 werden Handlungsoptionen für das Problemfeld „Trockenperioden“ aufgelistet. In den Handlungskatalogen tauchen einige Lösungsvorschläge an mehreren Stellen einer Tabelle auf, da sie als Anpassungslösungen für unterschiedliche Einzelprobleme geeignet sind.

Übergeordnete Aspekte für fast alle Anpassungslösungen sind die Überprüfung der technischen Machbarkeit von Maßnahmen und die Schaffung eines (politischen) Bewusstseins für die Umsetzungsbereitschaft von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel.

Umsetzungszeitraum

Kurzfristig umzusetzende Maßnahmen zur Reduzierung der Hitzebelastung im städtischen Raum sind Begrünungsmaßnahmen im Straßenraum sowie Dach- und Fassadenbegrünungen. Ebenfalls kurzfristig umsetzbar ist die Schaffung von kleineren offenen Wasserflächen im Stadtbereich.

Es gibt kurz-, mittel- und langfristig umzusetzende Maßnahmen

Veränderungen im Gebäudedesign wie die Gebäudeausrichtung, Hauswandverschattung, Wärmedämmung und der Einsatz von geeigneten Baumaterialien können als mittelfristige Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zusammengefasst werden.

Nur langfristig umzusetzende Maßnahmen fallen in den Bereich der Freiraumplanung. Aufgrund der sehr langsamen Geschwindigkeit eines nachhaltigen Stadtumbaus besteht hier ein hoher Handlungsdruck für die Stadtplanung. Anpassungsmaßnahmen für Veränderungen, die sich erst in der Zukunft ergeben, müssen bereits heute beginnen.

Im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft sind Maßnahmen zur Verminderung des Oberflächenabflusses durch Flächenentsiegelungen und Verbesserung der Rückhalte- und Versickerungsmöglichkeiten kurzfristig umsetzbar. Maßnahmen gegen Fehlfunktionen des Systems und zur Minderung von Schadenspotenzialen verlangen meist einen höheren technischen und finanziellen Aufwand und sind nur mittel- oder langfristig umzusetzen.

Tabelle 4-1 Tabellarische Übersicht der Zuordnung geeigneter Anpassungslösungen für das Problemfeld „Hitzebelastung“, stadtklimatische Aspekte

| I | Rahmenbedingungen des Systems | | Lösungen |
|-----|--|---------------------------------------|--|
| | Getrennte Planung (Umweltamt, Planungsamt) | | H1 Integrierte Zusammenarbeit verschiedener Planungsbereiche |
| | Bauliche, technische Voraussetzungen | | H2 Überprüfung der technischen Machbarkeit |
| | Fehlende Optimierung von Maßnahmen | | H3 Einbeziehung von Modellierungen in die Planung |
| II | Belastungen | Sensitivitäten | Lösungen |
| | Hitzewellen | Versiegelungsrate, Vegetationsanteil | H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen |
| | | | H5 Freiflächen erhalten, schaffen, Flächen entsiegeln |
| | | | H6 Parkanlagen schaffen, erhalten, umgestalten |
| | | | H7 Begrünung von Straßenzügen |
| | | H8 Dachbegrünung | |
| | | Bevölkerungsdichte | H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen |
| | Anteil der über 65-jährigen | H9 Informationsmanagement, Warnsystem | |
| III | Fehlfunktionen des Systems | | Lösungen |
| | Aufheizung von Bebauungsstrukturen | | H6 Parkanlagen schaffen, erhalten, umgestalten |
| | | | H7 Begrünung von Straßenzügen |
| | | | H8 Dachbegrünung |
| | | | H10 Fassadenbegrünung |
| | | | H11 Erhalt, Schaffung von Frischluftflächen |
| | | | H12 Offene Wasserflächen schaffen |
| | | | H13 Gebäudeausrichtung optimieren |
| | | | H14 Hauswandverschattung, Wärmedämmung |
| | | | H15 Geeignete Baumaterialien verwenden |
| | Mangelnde nächtliche Abkühlung | | H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen |
| | | | H11 Erhalt, Schaffung von Frischluftflächen |
| | | | H16 Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen |
| | Schlechte Durchlüftung | | H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen |
| | | | H11 Erhalt, Schaffung von Frischluftflächen |
| | | | H16 Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen |
| | | | H17 Hänge von hangparalleler Riegelbebauung freihalten |

Fortsetzung Tabelle 4-1 Anpassungslösungen zum Problemfeld „Hitzebelastung“, stadtklimatische Aspekte

| IV | Schadenspotenziale | | Minderungen |
|----|--|-----|---|
| | Herabgesetzte Aufenthaltsqualität, herabgesetzte Produktivität | H18 | Verschattungselemente einbauen |
| | | H12 | Offene Wasserflächen schaffen |
| | | H6 | Parkanlagen schaffen, erhalten, umgestalten |
| | Beeinträchtigung der Gesundheit | H9 | Informationsmanagement, Warnsystem |
| | | H11 | Erhalt, Schaffung von Frischluftflächen |
| | | H16 | Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen |
| | Hitzetod | H9 | Informationsmanagement, Warnsystem |

Tabelle 4-2 Tabellarische Übersicht der Zuordnung geeigneter Anpassungslösungen für das Problemfeld „Hitzebelastung“, siedlungswasserwirtschaftliche Aspekte

| I | Rahmenbedingungen des Systems | | | Lösungen |
|----|---|---|-----|--|
| | Getrennte Planung (wasserwirtschaftliche, Stadt- und Raumplanung) | | H1 | Integrierte Zusammenarbeit verschiedener Planungsbereiche |
| | Bauliche, technische Voraussetzungen | | H2 | Überprüfung der technischen Machbarkeit |
| II | Belastungen | Sensitivitäten | | Lösungen |
| | Erhöhte Verdunstung | Urbane Vegetation mit artbedingt hohem Wasserbedarf | H19 | Vermehrte Bewässerung urbaner Vegetation |
| | | | H20 | Bepflanzung urbaner Räume mit geeigneten Pflanzenarten |
| | Austrocknung nicht versiegelter Flächen | Bewachsene und unbewachsene Flächen und Böden mit begrenztem eigenem Schutz gegen Austrocknung | H19 | Vermehrte Bewässerung urbaner Vegetation |
| | | | H21 | Vermehrter Einsatz von bodenbedeckender Vegetation; Vermeidung oder künstliche Abdeckung unbewachsener Bodenflächen |
| | | | H22 | Beschattung relevanter Flächen |
| | Aufheizung von Böden (unter teil- oder vollversiegelten Flächen) | Hoher Anteil teil- oder vollversiegelter Flächen aus stark wärmeleitenden und -speichernden Materialien | H23 | Neubau: Verkehrsflächen mit geringerer Wärmeleit- und -speicherfähigkeit |
| | | | H22 | Beschattung relevanter Flächen |
| | | Wärmeleitende und -speichernde Bodenschichten in Oberflächennähe | H24 | Neubau/Sanierungen: Verfüllung der Leitungsgräben mit geeigneten Materialien mit reduzierten Wärmeleit- und -speicherfähigkeiten |
| | | Trinkwasserverteilsysteme nur auf Mindesttiefe verlegt | H25 | Neubau: Einbautiefe der Verteilsysteme erhöhen |
| | | | H22 | Beschattung relevanter Flächen |

Fortsetzung Tabelle 4-2 Anpassungslösungen zum Problemfeld „Hitzebelastung“,
siedlungswasserwirtschaftliche Aspekte

| III | Fehlfunktionen des Systems | | Lösungen |
|-----|--|-------------|---|
| | Erhöhter Nutzwasserverbrauch (zur Bewässerung im öffentlichen Raum und auf Privatgrundstücken) | H26 | Nutzung von Überschussmengen aus der örtlichen Grundwasserbewirtschaftung |
| | | E4 | Schaffung von Niederschlagswasserzwischen- speichern |
| | | H27 | Aufruf der Bevölkerung zu wassersparendem Verhalten in Trocken- und Hitzeperioden |
| | Geringe Grundwasserneubildung aufgrund stark verminderter Durchlässigkeit trockener Böden | E1, E4 | s. Übersicht „Extremniederschläge“ |
| | | H28 | Geeignete Bepflanzung urbaner Flächen zur Verbesserung der Durchlässigkeit der oberen Bodenschicht (Durchwurzelung) |
| | Überflutungsrisiko durch erhöhten oberflächigen Niederschlagswasserabfluss (hart getrocknete Bodenoberflächen) | E | s. Übersicht „Extremniederschläge“ |
| | Erwärmung des Trinkwassers in Leitungen (Beeinträchtigung der Trinkwasserqualität) | H29 | Zusätzliche Maßnahmen bei der Wasseraufbereitung zur Hygienegewährleistung |
| | | H30 | Neubau: Isolierung der Verteil- und Hausanschlüsse |
| | | H31 | Bestand: ausreichenden Durchfluss sicherstellen, häufigeres Spülen/Desinfizieren vorsehen |
| IV | Schadenspotenziale | | Minderungen |
| | Schäden an Infrastruktur und Privateigentum durch oberflächlich ablaufenden Niederschlagswasserabfluss | E5, E8, E10 | s. Übersicht „Extremniederschläge“ |

Tabelle 4-3 Tabellarische Übersicht der Zuordnung geeigneter Anpassungslösungen für das Problemfeld „Extremniederschläge“

| I | Rahmenbedingungen des Systems | | | Lösungen |
|----------------------|---|---------------------------------------|--|--|
| | Getrennte Planung (wasserwirtschaftliche, Stadt- und Raumplanung) | | H1 | Integrierte Zusammenarbeit verschiedener Planungsbereiche |
| | Bauliche, technische Voraussetzungen | | H2 | Überprüfung der technischen Machbarkeit |
| II | Belastungen | Sensitivitäten | | Lösungen |
| | Schneller, großer Oberflächenabfluss | Versiegelungsgrad bzw. Flächennutzung | E1 | Rückbau versiegelter Flächen |
| | | | E2 | Flächennutzung an Hängen, abfluss- und erosionsmindernde Maßnahmen |
| | | | E3 | Verbesserung bzw. Ermöglichung der Versickerung |
| | | | H8 | Dachbegrünung |
| | Tatsächliche Bodenverhältnisse im Einzugsgebiet | | E1 | Rückbau versiegelter Flächen |
| | | | E3 | Verbesserung bzw. Ermöglichung der Versickerung |
| | Topographie des Einzugsgebiets | | E2 | Flächennutzung an Hängen, abfluss- und erosionsmindernde Maßnahmen |
| | | | E4 | Schaffung von Niederschlagswasserzwischen speichern und Notwasserwegen |
| | | | E5 | Maßnahmen der Informations- und Verhaltensvorsorge |
| | Vorhandensein von kleinen urbanen Gewässern | | E5 | Maßnahmen der Informations- und Verhaltensvorsorge |
| | | | E6 | Verhinderung von Engstellen und Abflusshindernissen |
| | Schwachstellen Entwässerungssysteme | | E6 | Verhinderung von Engstellen und Abflusshindernissen |
| | Gewässerverläufe oberhalb des taltiefsten Gewässers | | E4 | Schaffung von Niederschlagswasserzwischen speichern und Notwasserwegen |
| | | | E5 | Maßnahmen der Informations- und Verhaltensvorsorge |
| | | | E6 | Verhinderung von Engstellen und Abflusshindernissen |
| | Schwachstellen Sonderbauwerke, z. B. Pump- und Hebewerke | | E7 | Sicherstellung des ordnungsgemäßen Betriebs der Sonderbauwerke |
| Temporäre Baustellen | | E4 | Schaffung von Niederschlagswasserzwischen speichern und Notwasserwegen | |
| | | E5 | Maßnahmen der Informations- und Verhaltensvorsorge | |
| | | E8 | Maßnahmen des Objektschutzes | |

Fortsetzung Tabelle 4-3 Anpassungslösungen für das Problemfeld „Extremniederschläge“

| III | Fehlfunktionen des Systems | | Lösungen |
|-----|---|------------|--|
| | Überlastung Entwässerungssystem | E2 | Flächennutzung an Hängen, abfluss- und erosionsmindernde Maßnahmen |
| | | E4 | Schaffung von Niederschlagswasserzwischen speichern und Notwasserwegen |
| | | E3 | Verbesserung bzw. Ermöglichung der Versickerung |
| | | E6 | Verhinderung von Engstellen und Abflusshindernissen |
| | Überflutung von Straßen, Unterführungen und Kellern | E4 | Schaffung von Niederschlagswasserzwischen speichern und Notwasserwegen |
| | | E5 | Maßnahmen der Informations- und Verhaltensvorsorge |
| | | E8 | Maßnahmen des Objektschutzes |
| | | E9 | Unterführungen mit beidseitigen Entwässerungs-/ Versickerungsgräben |
| | Bodenerosion | E2 | Flächennutzung an Hängen, abfluss- und erosionsmindernde Maßnahmen |
| | Unkontrollierter Abschlag über MW- oder RW-Entlastungsanlagen in urbane Fließgewässer | E5 | Maßnahmen der Informations- und Verhaltensvorsorge |
| IV | Schadenspotenziale | | Minderungen |
| | Schäden an Infrastruktur und Privateigentum | E5 | Maßnahmen der Informations- und Verhaltensvorsorge |
| | | E8 | Maßnahmen des Objektschutzes |
| | | E10 | Organisierte Schutzmaßnahmen beim Eintreten eines Extremereignisses |
| | Gesundheitliche Risiken | E5 | Maßnahmen der Informations- und Verhaltensvorsorge |
| | | E10 | Organisierte Schutzmaßnahmen beim Eintreten eines Extremereignisses |

Tabelle 4-4 Tabellarische Übersicht der Zuordnung geeigneter Anpassungslösungen für das Problemfeld „Trockenperioden“

| I | Rahmenbedingungen des Systems | | Lösungen |
|-----|--|--|--|
| | Getrennte Planung (wasserwirtschaftliche, Stadt- und Raumplanung) | | H1 Integrierte Zusammenarbeit verschiedener Planungsbereiche |
| II | Belastungen | Sensitivitäten | Lösungen |
| | Geringe bzw. keine Niederschläge | Geringe Sensibilisierung für zukünftige Niederschlagsveränderungen | T1 Forschung, Wissenstransfer |
| III | Fehlfunktionen des Systems | | Lösungen |
| | Erhöhter Nutzwasserverbrauch (zur Bewässerung im öffentlichen Raum und auf Privatgrundstücken) | | E4, H26, H27 s. Übersichten „Hitzebelastung“ und „Extremniederschläge“ |
| | Keine Grundwasserneubildung | | E3, E4 s. Übersicht „Extremniederschläge“ |
| | Reduzierter Mischwasserabfluss im Kanalnetz (keine natürliche Spülung durch Zulauf von Niederschlagswasser; höherer Anteil fester Inhaltsstoffe; Effektivität der Schwemmkanalisation ist gefährdet) | | T2 Künstliche Anreicherung durch Versickerung überschüssigen Grundwassers aus den Poldergebieten |
| | | | T3 Bestand: häufigeres Spülen des gesamten Netzes durch den zuständigen Netzbetreiber |
| | | | T4 Erarbeitung eines Konzeptes, mit dem Netzbereiche mit besonders reduziertem MW-Abfluss identifiziert werden können |
| | | | T5 Neubau: Wahl hydraulisch effizienterer Rohrprofile oder Wechsel zur dezentralen Druckentwässerung in einzelnen Netzabschnitten |
| IV | Schadenspotenziale | | Minderungen |
| | Geringere Rohwasserverfügbarkeit für die Trink- und Brauchwassergewinnung | | E4 s. Übersicht „Extremniederschläge“ |
| | Geruchsbelästigung und Ungezieferbefall durch Ablagerungen im Kanalnetz | | T6 Beseitigung von Ablagerungen |
| | Minderung der hydraulischen Leistungsfähigkeit durch Ablagerungen im Kanalnetz | | T6 Beseitigung von Ablagerungen |

Anpassungslösungen für das Problemfeld „Hitzebelastung“

H1 Integrierte Zusammenarbeit verschiedener Planungsbereiche



Bei der Umsetzung aller Anpassungsmaßnahmen ist zunächst die Zusammenarbeit verschiedener Bereiche innerhalb der Kommune ein entscheidender und das Ergebnis beeinflussender Faktor. In vielen Kommunen finden einzelne planerische Verfahren (z. B. Bauleitplanung, wasserwirtschaftliche Planung) überwiegend getrennt oder zeitlich nachgeschaltet statt. Dementsprechend schwer ist es, unterschiedliche Belange in die jeweils anderen planerischen Verfahren einzubringen. Insbesondere die Belange derjenigen kommunalen Ressorts, die lediglich als Träger öffentlicher Belange in Planungsverfahren eingebunden sind (z. B. Gesundheitsressort), finden im Rahmen der Umsetzung schwerer Berücksichtigung.

Durch eine integrierte Stadtentwicklung und die Zusammenarbeit der verschiedenen Planungsbereiche zu einem möglichst frühen Zeitpunkt der Maßnahmenplanung besteht die Möglichkeit, die verschiedenen Belange frühzeitig zu bündeln, besser untereinander abzuwägen und möglichst in Einklang zu bringen. Eine integrierte Zusammenarbeit kann ergänzend zur schriftlichen Abfrage von Stellungnahmen im Rahmen regelmäßiger Ressortbesprechungen oder projektbezogener, ressortübergreifender Arbeitsgruppen erfolgen (s. Kap. 5). Mögliche Zielkonflikte von Maßnahmen können durch eine integrierte Planung mit Beteiligung verschiedener Ressorts entschärft, Synergien aufgedeckt und genutzt werden (s. Kap. 6).

Durch die integrierte Zusammenarbeit verschiedener Planungsbereiche kann der Besprechungsaufwand in den Kommunen zwar anwachsen, letztlich wird die Planungsarbeit durch frühzeitige Absprachen aber erleichtert und qualitativ verbessert.

H2 Überprüfung der technischen Machbarkeit

Für fast alle Anpassungslösungen ist es erforderlich, im Vorfeld die technische Machbarkeit zu prüfen. So machen einige Anpassungslösungen wie z. B. Dachbegrünungen oder die Begrünung von Straßenzügen keinen Sinn, wenn nicht zuvor die baulich-technischen Voraussetzungen wie Dachstatik oder der Verlauf von Leitungstrassen und Kanälen im Straßebereich abgeklärt werden. Beispielsweise sind Extensivdächer zur Dachbegrünung dank ihres geringen Gewichts im Unterschied zu intensiv bepflanzten Dachgärten auf fast allen Gebäuden auch nachträglich noch aufsetzbar.

Sollen Anpassungsmaßnahmen für ganze Stadtviertel entwickelt werden, ist die Durchführung einer technischen Machbarkeitsstudie sinnvoll, die z. B. klärt, welche Dächer sich zur Begrünung eignen etc. Das bedeutet gleichzeitig aber auch einen gewissen Aufwand im Vorfeld der Planungen.

Sowohl die Maßnahme H1 als auch Maßnahme H2 resultieren aus den Rahmenbedingungen des Systems und stehen damit übergeordnet über allen weiteren Handlungsvorschlägen.



H3 Einbeziehung von Modellierungen in die Planung

Um den Einsatz von Anpassungsmaßnahmen möglichst effizient zu gestalten, ist es wichtig, bereits im Vorfeld die Bereiche zu identifizieren, in denen der dringendste Handlungsbedarf besteht, und gleichzeitig abzuschätzen, mit welcher Strategie und welchem Einsatz das angestrebte Ziel bestmöglich erreicht werden kann.

Um die Auswirkungen einer beabsichtigten Veränderung der Stadtstruktur zu ermitteln, ist der Einsatz eines numerischen Simulationsmodells sinnvoll. Ein solches Simulationsmodell berücksichtigt die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen urbanen Elementen wie Bebauung, Vegetation und der Atmosphäre. So können Planungen ohne neue Belastungsräume durchgeführt oder bereits vorhandene Strukturen optimiert werden (Bruse 2003). Modellsimulationen sind meist kosten-

günstiger als Datenerhebungen im Gelände. Ihr Nachteil liegt in der notwendigen Vereinfachung vieler Eingabegrößen, weshalb nur ein unvollkommenes Bild der Realität wiedergegeben werden kann.

Das an der Ruhr-Universität Bochum entwickelte Computermodell ENVI-met ermöglicht beispielsweise, das Mikroklima und die Luftqualität in vorhandenen und in geplanten städtischen Strukturen zu berechnen. ENVI-met ist ein dreidimensionales prognostisches numerisches Strömungs-Energiebilanzmodell und dient der Simulation der Wind-, Temperatur- und Feuchteverteilung in städtischen Strukturen. Einbezogen werden Parameter wie Gebäudeoberflächen, Bodenversiegelungsgrad, Bodeneigenschaften, Vegetation und Sonneneinstrahlung. Das Modell ist frei verfügbar (www.envi-met.com) und stellt ein effizientes und sinnvolles Werkzeug zur Optimierung der Anpassungsmaßnahmen dar.

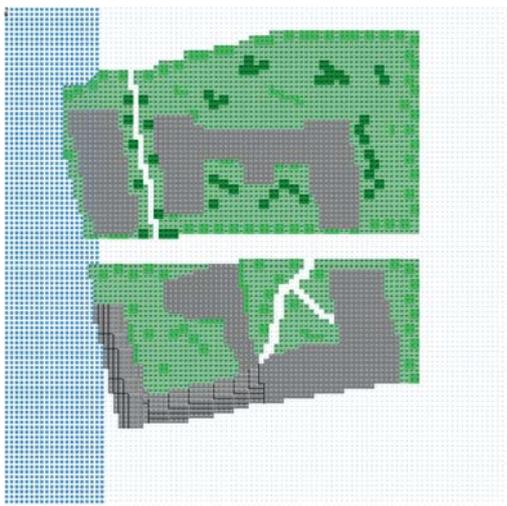


Abb. 4-2 Modellgebiet mit Grünanlage (RVR)

Die Abbildungen 4-2 und 4-3 zeigen das Ergebnis einer mikroskaligen Simulation mit ENVI-met zu den Auswirkungen einer gestalterischen Veränderung eines Wohnblocks durch die Anlage von Grünflächen. Abbildung 4-2 gibt einen Überblick über das Modellgebiet mit Wohnblocks, Rasen, Hecken und Bäumen. Berechnet wurden nun die Temperaturunterschiede zu einer vollversiegelten Variante ohne Vegetation (Abb. 4-3). Es zeigt sich, dass im Bereich der Grünanlage die Lufttemperaturen in 2 Meter Höhe um 0,3 bis 0,5 K niedriger sind. Die höchste Abkühlung ist nördlich des Gebäudekomplexes zu erkennen. Hier wirkt sich ein kleiner Bachlauf kühlend auf die Umgebung aus.

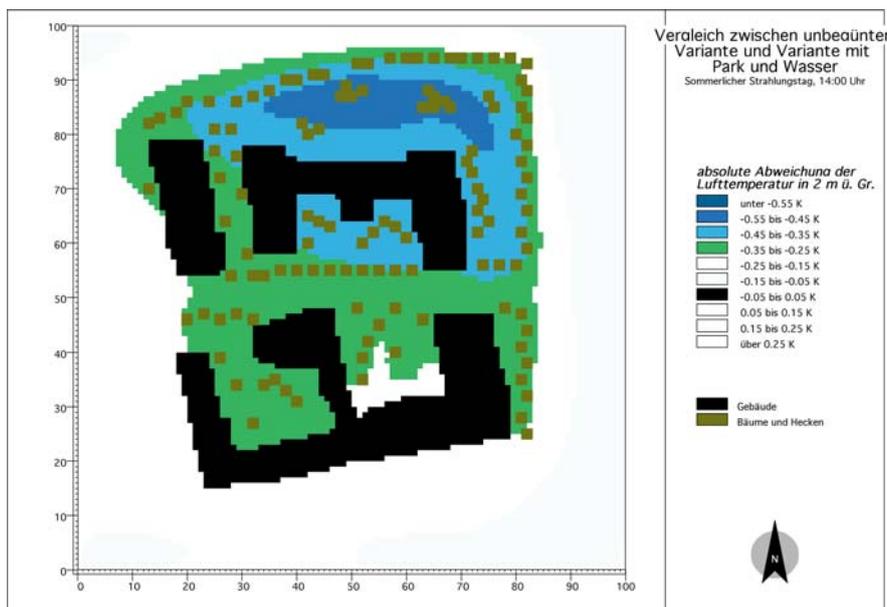


Abb. 4-3 Temperaturabweichungen zwischen einer vollversiegelten Variante ohne Vegetation und dem Modellgebiet mit Grünanlage (Abb. 4-2) (RVR)

H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen

Um auch bei schwachen Strömungen eine ausreichende Stadtbelüftung zu gewährleisten, ist eine geringe Flächenausdehnung und Bebauungsdichte der Siedlungskörper erforderlich. So kann Frisch- und Kaltluft aus der Umgebung herangeführt, die Hitzebelastung in den Innenstädten deutlich abgemildert und die lufthygienische Situation dort verbessert werden.

Im Umland einer Stadt sollten daher ausreichend Freiflächen für den Luftaustausch mit der Innenstadt zur Verfügung stehen. Insbesondere wenn nur wenige Freiflächen zwischen dicht nebeneinander liegenden Städten vorhanden sind oder weitere Baumaßnahmen die Frischluftzufuhr einschränken würden, sollten im Stadtrandbereich Bebauungsgrenzen festgesetzt werden. Damit können klimatisch wertvolle Freiräume gesichert und es kann einer Zersiedelung des Stadtgebiets entgegengewirkt werden.

Innerstädtische Grünzüge sollten – wo immer möglich – vernetzt werden. Zur Sicherung der Stadtbelüftung über innerstädtische Grünzüge und Frischluftschneisen müssen auch diese Räume durch Festsetzung von Bebauungsgrenzen freigehalten werden.



Siedlungsrand Bochum

Durch das Festsetzen von Bebauungsgrenzen werden somit folgende Ziele verfolgt:

- Schutz des Außenraumes vor weitergehender Bebauung (Abb. 4-4)
- Schutz innerstädtischer Regenerationsflächen vor zusätzlicher Bebauung (Abb. 4-5)

Zwischen dem Freihalten von innerstädtischen Flächen und einer klimaschonenden Stadtentwicklung ergeben sich häufig Zielkonflikte (s. Kap. 6). Eine Bebauung der Freiflächen führt zu kompakten Siedlungsstrukturen, die flächen-, verkehrs- und energiesparend sind. Andererseits wird durch die Verdichtung der Wärmeinseleffekt verstärkt. Daher sollte mindestens als Kompromiss versucht werden, Bebauungsgrenzen anzustreben und nur in besonderen Ausnahmefällen Überschreitungen zuzulassen. Eine sorgfältige Gestaltung der verbleibenden innerstädtischen Freiflächen kann den negativen Effekten der Verdichtung entgegenwirken.

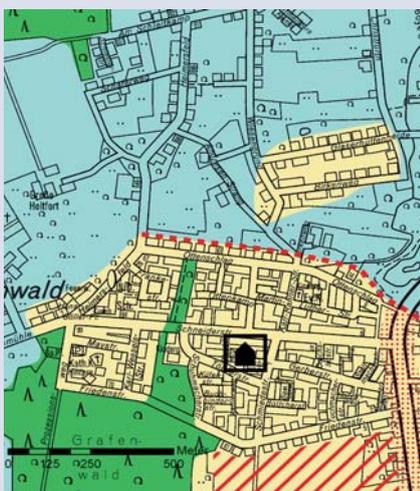


Abb. 4-4 Vermeidung des Zusammenwachsens zweier Siedlungsgebiete (RVR 2006)

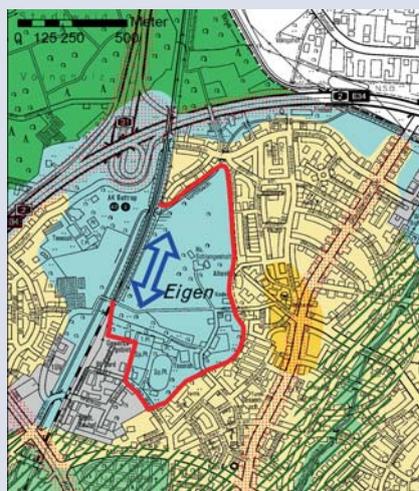


Abb. 4-5 Schutz der Kaltluftproduktionsfläche vor weiterer Bebauung (RVR 2006)

Legende

- Regional bedeutsamer Ausgleichsraum Freiland
- Städtische Park- und Grünanlagen
- Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald
- Lasträum lockere Bebauung
- Lasträum dichte Bebauung
- Gewerbe-/ Industrieflächen
- Hauptverkehrsstraßen
- Grünvernetzung
- Geplante Wohnbebauung
- Festschreiben von Bebauungsgrenzen
- Anstreben von Bebauungsgrenzen
- Luftleitbahn, unbelastet
- Weitere Bebauung möglich

H5 Freiflächen erhalten und schaffen, Flächen entsiegeln

Neben der Bedeutung von Grünflächen als Gliederungselement in den städtischen Siedlungsräumen ist ihre Funktion als innerstädtische Ausgleichsfläche besonders hervorzuheben. Die klimatische Reichweite innerstädtischer Freiflächen variiert dabei in Abhängigkeit von der Flächengröße, ihrer Ausgestaltung sowie ihrer Anbindung an die Bebauung. Bei einer ausreichenden Flächengröße ist die klimaregulierende Funktion der Grünflächen gewährleistet.

Eine besondere Funktion kommt den Grüngürteln als Trennungselement zwischen Wohngebieten und emittierenden Industrie- und Gewerbegebieten oder stark befahrenen Straßen zu. Hier erfüllen sie einerseits eine Abstandsfunktion, andererseits bewirken sie eine Verdünnung und Filterung von Luftschadstoffen. Darüber hinaus unterbrechen Grünzüge Wärmeinseln. Bei einer engen Vernetzung und einer stadträumlich sinnvollen Anordnung tragen auch kleinere Grünflächen zur Abmilderung des Wärmeinseleffekts bei.

Kleine, isoliert liegende Grünflächen, z. B. begrünte Innenhöfe (Abb. 4-6), zeigen zwar keine über die Fläche hinausreichende Wirkung, nehmen aber als „Klimaoasen“ gerade in den dicht bebauten Innenstädten wichtige Aufgaben als lokale Freizeit- und Erholungsräume wahr.

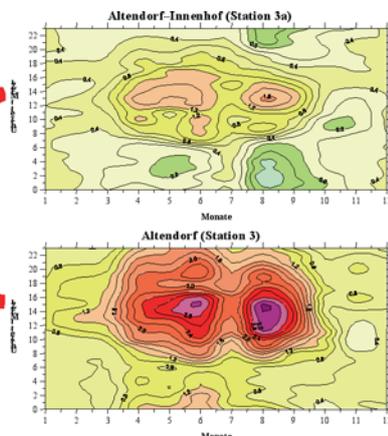
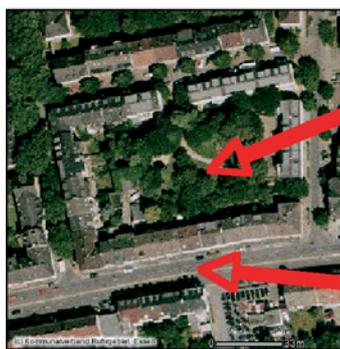


Abb. 4-6 Innenhofbegrünung an der Altendorfer Straße in Essen: Temperaturdifferenzen zum Außenbereich (RVR)

Das größte Hindernis bei der Schaffung von innerstädtischen Grünflächen ist der Platzmangel. Um mehr Vegetationsflächen zu schaffen, sollten daher auch unkonventionelle Möglichkeiten wie das Begrünen von Straßenbahngleisen genutzt werden. Die ökologischen Effekte von Rasen oder Vegetationsmatten im Gleisbett erreichen bei Weitem nicht die von Bäumen und Sträuchern, führen jedoch zu zeitverzögertem Niederschlagsabfluss, erhöhter Verdunstung und Abkühlung (Gorbachevskaya et al. 2009).

H6 Parkanlagen schaffen, erhalten und umgestalten

Urbane Grünflächen haben eine hohe Bedeutung für das Lokalklima, da von ihnen eine kühlende Wirkung ausgeht. Tagsüber führt eine Freifläche, die idealerweise aus einer Wiese mit Sträuchern und lockerem Baumbestand besteht, durch Schattenwurf und Energieverbrauch aufgrund von Evapotranspiration zu einem thermisch ausgleichenden Bereich für die bebaute Umgebung.

Nachts können Freiflächen durch Kaltluftbildung und Luftaustausch kühlend auf die Umgebung wirken. Untersuchungen haben gezeigt, dass Kühlungseffekte ab einer Parkgröße von 2,5 ha zu messen sind und die Reichweite der kühlenden Wirkung eines innerstädtischen Parks etwa dem Durchmesser des Parks entspricht (Upmanis et al. 1998). Eine klimatische Fernwirkung ergibt sich erst bei ausgedehnten Parkanlagen ab 50 ha (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2008). Bei einer engen Vernetzung tragen auch kleinere Grünflächen zur Abmilderung der Wärmeinsel bei. Abbildung 4-7 zeigt das nächtliche Abkühlungspotenzial einer Parkanlage am Beispiel des Dortmunder Westparks. In der an den Park angrenzenden Bebauung kommt es zu einer Absenkung der nächtlichen Lufttemperaturen um mindestens 0,5 K.

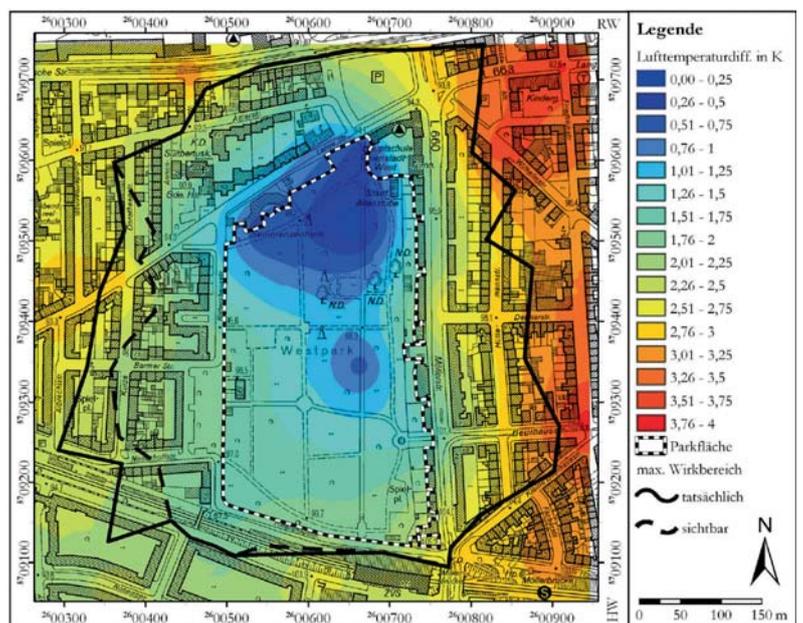


Abb. 4-7 Mittlere Verteilung der strahlungsnächtlichen Lufttemperatur in 2 Meter Höhe im Dortmunder Westpark (Bongardt 2006)

H7 Begrünung von Straßenzügen

Im innerstädtischen Bereich kann durch die Begrünung von Straßenzügen mit Bäumen und Sträuchern aufgrund des Schattenwurfs sowie der Verdunstung der Pflanzen eine Aufheizung vermindert werden. Im Bereich von Luftleitbahnen (H16) sollten Anpflanzungen jedoch keine Hindernisse für Kalt- und Frischluftströmungen bilden. Bei der Auswahl von Straßenbäumen ist zudem zu beachten, dass ein geschlossenes Baumkronendach in einer Straßenschlucht zu einer Anreicherung von Luftschadstoffen im unteren Straßenraum führen kann. Lufthygienische Bedenken gegen eine Begrünung mit Bäumen gelten natürlich nur dort, wo sich unterhalb der Baumkrone signifikante Emissionsquellen befinden. Wenig befahrene Straßenabschnitte, Plätze und Fußgängerzonen können durch eine Begrünung mit Straßenbäumen lokalklimatisch verbessert werden.

Zum anderen müssen Stadtbäume auch mit veränderten klimatischen Bedingungen zurechtkommen. Insbesondere die zunehmende Sommerhitze in den Städten fordert eine gezielte Auswahl von geeigneten Stadtbäumen. In einer Studie an der TU Dresden wurden 250 Gehölzarten auf ihre Eignung als Stadtbäume bei einem prognostizierten Klimawandel bewertet. Dafür wurde eine neue Klima-Arten-Matrix (KLAM) entwickelt, die Trockenstresstoleranz und Winterhärte in jeweils vier Abstufungen (sehr geeignet, geeignet, problematisch, sehr eingeschränkt geeignet) als entscheidende Kriterien heranzieht. Neben bereits im innerstädtischen Bereich verwendeten Gehölzen wurden auch nichtheimische Baumarten aus Herkunftsgebieten mit ähnlichen Wintertemperaturen und verstärkten Sommertrockenzeiten in die Bewertung aufgenommen. Die Klima-Arten-Matrix für Stadtb Baumarten liefert

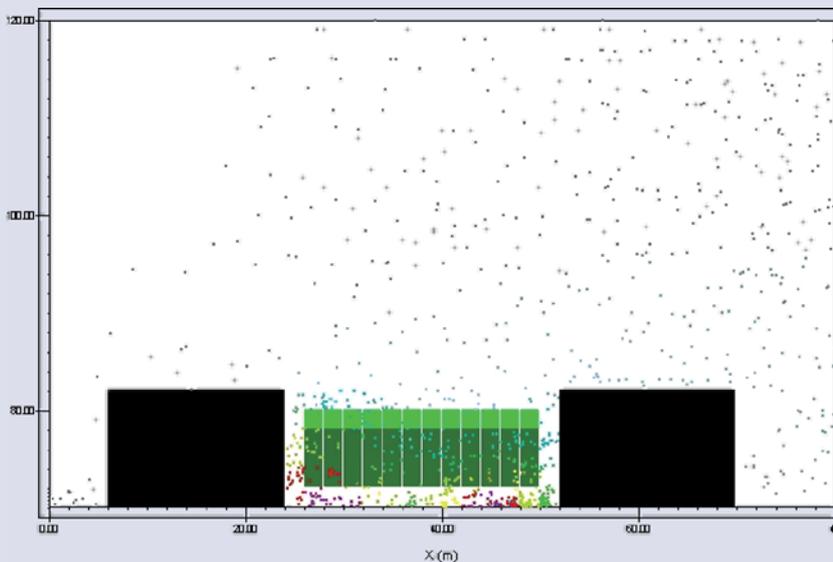


Abb. 4-8 ENVI-met – Simulation zur Verteilung der Gas-/Partikelkonzentration in einer Straßenschlucht mit geschlossenem Baumkronendach (Bruse 2003)

Im Einzelfall kann die Eignung von Straßenbegrünung durch eine Modellsimulation festgestellt werden. Abbildung 4-8 zeigt beispielhaft die Ergebnisse einer solchen Simulation mit einer Anreicherung von Luftschadstoffen unter dem geschlossenen Kronendach in einer Straßenschlucht.

Bei der Auswahl von geeigneten Baumarten für die Begrünung im innerstädtischen Raum sind neben Faktoren wie Standortanspruch und Verkehrssicherheit zwei weitere Aspekte zu beachten. Zum einen emittieren verschiedene Baumarten unterschiedlich große Mengen an flüchtigen organischen Stoffen, die zur Bildung von Ozon beitragen. Diese Bäume können so zu einer Erhöhung der Ozonbelastung führen und sind nicht zur Straßenbegrünung geeignet. Eine Auswahl an Pflanzenarten, die wenig biogene Kohlenwasserstoffe emittieren, findet sich bei Benjamin und Winer (1998).

so eine Entscheidungshilfe bei der Verwendung von Bäumen in der Stadt (Roloff, Bonn & Gillner 2007). Eine weitere Straßenbaumliste mit fachlichen Empfehlungen wird vom Arbeitskreis Stadtbäume der Grünflächenamtsleiterkonferenz (GALK 2006) herausgegeben und aktualisiert. Verschiedene Baumarten werden auf ihre innerstädtische Eignung für den Extremstandort Straße in verschiedenen Regionen in Deutschland getestet. Ziel des GALK-Arbeitskreises ist es, die Artenvielfalt in den Städten zu erhöhen und damit möglichen Risiken durch neue, wärmeliebende Schädlinge vorzubeugen.

H8 Dachbegrünung

Begrünte Dächer stellen die kleinste Grünfläche im Stadtgebiet dar. Sie wirken sich positiv auf das thermische, lufthygienische und energetische Potential eines Gebäudes aus. In einem größeren Verbund können sich auch Auswirkungen auf das Mikroklima eines Stadtviertels ergeben. Die thermischen Effekte von Dachbegrünungen liegen hauptsächlich in der Abmilderung von Temperaturextremen im Jahresverlauf. Blattwerk, Luftpolster und die Verdunstung in der Vegetationsschicht vermindern das Aufheizen der Dachfläche im Sommer (s. Abb. 4-9) und den Wärmeverlust des Hauses im Winter. Dies führt zu einer Klimatisierung der darunterliegenden Räume. Dach- und Fassadenbegrünungen wirken sich darüber hinaus positiv auf den Wasserhaushalt aus: 70 bis 100% der Niederschläge werden in der Vegetationsschicht aufgefangen und durch Verdunstung wieder an die Stadtluft abgegeben.

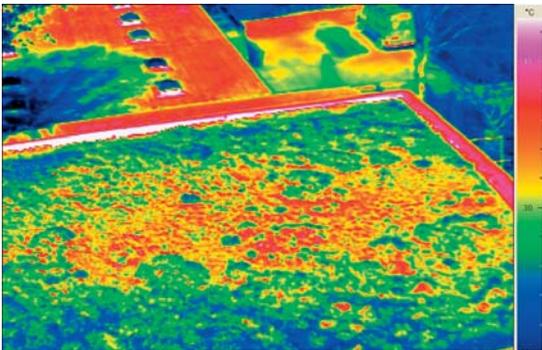


Abb. 4-9 Oberflächentemperaturen eines begrünten (vorne) und unbegrünten Dachs im Frühjahr



Dies reduziert den Feuchtemangel und trägt zur Abkühlung der Luft in versiegelten Stadtteilen bei. Starkniederschläge werden zeitverzögert an die Kanalisation abgegeben und entlasten damit das Stadtentwässerungsnetz (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2008). Zur Förderung von Gründächern stehen den Kommunen unterschiedliche Instrumente zur Verfügung: Anreize für die Begrünung der Dächer privater Häuser im Bestand und bei Neubauvorhaben bieten entsprechende Förderprogramme. Neben der finanziellen Förderung können bei Neubauvorhaben Dachbegrünungen bei der Bauleitplanung in Bebauungsplänen festgeschrieben oder im Rahmen der Eingriffs- und Ausgleichsregelung als Maßnahme zur Eingriffsminderung angerechnet werden (Holzmüller 2009). Eine weitere Möglichkeit zur Förderung der Dachbegrünung bietet die Abwassergebührenordnung, indem über geringere Gebühren Anreize für Dachbegrünungen geschaffen werden.

H9 Informationsmanagement, Warnsystem

Die Hitzewelle des Jahres 2003 hat deutlich gezeigt, welche Folgen der Klimawandel für das Leben in Städten haben kann. Annähernd 20.000 vorwiegend ältere Menschen sind dieser Hitzewelle zum Opfer gefallen (v. a. in Paris und den Industriestädten Norditaliens). Ein Hitzewarnsystem und ein auf Hitzebelastungen zugeschnittenes Informationsmanagement können die gesundheitlichen Risiken von Hitzewellen verringern. Der Deutsche Wetterdienst hat als Reaktion auf den Hitzesommer 2003 bereits ein deutschlandweites Hitzewarnsystem eingerichtet und verfügt damit über die Möglichkeit, Hitzewarnungen herauszugeben und so vor einer Wetterlage mit hohen Temperaturen, geringen Windbewegungen und intensiver Sonneneinstrahlung zu warnen. Ein System zur Verbreitung von Hitzewarnungen über die örtliche Presse (Lokalzeitung, Lokalradio) kann darauf aufgebaut werden. Ebenso wichtig ist es, vor allem für die ältere Bevölkerung und für Kranke, Verhaltensempfehlungen für lang andauernde Hitzewellen bereitzustellen. Neben dem Aufenthalt im Schatten und der Vermeidung extremer körperlicher Aktivitäten gehört auch die simple Aufforderung, reichlich zu trinken, zu den Verhaltensregeln, die insbesondere in Altenheimen und Krankenhäusern bekannt gemacht werden sollten. NRW-spezifische Informationen zum Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes sowie Verhaltensempfehlungen, mit deren Hilfe Gesundheitsrisiken vermieden werden können, liefert auch das Hitzeportal Nordrhein-Westfalen (www.hitze.nrw.de).



H10 Fassadenbegrünung

Die Begrünung von Hausfassaden wirkt sich ähnlich wie die Dachbegrünung positiv auf das thermische, lufthygienische und energetische Potential eines Gebäudes aus. Fassadenbegrünungen verbessern in erster Linie die mikroklimatischen Verhältnisse am Gebäude selbst, ohne eine Fernwirkung zu erzielen. Die thermischen Effekte von Fassadenbegrünungen bestehen in der Abmilderung von Temperaturextremen im Jahresverlauf. Das Blattwerk, das Luftpolster und die Verdunstung in der Vegetationsschicht verringern das Aufheizen der Hauswand bei intensiver Sonneneinstrahlung und den Wärmeverlust des Hauses im Winter. Um die Wärme der winterlichen Sonneneinstrahlung nutzen zu können, kann eine Fassade mit laubabwerfenden Pflanzen (z. B. wilder Wein) begrünt werden. Durch den Schutz des Blattwerks verringert sich auch die Feuchtebelastung des Mauerwerks. Schäden durch die Begrünung sind bei intaktem Mauerwerk ohne Risse nicht zu erwarten, dies sollte jedoch im Einzelfall geprüft werden.

Neben diesen klimatischen Effekten können Fassadenbegrünungen auch positiv auf die lufthygienische Situation im Innenstadtbereich wirken, da sie Luftverunreinigungen herausfiltern – vor allem Feinstaub. Insbesondere in engen Straßenschluchten ohne Platz für andere Begrünungsmaßnahmen stellen Fassadenbegrünungen eine wirkungsvolle Alternative dar.



H11 Erhalt und Schaffung von Frischluftflächen



Westfalenhütte Dortmund, Rückbau

Als frischluftproduzierende Gebiete gelten vegetationsgeprägte Freiflächen wie Wälder und Parkanlagen sowie städtische Siedlungen mit einem hohen Grünflächenanteil und einem geringen Versiegelungsgrad. Die Entstehung von Kalt- und Frischluft über einer natürlichen Oberfläche wird durch die thermischen Stoffeigenschaften des Oberflächensubstrates bestimmt. So speichern

die Wirksamkeit verstärkt werden. Die Anbindung der Innenstadt an Frischluftflächen trägt dazu bei, Wärmeinseln zu unterbrechen oder abzuschwächen, und schafft stadtklimatisch relevante Regenerationsräume.

Flächen, die aufgrund des industriellen und demografischen Wandels frei werden, sollten bei der Stadtplanung auf ihre Relevanz für ein funktionierendes Stadtbelüftungssystem geprüft und gegebenenfalls nicht wieder zur Bebauung freigegeben werden. Das Leitbild der kompakten Stadt mit kurzen Wegen, das als dominierendes Siedlungsstrukturkonzept unter den städtebaulichen Leitbildern gilt, kollidiert jedoch stark mit den Maßnahmen zur Schaffung und zum Erhalt von Freiflächen, so dass hier ein Abwägungsprozess stattfinden muss (s. Kap. 6).

Böden mit hoher Dichte die Wärme besser und sind daher schlechtere Kaltluftproduzenten als solche mit geringer Dichte und damit geringerer Wärmespeicherfähigkeit (VDI 2003). Feld- und Wiesenflächen kühlen stärker aus und produzieren damit mehr Kaltluft als Waldgebiete.

Zusätzlich ist die Wirksamkeit von Frischluftflächen stark von deren Größe abhängig. Durch den Erhalt und die Schaffung zusätzlicher frischluftproduzierender Flächen und deren Vernetzung (s. Abb. 4-10) kann

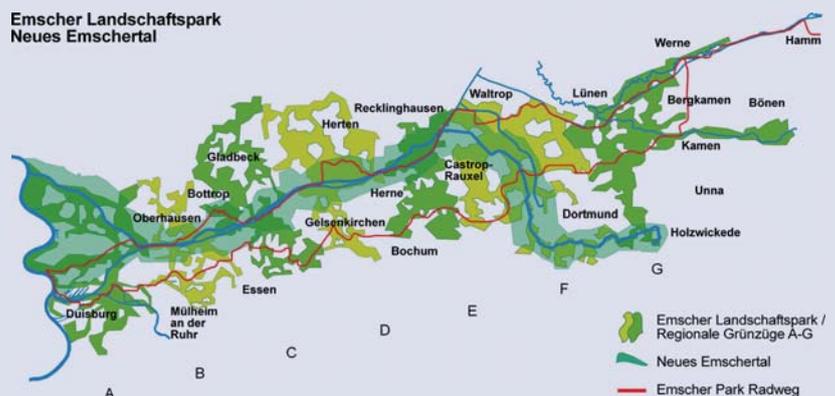


Abb. 4-10 Emscher Landschaftspark mit den sieben regionalen Grünzügen des Ruhrgebietes (RVR)

H12 Offene Wasserflächen schaffen



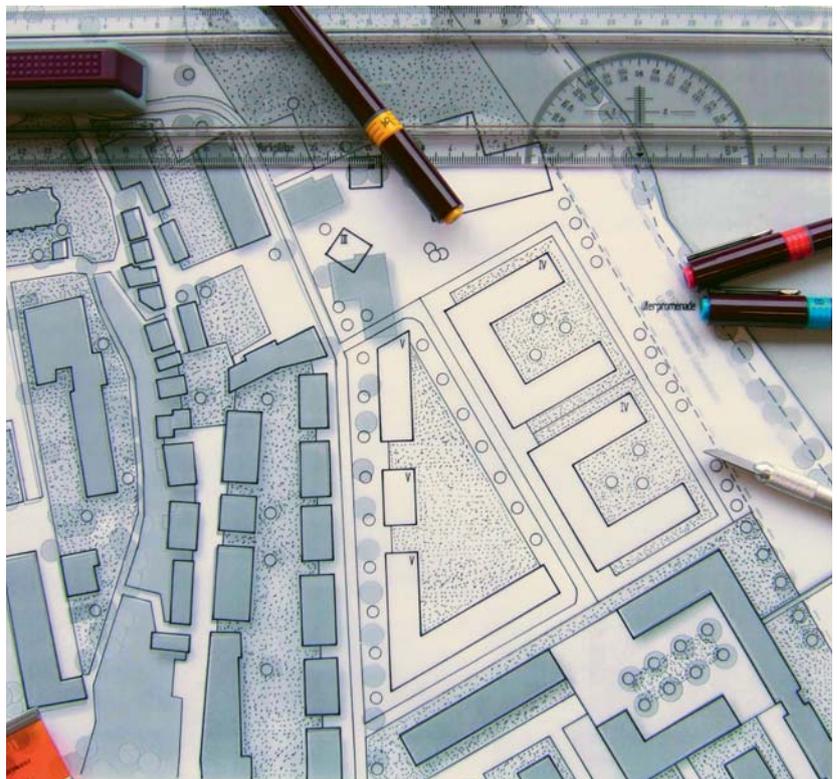
Die Verdunstung von Wasser verbraucht Wärmeenergie aus der Luft und kühlt so die aufgeheizte Innenstadtluft. Indem der Anteil von Wasser- und Grünflächen in Städten erhöht wird, kann also ein Abkühlungseffekt erzielt und gleichzeitig in der meist relativ trockenen Stadtatmosphäre die Luftfeuchtigkeit erhöht werden. Dabei wiegt in der Regel die positive Wirkung des Abkühlungseffekts durch die Verdunstung die Nachteile einer eventuell auftretenden Schwüle auf. Bewegtes Wasser wie innerstädtische Springbrunnen oder Wasserzerstäuber tragen insgesamt in größerem Maß zur Verdunstungskühlung bei als stehende Wasserflächen.

Offene Wasserflächen haben zudem eine ausgleichende Wirkung auf die Lufttemperaturen in der Umgebung. Wasser erwärmt sich im Vergleich zur Luft verhältnismäßig langsam, dadurch sind Wasserflächen im Sommer relativ kühl und im Winter relativ warm.

H13 Gebäudeausrichtung optimieren

Während es in den heißen Klimazonen der Erde schon immer einen klimaangepassten Städtebau (z. B. enge Gassen mit Verschattung der Hauswände, helle Oberflächen) gegeben hat, ist hier in unseren Regionen ein Umdenken erforderlich. Um die künftige zusätzliche Hitzebelastung im Sommer zu verringern, sollte die Stadt- und Gebäudearchitektur angepasst werden, ohne dabei die Vorteile der Sonnennutzung – insbesondere im Winter – aus den Augen zu lassen. H13 ist somit eine Maßnahme zur Anpassung an den Klimawandel, die sich lediglich bei Planungen von Neubaugebieten und nicht im Bestand anwenden lässt.

Primär geht es darum, durch eine intelligente Gebäudeausrichtung den direkten Hitzeeintrag zu reduzieren. Sekundäres Ziel ist es, eine gute Durchlüftung mit kühlender Wirkung zu erreichen. Bei der Gebäudeplanung kann sommerlicher Hitzeschutz durch eine geeignete Gebäudeausrichtung erreicht werden. Bei der räumlichen Anordnung von Gebäuden sollte die Sonnen- und Windexposition berücksichtigt werden, etwa indem Schlafräume so eingeplant werden, dass der sommerliche Hitzeeintrag minimiert wird.



H14 Hauswandverschattung, Wärmedämmung

Durch zunehmenden Hitzestress im Sommer wird die Kühlung von Gebäuden in Zukunft immer wichtiger. Konventionelle Klimaanlage ließen aber den Energieverbrauch im Sommer stark ansteigen und hätten damit negative Auswirkungen auf den Klimaschutz. Der Einsatz regenerativer Energien für Klimaanlage und vor allem die Passivkühlung – beispielsweise über Erdwärmetauscher – können solche Zielkonflikte verhindern.

Bei der Gebäudeplanung kann ein sommerlicher Hitzeschutz auch durch eine Hauswandverschattung mittels Vegetation, durch angebaute Verschattungselemente und mittels Dämmung erreicht werden. Dabei haben viele Maßnahmen, die eigentlich der Energieeinsparung und damit dem Klimaschutz dienen, auch positive Effekte auf die Klimaanpassung. Eine gute Wärmedämmung gegen Energieverluste im Winter wirkt beispielsweise auch als Hitzeschutz gegen eine übermäßige Aufheizung der Wohnungswände im Sommer. Passivhäuser mit einem hohen Potential an Energieeinsparung sind im Sommer aufgrund des serienmäßigen Lüftungssystems angenehm kühl. Verschattungen, beispielsweise durch eine im Süden des Gebäudes angebrachte Pergola, führen im Sommer bei hoch stehender Sonne um die Mittagszeit zur Verschattung, in den Morgen- und Abendstunden und im Winter erreicht die tief stehende Sonne das Haus.



Die Maßnahme H14 lässt sich nachträglich zur Optimierung von Gebäuden einsetzen und damit auch im Bestand anwenden.

H15 Geeignete Baumaterialien verwenden

Wärmezufuhr bzw. -abfuhr verändert die Temperatur eines Körpers. Wie viel Wärme dabei von einem Körper aufgenommen wird, hängt von der Art des Stoffes ab. Städtische Baumaterialien erwärmen sich deutlich stärker als natürliche Oberflächen. Insbesondere Stahl und Glas haben einen großen Wärmeumsatz, d. h., sie erwär-

men sich tagsüber stark und geben nachts viel Energie an die Umgebungsluft ab. Das Gegenteil ist bei natürlichen Baumaterialien wie z. B. Holz der Fall. Um die Wärmebelastungen zu verringern, ist daher der gezielte Einsatz von Baumaterialien nach ihren thermischen Eigenschaften sinnvoll.

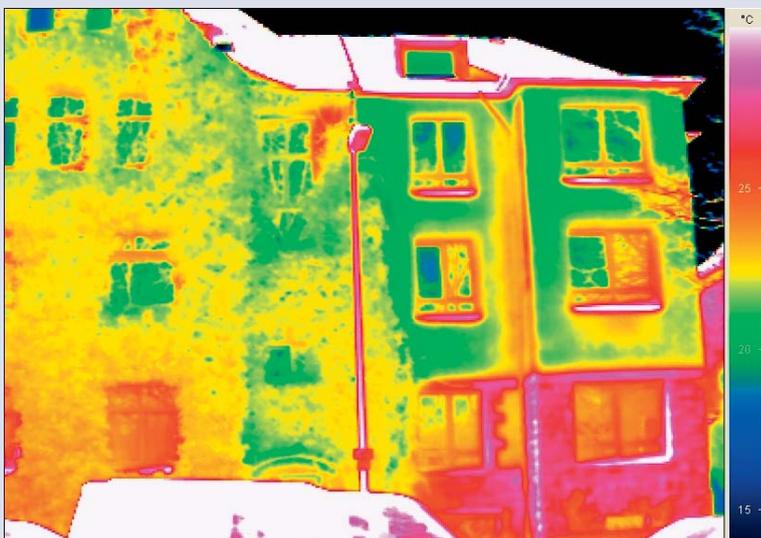


Abb. 4-11 Oberflächentemperaturen einer Hauswand, oben mit hellem Anstrich

Abhängig von der Oberfläche des Materials wird ein Teil der eingestrahnten Sonnenenergie sofort wieder reflektiert und steht damit nicht zur Erwärmung zu Verfügung. Helle Baumaterialien erhöhen diesen Effekt, reflektieren also mehr kurzwellige Sonneneinstrahlung. Dadurch heizen sich hell gestrichene Häuser (s. Abb. 4-11) oder Straßen mit hellem Asphaltbelag weniger stark auf. Großflächig in der Stadtplanung angewandt, kann somit der Wärmeinseleffekt verringert werden.

H16 Erhalt und Schaffung von Luftleitbahnen

Frischlufschneisen und Luftleitbahnen verbinden Kaltluftentstehungsgebiete oder Frischluftflächen mit der Innenstadt und sind somit ein wichtiger Bestandteil des städtischen Luftaustausches. Insbesondere bei austauscharmen Wetterlagen sind sie klimarelevant, da über sie geringer belastete Luftmassen in die belasteten Räume der Stadt transportiert werden (VDI 2003).



Luftleitbahn Bahntrasse

Stadtklimatisch relevante Luftleitbahnen lassen sich in drei Kategorien einteilen (Weber & Kuttler 2003):

- **Ventilationsbahnen** gewährleisten einen Luftmassen-transport unabhängig von der thermischen oder lufthygienischen Ausprägung.
- **Kaltluftbahnen** transportieren kühle, aber hinsichtlich der lufthygienischen Situation nicht näher spezifizierte Luftmassen.
- **Frischlufbahnen** leiten lufthygienisch unbelastete, thermisch aber nicht näher differenzierte Luftmassen.

Das Relief innerhalb und außerhalb eines Stadtkörpers kann im Fall von Tälern zu Kanalisierungseffekten führen. Hierdurch kann frische, kühle Umlandluft weit in den Stadtkörper hineingeführt werden. In Strahlungsnächten kann auch bei entgegengesetzter Strömung in der freien Atmosphäre bodennahe Kaltluft hangabwärts fließen und in die Bebauung vordringen. In heißen Sommernächten kann dies zu einer lokalen Abkühlung im Bereich der städtischen Bebauung führen. Zu ungünstigen immissionsklimatischen Verhältnissen führen Inversionswetterlagen mit geringem Luftzug, die insbesondere in Tallagen das Immissionsklima nachhaltig verschlechtern.

Die Wirkung von Luftabflüssen ist generell auf die unmittelbare Nachbarschaft begrenzt, solange die Schichtdicke der Kalt-/Frischluf die Höhe der städtischen Bebauung nicht um ein Mehrfaches übertrifft. Häufig erschweren bereits bestehende Stadtstrukturen die Belüftung über Luftleitbahnen, so dass primär zumindest die Ausweisung von Platz sparenden Belüftungszonen erreicht werden sollte. Nach Mayer et al. (1994) müssen effiziente Ventilationsbahnen folgende Mindesteigenschaften aufweisen: eine aerodynamische Rauigkeit (Unebenheit der Oberfläche) von $z_0 \leq 0,5$ m bei einem Längen-/Breitenverhältnis von 20:1 (Länge ≥ 1000 m, Breite ≥ 50 m).

Dichte und hohe Vegetation (Sträucher und Bäume) kann den Luftaustausch über Luftbahnen hemmen. Dichte Vegetation wirkt hier als Strömungshindernis und reduziert die bodennahe Windgeschwindigkeit („Windfänger“). Besonders nachteilig wirkt sich dieser Effekt auf strahlungsnächtliche, häufig nur schwach ausgebildete Kaltluftabflüsse aus (Dütemeyer 2000).



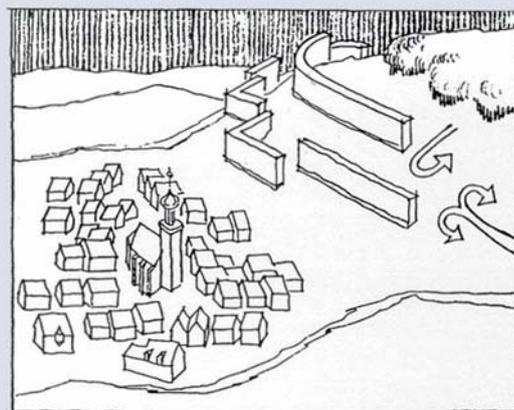
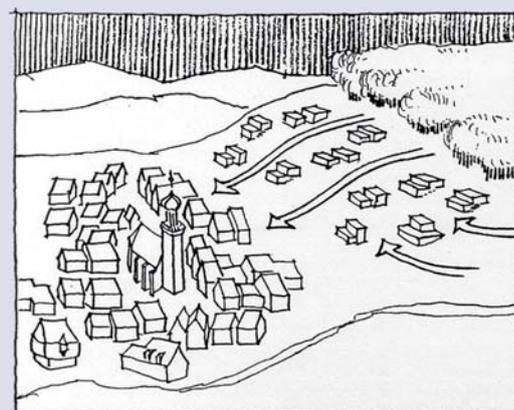
Luftleitbahn Innenstadt Duisburg

H17 Hänge von hangparalleler Riegelbebauung freihalten

Große Freiflächen mit Kaltluftproduktion und Tallagen mit Fließrichtung Innenstadt gelten als besonders sensible Flächen zur Stadtbelüftung, die auch bei Schwachwind zu einer Stadtbelüftung beitragen. Damit Frischluft auch bei schwachen Windströmungen von außen in die Stadt gelangen kann, darf die Bebauung am Stadtrand keine abriegelnden Gürtel bilden (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2008). Die Hänge entlang von Kaltluftbahnen sollten daher von hangparalleler Riegelbebauung freigehalten werden. Im ungünstigsten Fall bildet eine quer zur Talachse oder längs zur Hangausrichtung orientierte Bebauung einen Strömungsriegel (s. Abb. 4-12), der bei schwachen Bodenwinden die Ventilation der vom Wind abgewandten Bebauung beeinträchtigen kann. Hangbebauungen sollten, wo nicht auf sie verzichtet werden kann, mit großen Abständen und mit niedrigen Höhen erfolgen. Die positive Wirkung von Lüftungsschneisen entsteht nur bei zusammenhängenden Freiflächen (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2008).

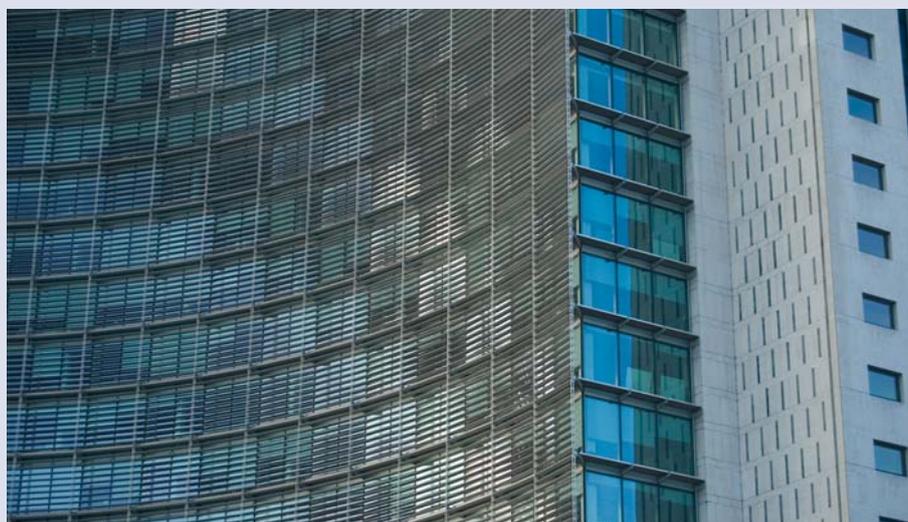
Werden diese Aspekte berücksichtigt, ist es möglich, einen Zielkonflikt zwischen den positiven Auswirkungen von Südhangbebauungen aus energetischen Gesichtspunkten für den Klimaschutz und den Anforderungen der Stadtbelüftung zu vermeiden.

Abb. 4-12 Durchlässige Hangbebauung (oben) und hangparallele Zeilenbebauung mit Riegelwirkung (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2008)



H18 Verschattungselemente einbauen

Eine einfache Möglichkeit, die Hitzebelastung aufgrund direkter Sonneneinstrahlung zu verringern, ist der Einbau von Verschattungselementen. Dabei reichen die Methoden der Verschattung von sonnenstandsgesteuerten Außenrollos – beispielsweise an Bürogebäuden – über Sonnensegel als Schattenspender auf innerstädtischen Plätzen bis hin zu Arkaden, die die Aufenthaltsqualität in stark besonnten Einkaufsstraßen erhöhen.



H19 Vermehrte Bewässerung urbaner Vegetation



Veränderte klimatische Bedingungen mit zunehmender Sommerhitze in den Städten und damit verbundenen sommerlichen Trockenperioden haben erhebliche Auswirkungen auf die urbane Vegetation. Eine Möglichkeit zur Anpassung an diese neuen Bedingungen ist die künstliche Bewässerung derjenigen begrünten Flächen, auf denen während Trockenperioden zu wenig Grundwasser oder Bodenfeuchtigkeit zur Verfügung steht.

Diese Lösung verursacht allerdings Konflikte mit der Sicherung der allgemeinen Wasserversorgung während längerer Trockenperioden im Sommer. Eine Alternative zur künstlichen Bewässerung von Flächenbegrünung auf sommertrockenen Standorten ist daher ggf. die Bepflanzung urbaner Räume mit trockenresistenten Arten (vgl. H20).

H20 Bepflanzung urbaner Räume mit geeigneten Pflanzenarten

Bei der Auswahl von geeigneten Pflanzenarten für die Begrünung im innerstädtischen Raum – dies gilt für die Begrünung von Straßenzügen ebenso wie für Parkanlagen – ist zu beachten, dass die Vegetation auch den zukünftigen klimatischen Bedingungen gerecht wird (s. H7). Insbesondere die zunehmende Sommerhitze in den Städten und damit verbundene längere Trockenperioden erfordern eine gezielte Auswahl von geeigneten Pflanzen. Wärmereisistente Pflanzenarten mit geringem Wasserbedarf sind zukünftig besser für innerstädtische Grünanlagen geeignet.

Um eine ausreichende Vielfalt mit Pflanzenarten zu erreichen, die eine sehr hohe Trockenstresstoleranz haben, ist es notwendig, neben heimischen Arten auch Arten aus Herkunftsgebieten mit verstärkten Sommertrockenzeiten zu pflanzen. Durch eine erhöhte Artenvielfalt im städtischen Raum kann auch möglichen Risiken durch neue, wärmeliebende Schädlinge vorgebeugt werden.



Roskastanien eignen sich als wärmereisistente Baumart für die Bepflanzung im innerstädtischen Raum

H21 Vermehrter Einsatz von bodenbedeckender Vegetation; Vermeidung oder künstliche Abdeckung unbewachsener Bodenflächen



Zunehmende Sommerhitze in den Städten kann zur Austrocknung nicht versiegelter Flächen führen. Diese erfüllen aber eine wichtige Funktion für die Niederschlagsversickerung im urbanen Raum. Stark austrocknete Böden führen beim nächsten Niederschlag dazu, dass ein größerer Teil des Wassers nicht versickern kann und deshalb oberflächlich abfließt. Dies wirkt sich negativ auf die Bodenerosion und die Grundwasserneubildung aus und erhöht das Überschwemmungsrisiko beim nächsten Starkregen.

Die Bepflanzung solcher Flächen mit bodenbedeckender Vegetation verringert die Austrocknung des Bodens und verbessert damit das Versickerungsvermögen. Wo eine Bepflanzung nicht möglich oder sinnvoll ist, können unbewachsene Bodenflächen mit (künstlichen) Materialien wie z. B. Mulch abgedeckt werden, um die Verdunstung aus dem Boden zu verringern.

H22 Beschattung relevanter Flächen

In Kapitel 2 wurden mögliche Auswirkungen länger dauernder Hitzephasen auf die Trinkwasserverteilung beschrieben: Die Netze erwärmen sich, was eine Vermehrung von hygienisch relevanten Bakterien (beispielsweise Enterobacter, Citrobacter, Klebsiella u. a.) zur Folge haben kann. Besonders anfällig hierfür sind schwach durchflossene Netzabschnitte unter asphaltierten oder gepflasterten Straßen und Plätzen, die die Wärme gut aufnehmen, über längere Zeit speichern und auf diese Weise den Boden aufheizen. Eine direkte Bestrahlung durch die Sonne forciert diesen Effekt. Eine Möglichkeit, das Aufheizen von Versorgungsleitungen zu verringern, ist die Beschattung relevanter Flächen durch Vegetation oder durch bauliche Maßnahmen.

Wählt man eine Beschattung durch Bäume, hat dies gleichzeitig positive Effekte auf das Stadtklima (H7) und die Lufthygiene. Es können hierbei aber auch Konflikte zwischen dem Wurzelwerk der Bäume und existierenden Leitungstrassen, Verteilungnetzen sowie Kanälen entstehen (s. Kapi-

tel 6), weshalb dann ggf. auf bauliche Verschattungsmaßnahmen zurückgegriffen werden muss. Eine bauliche Verschattung beispielsweise durch Vordächer oder Arkaden ist insbesondere sinnvoll, wenn Synergien zur Anpassungslösung H18 entstehen, also wenn durch Verschattungselemente die Aufenthaltsqualität im stark besonnten Innenstadtbereich erhöht werden kann.



H23 Neubau: Verkehrsflächen mit geringerer Wärmeleit- und -speicherfähigkeit

Die potentiell durch zu hohe Temperatur im Trinkwasserverteilungsnetz entstehende Gefährdung der Wasserqualität ergibt sich aus der Wärmeaufnahme von hoch versiegelten Flächen. Wie viel Wärme ein Baukörper bei zunehmenden Temperaturen in welcher Zeit aufnimmt, hängt dabei von der Art des Stoffes ab (H15). Asphaltierte oder gepflasterte Verkehrsflächen erwärmen sich deutlich stärker als natürliche Oberflächen. Da Straßen- und Verkehrswege in dicht bebauten Innenstädten rund 10 % der Fläche ausmachen können, können sie erheblich zum Erwärmungseffekt beitragen.

Um die Bodenerwärmungen zu verringern, ist daher auch hier der gezielte Einsatz von Materialien mit weniger Wärmeleit- und -speicherfähigkeit sinnvoll. Helle Beläge reflektieren auf Verkehrsflächen im Gegensatz zu dunklem Asphalt mehr eingestrahelte Sonnenenergie und können damit das Aufheizen von Leitungssystemen erheblich verringern. Untersuchungen haben gezeigt, dass sich die Oberfläche von hellem Beton um bis zu 13 Kelvin weniger erwärmt als dunkler Asphaltbelag (Forschungsinstitut der Österreichischen Zementindustrie 2009).



H24, H25, H29–H31 Maßnahmen auf Seiten der Kanalnetzbetreiber

Besonders während länger andauernden Hitzeperioden kann es zu einer Erhöhung der Wassertemperaturen in Trinkwasserverteilungsnetzen kommen. Im Temperaturbereich zwischen 15 und 25 °C können schon geringere Temperaturerhöhungen von 1–3 °C zu einer wesentlichen Vermehrung hygienisch relevanter Bakterien führen. Eine solche Erwärmung betrifft im Wesentlichen Netzendstränge mit wenig Durchfluss bzw. Netzteile mit zu geringen Abnahmen (z. B. aufgrund des wirtschaftlichen oder des demografischen Wandels), in denen ein ausreichender Durchfluss nicht gewährleistet ist. Zurzeit laufen verschiedene Forschungsvorhaben, um diese Effekte besser quantifizieren zu können. Um eine Wiederverkeimung zu verhindern, sind u. U. – besonders in dicht besiedelten Gebieten mit Trinkwasserversorgung aus Oberflächengewässern – betriebliche und bauliche Anpassungsmaßnahmen erforderlich.

Bereits heute stellen Wasserwerke und Netzbetreiber mit verschiedenen betrieblichen Maßnahmen ein sauberes Trinkwasser von der Aufbereitung bis zum Kunden sicher, z. B. durch die Entkeimung des Trinkwassers und eine sorgfältige

Desinfektion aller neuen, reparierten oder ersetzten Netzteile. Weitere Möglichkeiten bestehen in einer weitgehenden Reduzierung der Nährstoffe im Trinkwasser in der Wasseraufbereitung, im regelmäßigen Spülen und Desinfizieren von Strängen und indem ausreichender Durchfluss sichergestellt wird, z. B. durch regelmäßiges Ablassen von Wasser aus Endsträngen seitens der Netzbetreiber.

Um einer Erwärmung des Trinkwassers in Verteilnetzen aufgrund stark erhöhter Luft- und Bodentemperaturen entgegenzuwirken, kann übermäßige Erwärmung der leitungsumgebenden Böden auch durch bauliche Maßnahmen verringert werden. Beim Bau bzw. bei der Sanierung von Verkehrsflächen sowie bei der Verfüllung von Leitungsgräben sollten möglichst Materialien mit geringer Wärmeleit- bzw. -speicherfähigkeit eingesetzt werden (s. H23). Besser ist es jedoch, auf eine Versiegelung der Flächen zu verzichten. Gleichzeitig ist bei Umbaumaßnahmen darauf zu achten, dass die zurzeit gültige Mindesttiefe (Überdeckung) von 0,80 m nicht unterschritten wird. Sonneneinstrahlung und Hitze können so die unterliegenden Bodenschichten und Rohrleitungen weniger stark aufheizen. Um die Leitungsüberdeckung zu vergrößern, könnte bei Neubauprojekten auch die Einbautiefe erhöht werden. Diese Lösung zöge aber höhere Investitions- und Unterhaltungskosten nach sich, da alle Stichanschlüsse wie Schieber, Hydranten, Hausanschlüsse u. Ä. entsprechend verlängert bzw. tiefer ausgeführt werden müssten und Reparaturen am Verteilnetz einen höheren Aufwand erfordern würden. Auch die Isolierung der Verteil- und Hausanschlüsse als Reaktion auf steigende Temperaturen wäre mit höheren Kosten verbunden.



H26 Nutzung von Überschussmengen aus der örtlichen Grundwasserbewirtschaftung

Der zu erwartende Anstieg der Niederschläge in den Wintermonaten kann in vielen Teilen Nordwestdeutschlands zu einer erhöhten Grundwasserneubildung und damit zu steigenden oberflächennahen Grundwasserspiegeln führen. Hieraus ergäbe sich im Bedarfsfall, z. B. in längeren Hitzephasen mit erhöhtem Wasserverbrauch (u. a. zur Bewässerung im öffentlichen Raum und auf Privatgrundstücken) ein größeres zu bewirtschaftendes Dargebot, das – je nach Verfügbarkeit und Grundwasserqualität – für folgende Verwendungen eingesetzt werden kann: zur städtebaulichen Gestaltung (künstliche Wasserläufe, Brunnen, Fontänen), zur Bewässerung weitläufiger städtischer Grünanlagen oder zur Speisung von neuen Wasserflächen (Kühlungspunkten) z. B. in Parks. Weitere – wenn auch beschränkte – Anwendungsmöglichkeiten in Verbindung mit einer umfassenden urbanen Regenwasserbewirtschaftung könnten die Speisungen vertikaler Kühlungsflächen an Gebäuden oder eine Nutzung zur Straßereinigung, für Kanalspülungen oder in Autowaschanlagen sein.

Voraussetzung für eine solche innovative Nutzung ist eine langfristig tragfähige Abstimmung zwischen den Verantwortlichen für die Grundwasserbewirtschaftung und den potentiellen Nutzern (z. B. eine Kommune).



H27 Aufruf zu wassersparendem Verhalten in Trocken- und Hitzeperioden



In südlichen Ländern, in denen bereits heute längere Trockenperioden auftreten und Wasserknappheit vorherrscht, ist es längst üblich, dass – beispielsweise in Hotels – auf das Problem der Wasserknappheit hingewiesen und ein sparsamer Umgang mit Wasser gefordert wird.

In Nordrhein-Westfalen wird auch zukünftig die Versorgungssicherheit bei zunehmenden Hitzeperioden und höherem Spitzenverbrauch nach derzeitiger Bewertung nicht gefährdet sein. Trotzdem kann es in längeren Trockenphasen zu zeitweiligen regionalen Engpässen kommen.

In solchen Phasen sollten die Bevölkerung und auch Industrie, Energieerzeugung und die Landwirtschaft zu einem sparsamen Umgang mit Wasser aufgerufen werden.

Der sparsame Umgang mit Wasser kann auf der anderen Seite dazu führen, dass eine ausreichende Durchspülung der Kanalnetze nicht mehr gewährleistet ist und damit Konflikte mit Handlungsoption H31 auslösen. Daher müssen jeweils lokal spezifische Lösungen gefunden werden.

H28 Geeignete Bepflanzung urbaner Flächen zur Verbesserung der Durchlässigkeit der oberen Bodenschicht (Durchwurzelung)



Wesentlichen Einfluss auf die Siedlungswasserwirtschaft gewinnt die hitzebedingte Austrocknung der oberen Bodenschicht dadurch, dass die ersten Niederschläge nach einer Trockenperiode nicht in den ausgetrockneten Boden eindringen können, sondern oberflächlich abfließen. Die Folgen können eine höhere Bodenerosion, eine geringere Grundwassererneuerungsrate und deutlich höhere Niederschlagsabflüsse in die Siedlungsentwässerungssysteme, in die nächsten Oberflächengewässer und – je nach Leistungsfähigkeit der Entwässerungssysteme – auch in tiefer liegende Siedlungsgebiete und Infrastrukturanlagen sein.

Eine bessere Versickerung wird erreicht, indem urbane Flächen mit Vegetation bepflanzt werden, deren Wurzelsystem den Untergrund auflockert. Durch eine gleichmäßige Durchwurzelung der oberen Bodenschichten werden Böden wesentlich durchlässiger. Die Wirkung von Stauden auf die Bodendurchlässigkeit ist dabei im Schnitt etwa um ein Drittel höher als die von Rasen. Ursache hierfür ist die bei Stauden intensivere Durchwurzelung des Bodens. Bedingt durch ein vergleichsweise geringes Angebot an wasserspeichernden Poren in der Oberbodenaufgabe werden die Pflanzen gezwungen, auch tiefer liegende Bodenschichten intensiver zu erschließen. Die Wurzelaktivität

begünstigt die Kapillarität und Porosität im Untergrund, was sich positiv auf die Versickerungsleistung auswirkt. Im Fall von Rasen befindet sich mehr als 95 % der Wurzelmasse in Oberbodenschichten bis 20 cm Dicke. Bei Stauden können dagegen (artabhängig) innerhalb von fünf Jahren bereits bis zu 75 % der Wurzeln ca. 40 cm tief in den Boden einwachsen (Eppel-Hotz 2008).



Anpassungslösungen für das Problemfeld „Extremniederschläge“

E1 Rückbau versiegelter Flächen

Bodenentsiegelungen können durch einen vollständigen Rückbau wasserundurchlässiger Flächen oder den Einsatz von wasserdurchlässigen Oberflächenbefestigungen erreicht werden. Dies bietet sich vor allem dort an, wo die Nutzungsform der Flächen nicht unbedingt hochresistente Beläge wie Beton oder Asphalt voraussetzt. Ein Teil des Wassers fließt auf diese Weise nicht oberirdisch ab, sondern kann entweder direkt versickern oder wird in angeschlossene Versickerungsanlagen geleitet (s. E3). Dabei ist jedoch zu beachten, dass Niederschlagswasser in Abhängigkeit von seiner Belastung und den Auswirkungen auf das aufnehmende Gewässer (Grundwasser, Oberflächenwasser) vor einer Einleitung zu behandeln ist (MUNLV 1998). Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass der Unterbau und der Untergrund einer Fläche eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit aufweisen.



Für Hofflächen, Terrassen, Garten-, Rad-, Geh- und Zufahrtswege sowie Parkflächen sind wasserdurchlässige Befestigungen besonders geeignet. Mögliche Beläge sind Schotterrasen, Rasengittersteine, Kunststoffrasengitter, Rasenfugenpflaster, Betonpflastersteine, Kies-/Splittabdeckung, Splittfugenpflaster- oder Porenpflaster. Auch Dränasphalt- oder Dränbetondecken werden hier eingesetzt. Dabei handelt es sich um hohlraumreiche Decken, die versickerungsfähig sind und zudem lärmindernd wirken.

E2 Flächennutzung an Hängen, abfluss- und erosionsmindernde Maßnahmen

Bei neu entstehenden Siedlungsgebieten oder bei der Flächennutzungsplanung in Gebieten mit Hanglage ist es sinnvoll Untersuchungen bezüglich der Gefährdung durch Sturzfluten und Hangabflüsse durchzuführen. Dazu zählen die Untersuchung der Bodenbeschaffenheit und der Flächennutzung, die Dimensionierung der Entwässerungssysteme und die Anordnung anderer Rückhaltesysteme in oberer Hanglage. Besteht die Gefahr von Sturzfluten oder stärkeren Hangabflüssen, sollte von einer Bebauung oder sensibler Nutzung abgesehen werden. Bei bestehender Bebauung sind abfluss- und erosionsmindernde Maßnahmen vorzunehmen.

Bei landwirtschaftlicher Nutzung im oberen Hanggebiet beeinflusst die Art der Nutzflächen (Äcker, Weiden) das Erosionspotenzial und die resultierende Abflussmenge Richtung Talsohle erheblich. Fahrspuren landwirtschaftlicher Fahrzeuge, die in Falllinie eines Hanges liegen, bilden eine lineare Erosion, die bei Starkniederschlägen Wasser und Sediment (Schlamm und Geröll) in großen Mengen in tiefer gelegene Gebiete führt. Eine Reduktion des Bodenabtrags und eine Minderung der Abflussmengen können beispielsweise durch Intervallbegrünungen in den Fahrspuren erreicht werden.

Ähnliche Erosionsgefahren liegen bei einer Bepflanzung parallel zur Hangrichtung vor, wenn Rinnen zwischen den Pflanzreihen den direkten Wasserabfluss Richtung Talsohle befördern. Wirksamer Schutz kann hier durch eine Bepflanzung quer zur Hangrichtung erreicht werden.



E3 Verbesserung bzw. Ermöglichung der Versickerung

Um das Entwässerungssystem oder ein Gewässer von Niederschlagswasser zu entlasten, können technische Versickerungs- bzw. Verrieselungsanlagen verwendet werden. Hierbei kann es sich um unbelastetes, aber auch belastetes Niederschlagswasser handeln. Das Niederschlagswasser ist dabei in Abhängigkeit von seiner Belastung und den Auswirkungen auf das aufnehmende Gewässer (Grundwasser, Oberflächenwasser) vor einer Einleitung zu behandeln (MUNLV 1998).

Nach DWA-Arbeitsblatt 138 werden folgende Versickerungs- bzw. Verrieselungsanlagen unterschieden:

Flächenversickerung: Bei der Flächenversickerung wird das Niederschlagswasser nicht gefasst, sondern großflächig ohne Zwischenspeicherung in den Untergrund abgeleitet und so eine punktuelle Belastung des Bodens vermieden. Bei der Flächenversickerung über bewachsenem Mutterboden wird gleichzeitig eine gute Reinigungsleistung erzielt. Weitere Vorteile der Flächenversickerung sind die hohe Lebensdauer und die geringen Kosten. Allerdings ist der Flächenbedarf bei der Anlage eher hoch und das Verfahren ermöglicht keine Zwischenspeicherung.

Mulden- bzw. Beckenversickerung: Bei großen Flächen wie Wohnsiedlungen oder Gewerbegebieten empfiehlt sich die Beckenversickerung. Dabei wird das Niederschlagswasser über eine Vielzahl von Regenwasserleitungen einer zentralen Versickerungsanlage zugeführt (Abb. 4-13). Solche Anlagen können, sofern ausreichend Fläche und Volumen zur Verfügung steht, auch so angelegt werden, dass sie zu einem temporären Rückhalt größerer Niederschlagsmengen geeignet sind (s. E4). Der Vorteil der Mulden- bzw. Beckenversickerung besteht darin, dass die Versickerungszone biologisch aktiv ist und die Biotope gleichzeitig als gestalterische Elemente dienen und zur Verbesserung des Mikroklimas beitragen können. Außerdem wird eine hohe Retentionswirkung erreicht und die Anlage ist leicht zu warten. Bei unsachgemäßer Wartung kann es allerdings zu einer Selbstverdichtung der Sickerschicht kommen. Mulden- bzw. Beckenversickerungen sind generell nur bei guten Untergrundverhältnissen möglich.

Rigolenversickerung, Rigolenrohrversickerung: Rigolen sind mit grobem Kies, Schotter, Lavagranulat oder Hohlkörper aus Kunststoff gefüllte unterirdische Gräben. Das in diese Rigolen eingeleitete Regenwasser wird dort zwischengespeichert und langsam an den Boden abgegeben. Bei einer Rigolenrohrversickerung wird in diesen Gräben zusätzlich ein gelochtes Rohr (Sickerrohr) verlegt, um die Speicherkapazität zu erhöhen und eine gleichmäßige Verteilung des Regenwassers in der Rigole zu gewährleisten. Bei einer Rigolenversickerung ist es möglich, auch schlechte Sickerschichten zu durchdringen und eine Verbindung zu tieferen Schichten herzustellen. Zudem besitzt die Anlage ein gutes Retentionsvermögen. Nachteile sind die eher geringe Reinigungsleistung und der hohe Wartungsaufwand.

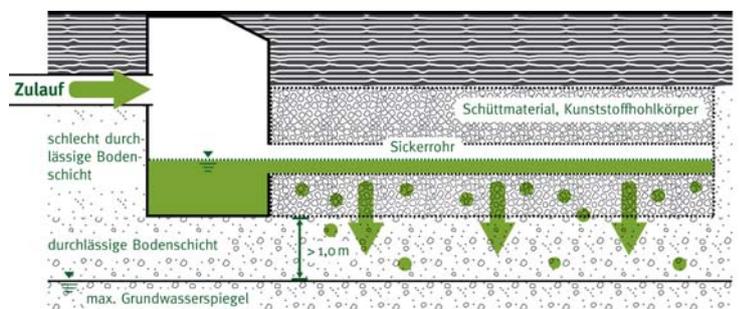


Abb. 4-14 Rigolenrohrversickerung (Kompatscher 2008)

Mulden-Rigolen-Versickerung: Bei diesem System wird an der Oberfläche der Rigole eine begrünte Mulde ausgebildet. So wird durch die Muldenversickerung eine sehr gute Reinigungsleistung erzielt und durch die darunter liegende Rigole der Speichereffekt vergrößert. Diese Systemkombination eignet sich v. a. bei wenig durchlässigen Böden.

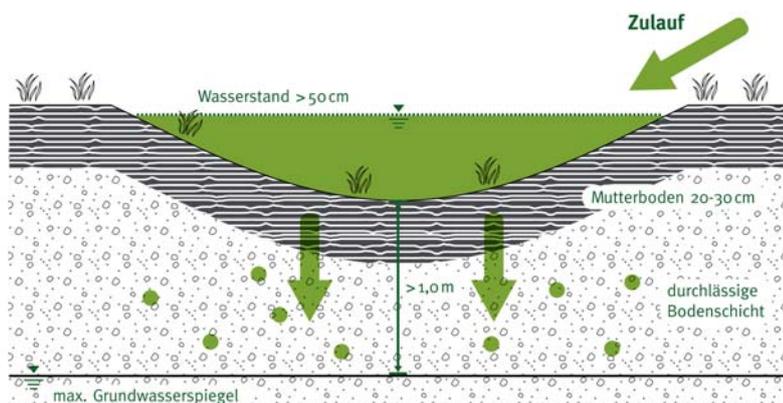


Abb. 4-13 Mulden- bzw. Beckenversickerung (Kompatscher 2008)

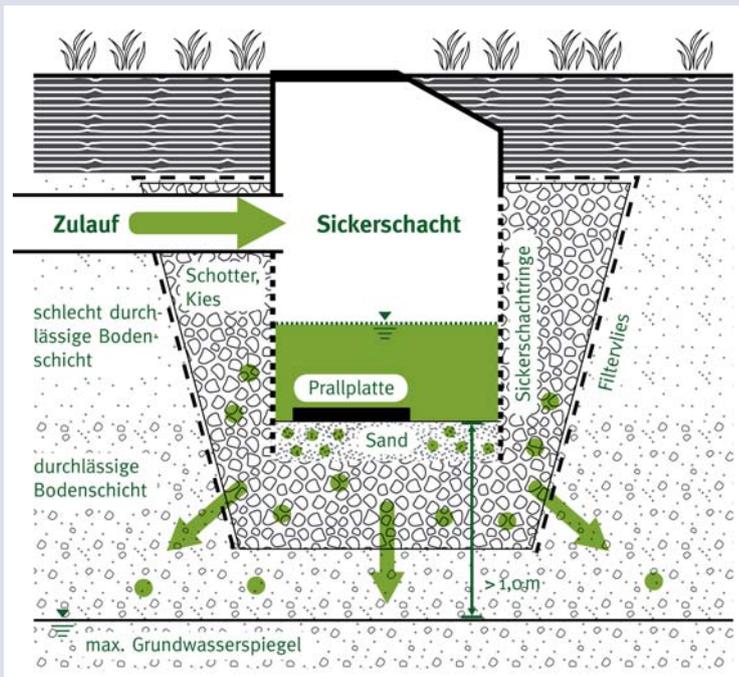


Abb. 4-15 Schachtversickerung (Kompatscher 2008)

Schachtversickerung: Bei der Schachtversickerung wird das Regenwasser punktförmig mittels eines Versickerungsschachts direkt in sickerfähige Schichten eingeleitet. Diese Versickerungsanlage ist – unbelastetes Niederschlagswasser oder eine geeignete Vorbehandlung vorausgesetzt – aufgrund des geringen Flächenbedarfs besonders für innerstädtische Gebiete geeignet. Der Einsatz von Sickerschächten über unbelastetes Niederschlagswasser hinaus ist bedenklich und zu vermeiden. Der Errichtung sollte grundsätzlich nur dann zugestimmt werden, wenn alle anderen Versickerungsmethoden wie auch eine ortsnahe Einleitung in ein oberirdisches Gewässer nicht in Betracht kommen (MUNLV 1998). Vorteile der Schachtversickerung sind der äußerst geringe Flächenbedarf und das gute Retentionsvermögen. Als Nachteile sind der geringe Speichereffekt, die geringe Reinigungsleistung und der hohe Wartungsaufwand zu nennen.

E4 Schaffung von Niederschlagswasserzischenspeichern und Notwasserwegen

Wenn Entwässerungssysteme bei Starkniederschlägen versagen und überlaufen, kommt der Ausweisung bzw. Anlage von Niederschlagswasserzischenspeichern und Notwasserwegen im öffentlichen Raum und auf Privatgrundstücken besondere Bedeutung zu. Hierdurch können auch große Wassermengen ohne Gefahr für die Bewohner zwischengespeichert bzw. abgeführt werden.

Niederschlagswassermengen werden in **Retentionsbecken** mit oder ohne Filteranlagen zurückgehalten und verzögert an das Entwässerungssystem abgegeben. Durch die belebte Bodenschicht findet eine biologische Reinigung statt und partikuläre sowie gelöste Stoffe werden zurückgehalten.



Eine zusätzliche Filterung ist beim **Retentionsfilterbecken** gegeben. Bei dieser Lösung werden Verunreinigungen des Niederschlagswassers herausgefiltert. Durch Anordnung eines Schlammstammlers kann die Reinigungsleistung weiter verbessert werden. Kontrollschächte ermöglichen zusätzliche Interventionen bei Störfällen. Je nach Behandlungsbedürftigkeit des zufließenden Niederschlagswassers ist bei beiden Lösungen zu prüfen, ob zusätzliche Behandlungsstufen angeordnet werden müssen, bevor das Niederschlagswasser dem Grundwasser oder einem Oberflächengewässer zugeleitet wird.



Im städtischen Entwässerungssystem selbst kann durch unterirdisch angelegte **Stauraumkanäle** an deren Ende ein gedrosselter Abfluss erfolgt, zusätzliches Speichervolumen geschaffen werden. Diese Lösung wird angewendet, wenn oberflächliche Retentionsmöglichkeiten nicht gegeben sind, wie z. B. in dicht überbauten Gebieten. Sie erfordert im Vergleich zu oberirdischen Retentionslösungen neben ausreichend Platz im städtischen Untergrund einen sehr hohen Investitions- und Unterhaltungsaufwand.

In verdichteten Innenstadtbereichen, die meist das höchste Schadenspotenzial gegenüber Extremwettern aufweisen, gibt es häufig nur wenige freie Flächen für einen wirksamen Rückhalt von Niederschlagswasser. Innovative Lösungen bestehen hier in der Umnutzung von Flächen zur temporären Speicherung von Niederschlagswasser:

- Niederschlagswasser kann beispielsweise auf **Wasserplätzen**, d. h. einem Netzwerk von öffentlichen Plätzen, zurückgehalten werden, bevor es einem Entwässerungssystem oder Oberflächengewässer zugeführt wird. Solche Flächen werden sonst anderweitig genutzt, etwa als Erholungs- und Freizeitraum (Sportplätze, Parkanlagen, Parkplätze etc.). Sie sind die meiste Zeit des Jahres trocken und übernehmen nur bei Starkniederschlägen kurzzeitig die Funktion einer Retentionsfläche.
- Auch **Straßen und Wege**, die keine Hauptverbindungen darstellen, können als Notwasserwege und temporäre Wasserspeicher dienen. Erhöhte Bordsteine schaffen hier kurzzeitiges Speichervolumen und verhindern ein seitliches Abfließen. Tiefer liegende Parkplätze und Grünanlagen neben oder am Ende solcher Notwasserwege können bei entsprechender Ausstattung mit Entwässerungseinrichtungen und Hinweisen für die Bevölkerung zusätzlichen Retentionsraum bieten.
- Grün- und Wasserdächer von **Gebäuden** dienen ebenfalls als Wasserspeicher bzw. Wassernutzer. Während die Wasseraufnahmekapazität von Gründächern bei Starkniederschlägen begrenzt ist, können Wasserdächer auch größere Mengen aufnehmen. Aufgrund statischer Probleme ist eine Umrüstung bei Altbauten problematisch, bei einer Neuplanung ist dieser Aspekt jedoch einkalkulierbar. Neben der Retention auf Dachflächen ist auch ein Rückhalt innerhalb von Gebäuden möglich. Wasserkeller, z. B. Tiefgaragen oder Keller unterhalb von Betrieben, können bei Extremniederschlägen große Mengen an Wasser aufnehmen. Das gesammelte Wasser kann dann als Brauchwasser (Kühlwasser, Bewässerung) genutzt werden, durch wasser-durchlässigen Bodenbelag verzögert versickern oder nachträglich einem Entwässerungssystem oder einem Oberflächengewässer zugeführt werden.



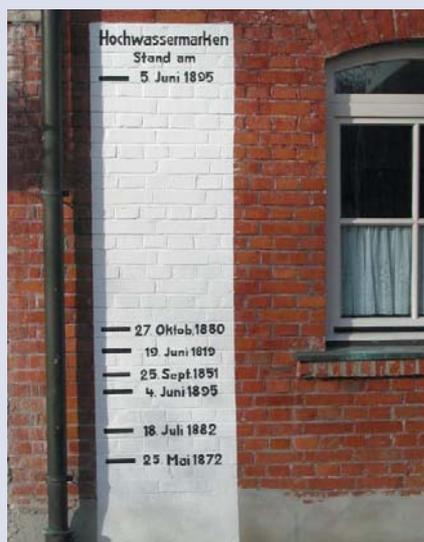
E5 Maßnahmen der Informations- und Verhaltensvorsorge

Die rechtzeitige Warnung und die Information der Bevölkerung über Gefährdungen, mögliche Vorsorgemaßnahmen und empfohlenes Verhalten können dazu beitragen, die Schäden vor Extremwetterereignissen zu verringern. Maßnahmen zur Informations- und Verhaltensvorsorge beinhalten beispielsweise die Veröffentlichung von Risiko- und Gefahrenkarten, die Verbreitung von Informationsmaterialien zu persönlichen Vorsorgemaßnahmen oder Informationen zum privaten Bau von Versickerungsanlagen.

Wichtig ist die aktive Bereitstellung von Informationen in potenziellen Risikogebieten, beispielsweise durch Postwurfsendungen. Hilfreich sind auch Lehrpfade, die Informationen zur Eigenvorsorge geben, sowie Informationstafeln oder Hochwassermarken an ausgewählten Stellen, die an vergangene Hochwasserereignisse erinnern und die damals erreichte Höhe anzeigen.

Maßnahmen zur Verhaltensvorsorge umfassen alle Vorbereitungen für den Not- und Katastrophenfall, um eine Krise zu bewältigen. Dazu gehören u. a.:

- Veröffentlichungen von Informationsmaterialien zum Verhalten in Not- und Katastrophenfällen
- Beratung durch kommunale Stellen
- Bereitstellung von Infrastruktur und Material für den Ereignisfall



Für öffentliche und soziale Einrichtungen (z. B. Schulen, Krankenhäuser) in Risikogebieten sollten regelmäßig Katastrophenschutzübungen durchgeführt werden, um die korrekten Abläufe zu verinnerlichen. Hilfreich für die Bevölkerung ist auch die Erstellung einer Checkliste zur Vorsorge und für den Notfall mit:

- Besprechung von Hochwassergefahren und Abwehrmaßnahmen in der Familie
- Organisation einer Nachbarschaftshilfe
- Klärung der Zuständigkeiten innerhalb der Familie
- Anlegen eines Wasservorrats
- Räumen mobiler Gegenstände in obere Etagen
- Abdrehen von Haupthähnen und umlegen von Schaltern für Gas, Wasser, Strom u. a.

E6 Verhinderung von Engstellen und Abflusshindernissen

Engstellen und Abflusshindernisse bei Oberflächengewässern und in der Kanalisation können zur Folge haben, dass Anlagen bei Starkniederschlägen überlastet werden und das anfallende Wasser nicht ableiten können. Bei hohem und schnellem Oberflächenabfluss wird oft Treibgut mitgerissen, das beispielsweise an tief liegenden Brücken oder Leitungen hängen bleibt und so den Durch- bzw. Abfluss verhindert oder erschwert. Bei der Dimensionierung von Brücken und beim Verlegen von Leitungen ist daher darauf zu achten, dass eine ausreichende Höhe erreicht wird.



Bei verrohrten Gewässern kann es durch Treibgut bzw. durch Ablagerungen von Sand und Geröll ebenfalls zu Querschnittsverengungen und damit zu einem verringerten Durchfluss kommen. Besonders betroffen sind Gewässer, die keine oder defekte Rechen oder eine senkrecht verlaufende Vergitterung haben. Es sollten daher der Bestand und Zustand von Schutzeinrichtungen bei verrohrten Gewässern geprüft und bei Bedarf eine schräge Anordnung der Gitter an den Einläufen eingerichtet werden.

E9 Unterführungen mit beidseitigen Entwässerungs-/Versickerungsgräben

Wasser sammelt sich nach Stark- und Extremniederschlägen häufig in tiefer liegenden Punkten des Stadtgebiets, wie z. B. Unterführungen oder Tunneln, weil die dortige Entwässerung die eindringenden Wassermassen nicht bewältigen kann. Eine Gefährdung geht von solchen überfluteten Engstellen aus, wenn diese aufgrund der Wassermassen oder liegen gebliebener Fahrzeuge zeitweise nicht mehr für Einsatz- oder Rettungskräfte zu passieren sind.



Überflutungsgefahr besteht vor allem dort, wo ein tief liegender Bereich ausschließlich über die städtische Kanalisation entwässert wird. Bei einem örtlich überlaufenden Kanalsystem erfolgt die Ableitung nur verzögert oder gar nicht, so dass eine Unterführung oder ein Tunnel ohne leistungsfähige oberflächige Entwässerung schnell überflutet werden kann. Hilfreich sind hier offene Retentions- oder Entwässerungsgräben, die ein- oder beidseitig von der Fahrbahnfläche angelegt und nicht an die Kanalisation angeschlossen sind. Eine weitere Möglichkeit sind ausreichend groß dimensionierte unterirdische Zwischenspeicher.

Von entscheidender Bedeutung ist es, im Umkreis von Unterführungen oder Tunneln bei einer voll integrierten Stadt- und Entwässerungsplanung durch bauliche Maßnahmen dafür zu sorgen, dass oberflächlich ablaufendes Niederschlagswasser möglichst nicht in Unterführungen oder Tunneln laufen kann.

E10 Organisierte Schutzmaßnahmen bei Eintreten eines Extremereignisses

Vorsorge und Bewältigung eines Extremereignisses, etwa eines Hochwassers oder einer Überflutung, können nicht losgelöst voneinander betrachtet, sondern müssen als übergreifende Elemente eines Kreislaufprozesses verstanden werden (Abb. 4-17). Nach der Bewältigung eines Extremereignisses beginnt der Übergang in die Vorsorge für die nächste extreme Situation.

Die Schutzmaßnahmen im Falle eines solchen Extremereignisses lassen sich unterteilen in Maßnahmen zur

- **Vorbeugung:** Verminderung des Risikos durch den Einsatz technischer und nichttechnischer Maßnahmen (z. B. Maßnahmen zur Schadensreduzierung durch angemessene Raumnutzung, etc.)



Mobiler Hochwasserschutz durch das THW mit Sandsäcken

- **Vorbereitung auf den Einsatzfall:** Handlungen, die im Vorfeld eines Extremereignisses ergriffen werden können (z. B. Entwicklung von Warnsystemen, effektive Ausbildung von Rettungskräften, Einrichtung einer offiziellen Stelle für Hochwasservorhersagen, etc.)
- **Bewältigung des Extremereignisses:** Katastrophenabwehr (z. B. Rettungsmaßnahmen, Evakuierung) und Wiederaufbau (z. B. Instandsetzung der Infrastruktur)



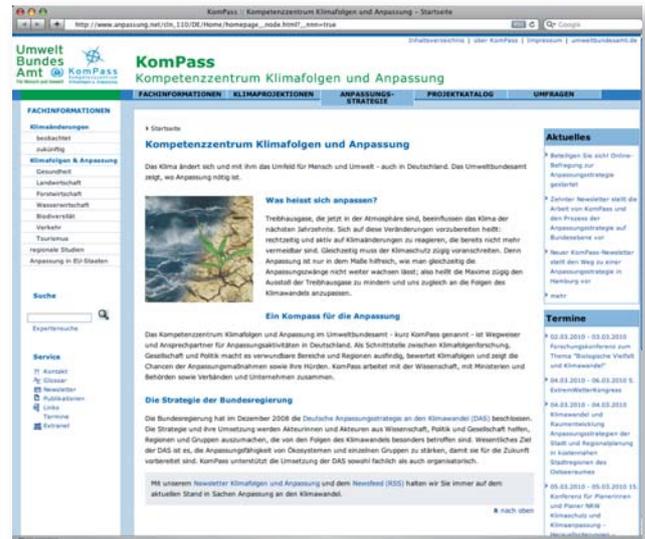
Abb. 4-17 Kreislauf des Hochwassermanagements (DKKV, 2003)

Anpassungslösungen für das Problemfeld „Trockenheit“

T1 Forschung, Wissenstransfer

Gerade in Bezug auf zukünftig möglicherweise längere Trockenperioden sind die Verwaltungen, die betroffene Bevölkerung und die Versorgungsunternehmen häufig noch nicht ausreichend auf die zu erwartende Verschiebung der Niederschlagsmengen von den Sommer- in die Wintermonate vorbereitet. Auch die technischen Regelwerke sind vielfach noch nicht an die projizierten klimatischen Bedingungen angepasst.

Es ist daher notwendig, die Forschungsaktivitäten zu den Folgen des Klimawandels und zu den Möglichkeiten einer Anpassung an diese Folgen fortzusetzen. Die Ergebnisse und Erkenntnisse der Forschungsarbeiten sollten einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden. Die Voraussetzungen hierfür sind ein erheblich ausgebaut und verbessertes Wissensmanagement und ein breiter Wissenstransfer zwischen unterschiedlichen Fachgebieten und Akteursgruppen. Ein solcher Wissenstransfer kann beispielsweise über themenspezifische Internetportale erfolgen. Das Umweltministerium Nordrhein-Westfalen fördert derzeit mehr als 40 verschiedene Forschungsvorhaben im Themenfeld Anpassung an den Klimawandel. Die Ergebnisse dieser Forschungsvorhaben werden sukzessive ins Internet eingestellt (www.klimawandel.nrw.de) und dort einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Auch das am Umweltbundesamt eingerichtete Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung bietet auf seiner Internetplattform www.anpassung.net eine Vielzahl an Informationen zum Thema Anpassung an den Klimawandel und eine Übersicht über Anpassungsprojekte in unterschiedlichen Handlungsfeldern.



T2–T6 Maßnahmen auf Seiten der kommunalen Wasserversorger/Kanalnetzbetreiber

Die Maßnahmen T2 bis T6 stellen Handlungsstrategien für kommunale Wasserversorger und Kanalnetzbetreiber als Reaktion auf die zu erwartende Zunahme längerer Trockenperioden dar. Im Falle längerer Trockenzeiten sollten die Betreiber von Kanalnetzen ihre Betriebsstrategien u. a. zu Wartung, Inspektion und Reinigung der Kanalnetze prüfen und unter Umständen anpassen. So ist beispielsweise bei längeren Trockenphasen eine natürliche Spülung der Kanalnetze durch Niederschlagswasser nicht mehr gewährleistet. Als Folge können Ablagerungen fester Inhaltsstoffe im Kanalnetz dazu führen, dass die Schwemmkanalisation



nicht mehr effektiv funktioniert. Hier kann mit technischen Maßnahmen reagiert werden, etwa indem das gesamte Netz häufiger gespült wird.

Um einem reduzierten Mischwasserabfluss im Kanalnetz zu begegnen, sollten Netzbereiche mit höherem Risiko für reduzierten Mischwasserabfluss identifiziert werden. Mögliche Gefährdungskriterien sind dabei das Gefälle, die Zahl der angeschlossenen Einwohner und Flächen sowie der Fremdwasseranfall. Im Falle eines Netzneubaus können als Anpassungsmaßnahme hydraulisch effizientere Rohrprofile gewählt oder in einzelnen Netzabschnitten auf eine dezentrale Druckentwässerung gewechselt werden.

Sind bereits Ablagerungen im Netz aufgetreten, die zu Geruchs- oder Ungezieferbelästigungen führen oder die hydraulische Leistungsfähigkeit mindern, können diese durch Hochdruckspülungen und u.U. durch den Einsatz von Maschinen (Fräsen u. Ä.) beseitigt werden. Bei erheblichem Befall oder bei Beschädigungen ist eine Ungezieferbekämpfung durch Fachleute bis hin zu einer Sanierung einzelner Kanalabschnitte erforderlich.



5. Empfehlungen für die Stadtplanung

Das Thema „Anpassung an den Klimawandel“ gewinnt in der Stadtplanung an Bedeutung. Anpassungsmaßnahmen können bei ohnehin geplanten städtebaulichen Entwicklungen berücksichtigt werden.

Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel stehen trotz ihrer großen Bedeutung für die Stadtplanung und -entwicklung in der kommunalen Planungspraxis häufig nicht im Vordergrund. Hauptursache hierfür ist das oftmals noch mangelnde Bewusstsein für die Folgen des Klimawandels in der Öffentlichkeit und der Verwaltung.

Auch im **Städtebaurecht**, das für die Stadtentwicklung und -planung rechtlich maßgeblich ist, ist die Bedeutung des Themas „Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ nicht deutlich erkennbar, wohingegen die Verantwortung für den Klimaschutz im Rahmen der Bauleitplanung zentral in § 1 des Baugesetzbuches geregelt ist (§ 1 (5) Satz 2 BauGB).

Zwar weist nicht jede Folge des Klimawandels gleichzeitig auch eine **Relevanz für die räumliche Planung** auf. Eine Verantwortung ist aber dann gegeben, wenn die Folgen raumbedeutsam im Sinne des § 1 Abs. 1 bzw. § 7 Abs. 3 Raumordnungsgesetz (ROG) sind bzw. im konkreten Bezug zur Bodennutzung stehen (vgl. hierzu Art. 74 Abs. 1 Nr. 18 GG i. V. m. § 1 (1) BauGB). In diesem Fall schränken die Folgen des Klimawandels die bauliche und sonstige Nutzbarkeit von Flächen ein oder es müssen auf Flächen besondere (bauliche) Vorkehrungen oder Sicherungsmaßnahmen gegen äußere Einwirkungen wie Naturgewalten oder schädliche Umwelteinwirkungen getroffen werden bzw. diese Flächen müssen zum Schutz gegen die genannten Einwirkungen von einer Bebauung freigehalten werden (vgl. § 5 (3) Nr. 1 BauGB und § 9 (1) Nr. 24 BauGB) (BMVBS/BBSR (Hrsg.) 2009).

Die Folgen des Klimawandels können raumbedeutsam sein

Die in diesem Handbuch entwickelten und vorgeschlagenen Anpassungsmaßnahmen können im Rahmen einer ohnehin geplanten städtebaulichen Entwicklung, z. B. im Zuge einer Änderung des Flächennutzungsplans oder der Ausweisung neuer Baugebiete, durch entsprechende Darstellungen in Flächennutzungsplänen oder Festsetzungen in Bebauungsplänen berücksichtigt werden (ARGEBAU 2008).

Anpassungsmaßnahmen können bei ohnehin geplanten städtebaulichen Entwicklungen berücksichtigt werden

Zur erfolgreichen Durch- und Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen in den Kommunen müssen zahlreiche **Konkurrenzen und Interessenkonflikte** sowie unterschiedliche Rahmenbedingungen vor Ort berücksichtigt werden:

- Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel können im baulichen Bestand der Innenstädte und in den bestehenden Siedlungsräumen nur deutlich eingeschränkt realisiert werden und erfordern hier verstärkt Anreizsysteme (z. B. Förderprogramme etc.).
- Nur wenn große Neubaugebiete erschlossen werden, können Kommunen ihre Steuerungs- und Einflussmöglichkeiten ausschöpfen.
- Grundsätzlich gilt zudem die Einschränkung, dass Städte und Gemeinden bei der Aufstellung und Änderung von Bauleitplänen öffentliche und private Belange gerecht gegeneinander sowie untereinander abwägen müssen und somit Umweltbelange keinen rechtlichen Vorrang haben. Dies kann in der Folge bedeuten, dass klimatischen Belangen bei einzelfallbezogenen Abwägungsentscheidungen nicht immer vollständig Rechnung getragen werden kann (Mitschang 2009).
- Zusätzlich zu den Konkurrenzen zwischen den Abwägungsbelangen führen weitere Zielkonflikte und Restriktionen – z. B. der teilweise Gegensatz von Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen – oftmals dazu, dass Anpassungsmaßnahmen nicht zum Tragen kommen (s. hierzu Kapitel 6).

Die Tabellen 5-1 und 5-2 geben eine Übersicht über die einzelnen Darstellungs- und Festsetzungsmöglichkeiten der in Kapitel 4 entwickelten Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel, die im Rahmen der Bauleitplanung umgesetzt werden können.

Ein abgestimmtes
Maßnahmenbündel
ist notwendig

Allerdings können die Darstellung und Festsetzung **einzelner Anpassungsmaßnahmen** den klimatischen Erfordernissen nicht gerecht werden. Daher kommt es insbesondere darauf an, ein auf die jeweilige Situation abgestimmtes **Maßnahmenbündel** zu entwickeln und umzusetzen. Nur die Kombination von Maßnahmen in den Darstellungen und Festsetzungen in Bauleitplänen kann im Ergebnis dazu beitragen, dass ein gesundes Stadtklima bewahrt bleibt.

Die Umsetzung von
Anpassungsmaß-
nahmen bedarf eines
interdisziplinären und
integrativen Prozesses

Insgesamt bedarf die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel bei Planungsverfahren eines **interdisziplinären und integrativen Prozesses**, um dem Querschnittcharakter des Themas „Anpassung“ gerecht zu werden. Daher ist die Ressortzusammenarbeit ein entscheidender und ergebnisbeeinflussender Faktor. Besondere Bedeutung kommt dabei der Berücksichtigung von Klimabelangen im Rahmen der frühzeitigen Behördenbeteiligung zu. Diese ist seit dem 20. Juli 2004 neben der bisherigen Behördenbeteiligung im BauGB vorgeschrieben, insbesondere um die Behörden aufzufordern, sich zum erforderlichen Umfang und Detaillierungsgrad der Umweltprüfung nach § 2 (4) BauGB zu äußern (vgl. § 4 (1) Satz 1 BauGB). Zwar werden klimatische Belange schon seit geraumer Zeit in Bauleitplanverfahren eingebracht, in der Umsetzung werden diese Belange jedoch häufig über Darstellungen und Festsetzungen transportiert, die vordergründig einer anderen planerischen Zielsetzung dienen. Aus den dargelegten Möglichkeiten und Einschränkungen bei der Anpassung an den Klimawandel können für die Stadtentwicklung und -planung daher drei grundsätzliche Empfehlungen entwickelt werden:

- Ausschöpfen der formellen und informellen Planungsinstrumente
- Stärken von Zusammenarbeitsstrukturen
- Identifizierung von Hemmnissen und Nutzen von Synergieeffekten (s. Kapitel 6)

Tabelle 5-1: Darstellungs- und Festsetzungsmöglichkeiten von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in Bauleitplänen/Handlungskatalog zur Hitzebelastung

| Anpassungslösungen | | Erläuterungen/Hinweise | FNP/ B-Plan | Darstellungs- und Festsetzungsmöglichkeiten nach BauGB |
|--------------------|---|--|----------------|--|
| H4 | Festlegen von Bebauungsgrenzen | <ul style="list-style-type: none"> ■ Im FNP können Vorgaben für die anzustrebende Bebauungsdichte der Bauflächen und Baugebiete gemacht werden. ■ Im B-Plan können die räumliche Verteilung der baulich genutzten und der nicht baulich genutzten Bereiche sowie das Maß der baulichen Nutzung verbindlich gesteuert werden. | FNP | <ul style="list-style-type: none"> ■ Darstellen von Bauflächen und Baugebieten sowie dem allgemeinen Maß der baulichen Nutzung nach § 5 (2) Nr. 1 BauGB |
| | | | B-Plan | <ul style="list-style-type: none"> ■ Festsetzen von Art und Maß der baulichen Nutzung nach § 9 (1) Nr. 1 BauGB ■ Festsetzen der Bauweise, der überbaubaren und der nicht überbaubaren Grundstücksflächen sowie der Stellung der baulichen Anlagen nach § 9 (1) Nr. 2 BauGB, konkretisiert durch §§ 22 und 23 BauNVO |
| H5 | Freiflächen erhalten, neue Freiflächen schaffen | <ul style="list-style-type: none"> ■ Im FNP können großräumig Darstellungen von nicht baulichen Nutzungen und damit von Freiflächen mit unterschiedlichen Zweckbestimmungen getroffen werden. ■ Im B-Plan erfolgt die verbindliche und parzellenscharfe Festlegung der nicht baulichen Flächennutzungen. Es können auch Regelungen in Bezug auf die nicht bauliche Nutzung von Teilen der Baugrundstücke getroffen werden. Aus § 19 (4) BauNVO ergeben sich Obergrenzen für den versiegelten Flächenanteil von Baugrundstücken, die im B-Plan noch abweichend festgesetzt werden können. ■ Nachrichtliche Übernahme von Flächen für den Natur- und Landschaftsschutz (BNatSchG) sowie für den Hochwasserschutz ■ Im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffs-/Ausgleichsregelung (B-Plan s. rechte Spalte): Flächen zum Ausgleich im Sinne des § 1a Abs. 3 im Geltungsbereich des FNP können den Flächen, auf denen Eingriffe in Natur und Landschaft zu erwarten sind, ganz oder teilweise zugeordnet werden (§ 5 (2a) BauGB). | FNP | <ul style="list-style-type: none"> ■ Darstellen von Grünflächen wie Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätzen und Friedhöfen nach § 5 (2) Nr. 5 BauGB ■ Darstellen von Wasserflächen und Flächen, die im Interesse des Hochwasserschutzes und der Regelung des Wasserabflusses freizuhalten sind nach § 5 (2) Nr. 7 BauGB ■ Darstellen von Flächen als landwirtschaftliche Flächen und Waldflächen nach § 5 (2) Nr. 9 BauGB ■ Darstellen von Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft nach § 5 (2) Nr. 10 BauGB |
| | | | B-Plan | <ul style="list-style-type: none"> ■ Festsetzen der Grundfläche oder der Grundflächenzahl nach § 9 (1) Nr. 1 BauGB / § 16 (2) u. § 19 BauNVO ■ Ggf. abweichende Festsetzung zur Anrechnung von Garagen, Stellplätzen, Zufahrten etc. auf die Grundfläche nach § 19 (4) Satz 2 BauNVO ■ Festsetzen der überbaubaren und der nicht überbaubaren Grundstücksflächen nach § 9 (1) Nr. 2 BauGB/§ 23 BauNVO ■ Festsetzen von Mindestmaßen der Baugrundstücke und von Höchstmaßen für Wohnbaugrundstücke nach § 9 (1) Nr. 3 BauGB, konkretisiert durch BauNVO ■ Festsetzen, dass Stellplätze und Garagen außerhalb der überbaubaren Grundstücksflächen nur unter der Geländeoberfläche hergestellt (§ 9 (1) Nr. 4 BauGB i. V. m. § 12 (4) BauNVO) oder dass sie auf den nicht überbaubaren Grundstücksflächen nicht hergestellt werden dürfen (§ 23 (5) BauNVO). ■ Festsetzen der Flächen, die von der Bebauung freizuhalten sind, und ihrer Nutzung nach § 9 (1) Nr. 10 BauGB ■ Festsetzen von öffentlichen und privaten Grünflächen wie Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätzen und Friedhöfen nach § 9 (1) Nr. 15 BauGB ■ Festsetzen von Wasserflächen nach § 9 (1) Nr. 16 BauGB (s. hierzu Hinweise bei H12) |

Fortsetzung: Tabelle 5-1 Handlungskatalog zur Hitzebelastung

| Anpassungslösungen | | Erläuterungen/Hinweise | FNP/ B-Plan | Darstellungs- und Festsetzungsmöglichkeiten nach BauGB |
|----------------------|---|--|------------------|---|
| Forts. H5 | | | Forts. B-Plan | <ul style="list-style-type: none"> ■ Festsetzen von Flächen für die Landwirtschaft und Waldflächen nach § 9 (1) Nr. 18 BauGB ■ Festsetzen der Flächen oder Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft nach § 9 (1) Nr. 20 BauGB ■ Festsetzen von Flächen oder Maßnahmen zum Ausgleich im Sinne des § 1a Abs. 3 auf den Grundstücken, auf denen Eingriffe in die Natur und Landschaft zu erwarten sind, oder an anderer Stelle sowohl im sonstigen Geltungsbereich des B-Plans als auch in einem anderen B-Plan |
| H6 | Parkanlagen schaffen, erhalten, umgestalten | <ul style="list-style-type: none"> ■ Die Festsetzung als private Grünfläche wird mit Blick auf die übliche öffentliche Nutzung von Parks eher die Ausnahme bilden. | FNP | <ul style="list-style-type: none"> ■ Darstellen von Grünflächen wie Parkanlagen nach § 5 (2) Nr. 5 BauGB |
| | | | B-Plan | <ul style="list-style-type: none"> ■ Festsetzen der öffentlichen und privaten Grünflächen wie Parkanlagen nach § 9 (1) Nr. 15 BauGB |
| H7 | Begrünung von Straßenzügen | <ul style="list-style-type: none"> ■ Maßnahmen können z. B. sein: Begrünung und Bepflanzung von Stellplätzen und Begrünung baulicher Anlagen. ■ Maßnahmen können auch durch Satzung als örtliche Bauvorschrift nach § 86 (1) Nr. 4 BauO NRW festgesetzt werden. ■ Erforderlichkeit ist im Lichte der straßenrechtlichen und bauordnungsrechtlichen Anforderungen an die Begrünung von Straßen bzw. von Grundstücken und Gebäuden zu beurteilen. | B-Plan | <ul style="list-style-type: none"> ■ Festsetzen von Anpflanzungen und Pflanzbindungen für einzelne Flächen oder für ein B-Plangebiet oder Teile davon nach § 9 (1) Nr. 25 BauGB |
| H8 | Dachbegrünung | | | |
| H10 | Fassadenbegrünung | | | |
| H11 | Erhalt, Schaffung von Frischluftflächen | | FNP | <ul style="list-style-type: none"> ■ Darstellungsmöglichkeiten s. H5 |
| | | | B-Plan | <ul style="list-style-type: none"> ■ Festsetzen von öffentlichen und privaten Grünflächen wie Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätzen und Friedhöfen nach § 9 (1) Nr. 15 BauGB ■ Weitere Festsetzungsmöglichkeiten s. H5 |
| H12 | Offene Wasserflächen schaffen | <ul style="list-style-type: none"> ■ Der Vorrang der Fachplanung bei Vorhaben von überörtlicher Bedeutung nach § 38 BauGB sowie die materiellen und formellen Erfordernisse nach WHG und Landeswassergesetzen sowie Wasserstraßengesetz sind zu beachten. | FNP | <ul style="list-style-type: none"> ■ Darstellen von Wasserflächen nach § 5 (2) Nr. 7 BauGB |
| | | | B-Plan | <ul style="list-style-type: none"> ■ Festsetzen von Wasserflächen nach § 9 (1) Nr. 16 BauGB ■ Festsetzen von Bindungen für Bepflanzungen und für die Erhaltung von Bäumen, Sträuchern und sonstigen Bepflanzungen sowie von Gewässern nach § 9 (1) Nr. 25b) BauGB |
| H13 | Gebäudeausrichtung optimieren | <ul style="list-style-type: none"> ■ Maßnahmen können z. B. sein: Gebäudeöffnungen zur Wind abgewandten Seite, Gebäudekomplexe mit wind- und wettergeschützten Innenhöfen. | B-Plan | <ul style="list-style-type: none"> ■ Festsetzen der Bauweise, der überbaubaren und der nicht überbaubaren Grundstücksflächen sowie der Stellung der baulichen Anlagen nach § 9 (1) Nr. 2 BauGB ■ Festsetzen der Gebäudestellung nach § 9 (1) Nr. 23b BauGB |

Fortsetzung: Tabelle 5-1 Handlungskatalog zur Hitzebelastung

| Anpassungslösungen | | Erläuterungen/Hinweise | FNP/ B-Plan | Darstellungs- und Festsetzungsmöglichkeiten nach BauGB |
|--------------------|---|---|----------------|---|
| H14 | Hauswandverschattung, Wärmedämmung | | B-Plan | <ul style="list-style-type: none"> ■ Festsetzen von Anpflanzungen und Pflanzbindungen für einzelne Flächen oder für ein Bebauungsplangebiet oder Teile davon sowie für Teile baulicher Anlagen nach § 9 (1) Nr. 25 BauGB |
| H16 | Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen | <ul style="list-style-type: none"> ■ Frischluftschneisen als zeichnerische Darstellung in den FNP übernehmen (im Ermessen der Gemeinde, keine rechtliche Begründung erforderlich im vorbereitenden BLP, erleichtert Begründung für Freihaltung im B-Plan). ■ In der Begründung zum FNP (§ 5 (5) BauGB) bzw. zum B-Plan (§ 9 (8) BauGB) auf die lokalklimatische Bedeutung der betreffenden Flächen für die Frischluftversorgung des Siedlungsraumes besonders eingehen. | FNP | <ul style="list-style-type: none"> ■ Darstellung von Grünflächen wie Parkanlagen nach § 5 (2) Nr. 5 BauGB ■ Weitere Darstellungsmöglichkeiten s. H4 |
| | | | B-Plan | <ul style="list-style-type: none"> ■ Festsetzen der Frischluftschneisen mit einer nicht baulichen Nutzung (s. H5) |
| H17 | Hänge von hangparalleler Riegelbebauung freihalten | <ul style="list-style-type: none"> ■ Die überbaubaren Grundstücksflächen sollten eng ausgewiesen werden, um ausreichend begrünte Freiflächen auf den Baugrundstücken und die klimarelevante Durchlässigkeit von Luftströmungen zu erhalten. | B-Plan | <ul style="list-style-type: none"> ■ Festsetzen von Art und Maß der baulichen Nutzung nach § 9 (1) Nr. 1 BauGB, konkretisiert insbesondere durch §§ 16 (3), 17, 19 BauNVO ■ Festsetzen der Bauweise, der überbaubaren und der nicht überbaubaren Grundstücksflächen sowie der Stellung der baulichen Anlagen nach § 9 (1) Nr. 2 BauGB, konkretisiert durch BauNVO ■ Festsetzen von Mindestmaßen der Baugrundstücke und von Höchstmaßen für Wohnbaugrundstücke nach § 9 (1) Nr. 3 BauGB |
| H18 | Bauliche Verschattungselemente im öffentlichen Raum | <ul style="list-style-type: none"> ■ Maßnahmen können z. B. sein: Arkaden, Sonnensegel. | B-Plan | <ul style="list-style-type: none"> ■ Festsetzen von Verkehrsflächen besonderer Zweckbestimmung nach § 9 (1) Nr. 11 BauGB |
| H20 | Bepflanzung urbaner Räume mit wärmereisistenten Pflanzenarten mit geringerem Wasserbedarf | <ul style="list-style-type: none"> ■ Zur besseren Akzeptanz und Umsetzung sollte den Eigentümern fachliche Beratung z. B. durch entsprechende Informationsbroschüren angeboten werden. | B-Plan | <ul style="list-style-type: none"> ■ Festsetzen von Anpflanzungen und Pflanzbindungen für einzelne Flächen oder für ein Bebauungsplangebiet oder Teile davon sowie für Teile baulicher Anlagen nach § 9 (1) Nr. 25 BauGB |
| H21 | Vermehrter Einsatz von bodenbedeckender Vegetation; Vermeidung oder künstliche Abdeckung unbewachsener Bodenflächen | | | |
| H28 | Geeignete Bepflanzung urbaner Flächen zur Verbesserung der Durchlässigkeit der oberen Bodenschicht (Durchwurzelung) | <ul style="list-style-type: none"> ■ s. H20 und H21 | B-Plan | <ul style="list-style-type: none"> ■ Festsetzen von Anpflanzungen und Pflanzbindungen für einzelne Flächen oder für ein Bebauungsplangebiet oder Teile davon sowie für Teile baulicher Anlagen nach § 9 (1) Nr. 25 BauGB |

Tabelle 5-2: Darstellungs- und Festsetzungsmöglichkeiten von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in Bauleitplänen/Handlungskatalog zu Extremniederschlägen

| Anpassungslösungen | | Erläuterungen/Hinweise | FNP/ B-Plan | Darstellungs- und Festsetzungsmöglichkeiten nach BauGB |
|--------------------|--|---|----------------|---|
| E1 | Rückbau versiegelter Flächen | <ul style="list-style-type: none"> ■ Die Umplanung von baulich genutzten Grundstücken in nicht baulich genutzte Grundstücke ist in aller Regel mit Entschädigungsansprüchen nach dem Planungsschadensrecht verbunden. ■ Einzelfallbetrachtung ist erforderlich. ■ Nach § 179 BauGB kann die Entsiegelung dauerhaft nicht mehr genutzter Flächen durch ein Entsiegelungsgebot durchgesetzt werden, wenn dies der Umsetzung eines B-Plans dient. ■ Bei den meisten privilegierten Vorhaben im Außenbereich greift die Rückbauverpflichtung nach § 35 (5) BauGB. ■ Rückbau- und Entsiegelungsmaßnahmen werden insb. im Rahmen von Stadtumbaumaßnahmen nach §§ 171a–d BauGB gefördert. | | <ul style="list-style-type: none"> ■ Festsetzung einer nicht baulichen Nutzung (s. H5) |
| E2 | Flächennutzung an Hängen, abfluss- und erosionsmindernde Maßnahmen | | FNP | <ul style="list-style-type: none"> ■ Darstellungsmöglichkeiten (s. H5) |
| | | | B-Plan | <ul style="list-style-type: none"> ■ Festsetzungsmöglichkeiten (s. H5) |
| E3 | Verbesserung bzw. Ermöglichung der Versickerung | <ul style="list-style-type: none"> ■ z. B. Versickerungsgräben oder -mulden | B-Plan | <ul style="list-style-type: none"> ■ Festsetzen von Flächen für die Abfall- und Abwasserbeseitigung, einschließlich der Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser, nach § 9 (1) Nr. 14 BauGB |
| E4 | Schaffung von Niederschlagswasserzwischen speichern und Notwasserwegen | <ul style="list-style-type: none"> ■ Regenrückhaltebecken, Sammelmulden etc. | B-Plan | <ul style="list-style-type: none"> ■ Festsetzen der Flächen für die Abfall- und Abwasserbeseitigung, einschließlich der Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser, nach § 9 (1) Nr. 14 BauGB ■ Festsetzen der Flächen für die Wasserwirtschaft, für Hochwasserschutzanlagen und für die Regelung des Wasserabflusses nach § 9 (1) Nr. 16 BauGB (s. Hinweise bei H12) |
| E9 | Unterführungen mit beidseitigen Entwässerungs-/Versickerungsgräben | <ul style="list-style-type: none"> ■ Maßnahme ist schwierig umzusetzen, da die Unterführungen meist sehr tief liegen und kein Platz für entsprechende Gräben vorhanden ist. ■ Technische und finanzielle Durchführbarkeit sollte mit dem Träger der Bau last vorgeklärt werden. | B-Plan | <ul style="list-style-type: none"> ■ Festsetzen der Flächen für die Abfall- und Abwasserbeseitigung, einschließlich der Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser, nach § 9 (1) Nr. 14 BauGB ■ Festsetzen der Flächen für die Wasserwirtschaft, für Hochwasserschutzanlagen und für die Regelung des Wasserabflusses nach § 9 (1) Nr. 16 BauGB (s. Hinweise bei H12) |



6. Zielkonflikte und Synergien von Maßnahmen

Bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel können sich im Rahmen der Stadtplanung und -entwicklung sowohl Zielkonflikte als auch Synergien mit anderen städtebaulichen Maßnahmen ergeben. Durch frühzeitige und integrierte Planung sowie ressortübergreifende Zusammenarbeit lassen sich Zielkonflikte jedoch entschärfen und die Chancen aus Synergieeffekten zwischen unterschiedlichen Handlungsfeldern nutzen.

Zielkonflikte

Zielkonflikte zwischen Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel und anderen politischen Zielen in der **Freiraumplanung** ergeben sich vor allem aufgrund konkurrierender Flächen- und Raumnutzungsansprüche:

- **Klimaschutz:** Bei der Freiraumplanung zeigt sich insbesondere ein Zielkonflikt von Anpassungsmaßnahmen mit den Strategien zum Klimaschutz. So ist es ein wichtiges Ziel der Klimaanpassung, Wärmeinseleffekte in Städten zu verringern und so den Hitzestress für die Bevölkerung zu minimieren. Hierfür sind eine möglichst lockere Bebauung mit einem ausreichend hohen Freiflächenanteil und genügend Frischluftschneisen erforderlich. Darüber hinaus werden Freiflächen im Rahmen der Klimaanpassung auch als Rückhalteräume im Falle von Starkregenereignissen und Hochwasser benötigt. Auf der anderen Seite gelten gerade kompakte Siedlungsstrukturen als besonders verkehrs- und energiesparend und sind somit im Sinne des Klimaschutzes anzustreben. Auch entsteht ein nicht unerheblicher interner Zielkonflikt zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung, wenn eine technische Verringerung von Hitzestress durch Klimaanlagen vorgenommen würde. Die Nutzung konventioneller Klimaanlagen ließe den Energieverbrauch im Sommer stark ansteigen, würde einen CO₂-Mehrausstoß verursachen und steht damit deutlich im Konflikt zu den Zielen des Klimaschutzes. Der Einsatz regenerativer Energien für Klimaanlagen und vor allem die Passivkühlung sind daher sinnvollere Maßnahmen zur Verringerung des Hitzestresses.

Zielkonflikte entstehen bei der Freiraumplanung vor allem aufgrund konkurrierender Flächen- und Raumnutzungsansprüche

- **Lärmschutz:** Die Steigerung des innerstädtischen Freiflächenanteils und die Schaffung von Frischluftschneisen widersprechen auch dem Ziel einer möglichst geschlossenen Randbebauung. Ein solcher Lückenschluss bei Baublöcken ist insbesondere wichtig für den Lärmschutz, da hierüber für die dahinterliegende Bebauung erhebliche Lärminderungspotenziale ausgeschöpft werden können.
 - **Direkte Nutzungskonkurrenzen:** Baumpflanzungen mit tief wurzelnden Baumarten können existierende Leitungstrassen und Kanäle beschädigen. Maßnahmen zur Straßenbegrünung sollten daher im Zuge von Kanalerneuerungsvorhaben von vorneherein berücksichtigt werden. Die angestrebte hohe Baumpflanzungsdichte sowie ein hoher Grünflächenanteil stehen darüber hinaus im direkten Zielkonflikt mit anderen Flächenanwendungen, etwa der notwendigen Schaffung von Parkraum für Fahrzeuge.
 - **Prinzip des Umliegungsverfahrens:** Eine lockere Bebauung mit hohem Freiflächenanteil widerspricht schließlich auch dem Ziel, im Rahmen eines Umliegungsverfahrens bebaubare Grundstücke zu erhalten (vgl. § 45 Satz 1 BauGB).
- Zielkonflikte von Begrünungsmaßnahmen**
- Auch bei **Begrünungsmaßnahmen** können verschiedene Zielkonflikte vor allem im Zusammenhang mit der Belüftungssituation im städtischen Raum auftreten:
- **Baumvegetation im Straßenraum:** Bäume ermöglichen durch Beschattung und Verdunstung ein behagliches Humanbioklima und können als Spurenstofffilter dienen. Kommt es allerdings zum Kronenschluss, kann hierdurch die Durchlüftung im Straßenraum beeinträchtigt werden. Unter einem geschlossenen Baumkronendach kann es insbesondere bei einer hohen Verkehrsdichte zur Anreicherung von Luftschadstoffen kommen. Ein dichter Baumbestand kann darüber hinaus zu viel Schatten auf Photovoltaikanlagen werfen und so deren Effizienz schmälern.
 - **Baumvegetation in Frischluftbahnen:** In Frischluftbahnen kann die Durchlüftungsfunktion beeinträchtigt werden, wenn Baumreihen oder dichtes Gehölz ein Strömungshindernis bilden.
 - **Bewässerungsmanagement von (öffentlichen) Grünflächen:** Begrünte Flächen, die über zu wenig Grundwasser oder Bodenfeuchtigkeit verfügen, müssen während der Trockenperioden künstlich bewässert werden. Das kann insbesondere im Sommer Konflikte mit der Sicherung der Wasserversorgung verursachen. Für den Fall der Flächenbegrünung auf sommertrockenen Standorten sind ggf. einheimische Arten durch trockenresistente Arten zu ersetzen.
 - **Dachbegrünung:** Auch zwischen der Begrünung von Dächern und einer möglichen Installation von Solarkollektoren bzw. Photovoltaikanlagen kann bei einer ungenügenden Gebäudestatik ein Zielkonflikt entstehen. Auf der anderen Seite kann aber die Effizienz von Photovoltaikanlagen durch den kühlenden Effekt einer darunterliegenden Dachbegrünung gesteigert werden.



Synergieeffekte

Die Umsetzung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel ist wesentlich einfacher, wenn eine Doppelfunktion und ein sichtbarer Zusatznutzen vorliegen. Ein solcher Zusatznutzen liegt beispielsweise bei Begrünungsmaßnahmen, bei Maßnahmen zur Flächenentsiegelung oder zur Regenrückhaltung vor.

Im Zusammenhang mit **Begrünungsmaßnahmen** können folgende Synergieeffekte auftreten:

- Pflanzmaßnahmen führen sowohl zu Kühlungseffekten in den Innenstädten als auch zum Regenrückhalt und tragen somit zur Minimierung des Überschwemmungsrisikos bei. Zugleich verringert innerstädtische Begrünung die Windböigkeit und verhindert so im Winter eine zu starke Auskühlung der Gebäude, was wiederum den Heizenergieverbrauch senkt (vgl. Fleischhauer & Bornefeld 2006).
- Eine höhere Vegetation im Innenstadtbereich steigert die Aufenthalts- und Lebensqualität und sorgt für eine verträglichere lufthygienische Situation. Parkanlagen und Grünflächen ermöglichen darüber hinaus ein besseres thermisches Niveau und eine Spurenstofffilterung der Außenluft.
- Fassaden- und Dachbegrünung dienen als Puffer für Niederschlagswasser, so dass Niederschlagsspitzenabflüsse reduziert werden können. Gleichzeitig können hierüber Flächen für die Regenrückhaltung auf dem Grundstück eingespart werden. Durch die Verdunstungseffekte kann darüber hinaus das thermische Niveau im Außenbereich gesenkt werden.

- Fassaden- und Dachbegrünung verhindern im Sommer eine Aufwärmung des Gebäudes und sorgen im Winter für eine zusätzliche Dämmung. So tragen sie zu einer Verbesserung des Innenraumklimas bei und führen zu Energieeinsparungen im Gebäude, die gleichzeitig dem Klimaschutz dienen.

Auch Maßnahmen zur **Flächenentsiegelung** und zur **Regenrückhaltung** können verschiedene Synergien aufweisen:

- Die Flächenentsiegelung ermöglicht nicht nur eine bessere Versickerung des Niederschlags bzw. den schnellen Abfluss von Spitzenniederschlägen, wodurch Überschwemmungen vermieden werden, sondern sie trägt über die großflächige Verdunstung auch zur Minderung von Wärmebelastungen bei.
- Maßnahmen zur Regenrückhaltung steigern die Freiraumqualität und verringern die Hitzebelastung. In Form offener Wasserflächen führen sie darüber hinaus zu ausgeglichenen Temperaturen und tragen schließlich auch zum Freizeitwert einer Stadt bei.

Begrünungsmaßnahmen, Maßnahmen zur Flächenentsiegelung und zur Regenrückhaltung weisen Synergieeffekte auf



Anhang

Literaturquellen

- ARGEBAU – Bauministerkonferenz (2008):
Bericht der Projektgruppe „Klimaschutz in der Bauleitplanung“, 21. Januar 2008. <http://www.is-argebau.de/>, Zugriff am 5.1.2010.
- Baugesetzbuch (BauGB) in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004, BGBl. I S. 2414, zuletzt geändert durch Artikel 4 ErbschaftssteuerreformG vom 24.12.2008, BGBl. I S. 3018.
- Benjamin, Michael T., Arthur M. Winer (1998):
Estimating the ozone-forming potential of urban trees and shrubs. *Atmospheric Environment*, Volume 32, Issue 1, S. 53–68.
- BMVBS/BBSR (Hrsg.) (2009):
Klimawandelgerechte Stadtentwicklung, Rolle der bestehenden städtebaulichen Leitbilder und Instrumente. BBSR-Online-Publikation Nr. 24/2009, S. 19–32.
- BMVBW (2003):
Planen und Bauen von Gebäuden in hochwassergefährdeten Gebieten. 4. aktualisierte Auflage, Bonn, Februar 2003.
- Bongardt, B. (2006):
Stadtklimatische Bedeutung kleiner Parkanlagen – dargestellt am Beispiel des Dortmunder Westparks. = Essener Ökologische Schriften, Band 24.
- Bruse, Michael (2003):
Stadtgrün und Stadtklima. LÖBF-Mitteilungen 1/03.
- DKKV (2003):
Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge e. V. (Hrsg.), Autoren: U. Grünewald, M. Kaltofen, S. Schümborg, B. Merz, H. Kreibich, T. Petrow, A. Thieken, W. Streitz, R. Dombrowsky: Hochwasservorsorge in Deutschland – Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet. Schriftenreihe des DKKV 29, Bonn, November 2003.
- Dütemeyer, D. (2000):
Urban-orographische Bodenwindssysteme in der städtischen Peripherie Kölns. = Essener Ökologische Schriften, 12.
- DWD (2009): Messnetzkarten. Offenbach/M., <http://www.dwd.de>.
- Eppel-Hotz, Angelika (2008):
Versickerungsaktive Pflanzflächen – Regenwasserbewirtschaftung mit Boden und Vegetation. In: *Garten + Landschaft* 9/08.
- Fleischhauer, Mark, Bornefeld, Benjamin (2006):
Klimawandel und Raumplanung. In: *RuR* 3/2006, S. 161–171.
- GALK (Gartenamtsleiterkonferenz des Deutschen Städtetages) (2006):
Straßenbaumliste 2006 – Beurteilung von Baumarten für die Verwendung im städtischen Straßenraum.
- Gorbachevskaya, O., Kappis, C. & Mählmann, J. (2009):
Mehr Grün im urbanen Raum. Mobile Vegetationsmatten zur Begrünung von Straßenbahngleisen. In: *Stadt + Grün* 3/2009, S. 58–61.
- Helbig, A., J. Baumüller, M. J. Kerschgens (Hrsg.) (1999):
Stadtklima und Luftreinhaltung. 2. Aufl., Berlin.
- Holz Müller, Katja (2009):
Natürlich Klimaschutz – Grüne Dächer in Düsseldorf: Finanzielle Förderung und quantitative Luftbildauswertung. In: *Dachbegrünung in der modernen Städtearchitektur*. Tagungsband: Internationaler Gründach-Kongress, S. 145–148. Berlin.
- IPCC (2007):
Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: *Klimaänderung 2007: Wissenschaftliche Grundlagen*. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC), Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor und H.L. Miller, Eds. Deutsche Übersetzung durch ProClim-, Österreichisches Umweltbundesamt, deutsche IPCC-Koordinationsstelle, Bern/Wien/Berlin.
- Kompatscher, Peter (2008):
Leitfaden zum naturnahen Umgang mit Regenwasser, Landesagentur für Umwelt, Amt für Gewässerschutz, Bozen (Hrsg.), Bozen.
- Kuttler, W. (2004):
Stadtklima – Teil 1: Grundzüge und Ursachen. In: *UWSF – Z Umweltchem Ökotox* 16 (4), S. 187–199.
- Mayer, H., Beckröge, W., Matzarakis, A. (1994):
Bestimmung von stadtklimarelevanten Luftleitbahnen. UVP-Report, 5, S. 265–268.
- Mitschang, Stephan (2009):
Klimaschutz und Energieeinsparung als Aufgaben der Regional- und Bauleitplanung. In: *Klimaschutz und Energieeinsparung in der Stadt- und Regionalplanung*, Stephan Mitschang (Hrsg.), Berliner Schriften zur Stadt- und Regionalplanung Band 7, Frankfurt am Main, S. 15–66.
- MUNLV/Miisterium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (1998):
Niederschlagswasserbeseitigung gemäß § 51a des Landeswassergesetzes. Runderlass d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft vom 18. Mai 1998, Düsseldorf.
- MUNLV (2009):
Anpassung an den Klimawandel. Eine Strategie für Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.
- Roloff, A., Bonn, S., Gillner, S. (2008):
Klimawandel und Baumartenwahl in der Stadt – als Straßenbäume geeignete Arten. *Allg. Forstzeitschrift/Der Wald* 63: S. 398–399.
- RVR (Regionalverband Ruhr) (2006):
Klimaanalyse Stadt Bottrop, Essen. Stock, Manfred (Hrsg.) 2005:
- KLARA – Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung. Potsdam Institute for Climate Impact Research, PIK Report 99, Potsdam.
- Upmanis, H., Eliasson, I. & Lindqvist, S. (1998):
The Influence of Green Areas on Nocturnal Temperatures in a High Latitude City (Goteborg, Sweden). *Int. Journal of Climatolgy* 18, S. 681–700.
- VDI (Verein deutscher Ingenieure) (2003):
VDI 3787, Blatt 5, *Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft*.
- Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie (2009):
Betonstraßen als Schutzschild gegen Hitze. Presseinformation 3. Juli 2009. www.zement.at.
- Weber, S., Kuttler, W. (2003):
Analyse der nächtlichen Kaltluftdynamik und -qualität einer stadtklima-relevanten Luftleitbahn. In: *Gefahrenstoffe – Reinhaltung der Luft* 63, S. 381–386.
- Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) (2008):
Städtebauliche Klimafibel Online.

Informationsquellen

DWD (1997): Starkniederschlagshöhen für Deutschland KOSTRA. Selbstverlag, Offenbach.

DWD (2005): KOSTRA-DWD-2000, Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951–2000), Grundlagenbericht. Selbstverlag, Offenbach (abgerufen am 02.10.2008: http://www.dwd.de/bvbw/generator/Sites/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU4/HM/Neuigkeiten/grundlagenbericht__pdf,templateld=raw,property =publicationFile.pdf/grundlagenbericht_pdf.pdf).

Hitzeportal Nordrhein-Westfalen: www.hitze.nrw.de.

Klimaatlas Deutschland:

- DWD (1999): Klimaatlas Bundesrepublik Deutschland – Teil 1. Offenbach/M.
- DWD (2001): Klimaatlas Bundesrepublik Deutschland – Teil 2. Offenbach/M.
- DWD (2003): Klimaatlas Bundesrepublik Deutschland – Teil 3. Offenbach/M.
- DWD (2006): Klimaatlas Bundesrepublik Deutschland – Teil 4. Offenbach/M.

Klimaatlas Ruhrgebiet:

<http://www.metropoleruhr.de/regionalverband-ruhr/umweltfreiraum/klima.html>.

Klimaatlas Nordrhein-Westfalen: MURL NRW (Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW, Hrsg.) (1989): Klimaatlas Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.

Messnetze:

- www.dwd.de
- www.meteoedia.ch

Strömungs-Energiebilanzmodell ENVI-met: www.envi-met.com.

Glossar

Anfälligkeit

Grad der Betroffenheit einer Region/eines Sektors von klimatischen Änderungen; die A. hängt ab von den zu erwartenden Klimaänderungen und der Sensitivität

Autochthone Wetterlage

Hochdruckwetter, austauscharme Strahlungswetterlage

Bergsenkungen

Geländeabschnitte, die in Folge intensiver unterirdischer Bergbauaktivitäten großflächig und meist um mehrere Meter abgesunken sind

Bodenerosion

Ablösung und Abtransport von Bodenteilchen an der Bodenoberfläche durch Wasser und Wind

Bodenversiegelung/Flächenversiegelung

Auf anthropogene Einflüsse zurückzuführende Bedeckung natürlicher Böden durch Abdichtung mit undurchlässigen Substanzen (z. B. Teer, Beton oder Gebäuden) oder durch extreme Verdichtung (z. B. durch Befahren); steigt durch fortschreitende Siedlungstätigkeit bzw. Nachversiegelung; greift in den natürlichen Wasserkreislauf ein: Die Infiltration des Niederschlagswassers nimmt bei zunehmendem Versiegelungsgrad ab, dadurch erhöht sich der Anteil des oberirdischen Abflusses bzw. verringert sich die Neubildung des Grundwassers

ENVI-met

An der Ruhr-Universität Bochum entwickeltes dreidimensionales prognostisches numerisches Strömungs-Energiebilanzmodell, das der Simulation der Wind-, Temperatur- und Feuchteverteilung in städtischen Strukturen dient (s. www.envi-met.com)

Evapotranspiration

Summe der Transpiration (Verdunstung aus Tier- und Pflanzenwelt) und Evaporation (Verdunstung aus dem Boden)

Frischlufthbahnen

s. Luftleitbahnen

Großwetterlage

Die mittlere Luftdruckverteilung eines Großraumes mindestens von der Größe Europas, die über einen mehrtägigen Zeitraum gleich bleibt; zur Charakterisierung werden die geographische Lage der Luftdruck-Steuerungszentren und die Lage der Erstreckung von Frontalzonen herangezogen

Grundwasserneubildung (Grundwassererneuerung)

Wassermenge, die dem Grundwasser aus der wasserungesättigten Bodenzone zusickert; ergibt sich als Differenz von der Niederschlagsmenge und der Wassermenge, die oberirdisch abfließt oder direkt über die Pflanzen verdunstet

Heiße Tage

Tage mit einem Temperaturmaximum von mindestens 30 °C

Hitzewelle

Folge von mindestens drei heißen Tagen

Kaltluftbahnen

s. Luftleitbahnen

Klimaprojektion

Langfristige Modellrechnungen für die Klimaentwicklung als Reaktion auf Emissionsszenarien; in der Regel werden gekoppelte Atmosphäre-Ozean-Modelle verwendet

Luftleitbahnen

Frischlufthbahnen, die Kaltluftentstehungsgebiete oder Frischluffflächen mit der Innenstadt verbinden

Kategorien von Luftleitbahnen (Weber & Kuttler 2003):

- Ventilationsbahnen gewährleisten einen Luftmassentransport unabhängig von der thermischen oder lufthygienischen Ausprägung.
- Kaltluftbahnen transportieren kühle, aber hinsichtlich der lufthygienischen Situation nicht näher spezifizierte Luftmassen.
- Frischlufthbahnen leiten lufthygienisch unbelastete, thermisch aber nicht näher differenzierte Luftmassen.

Mischwasserkanalisation

Kanalisation, die ein Gemisch aus häuslichem oder industriellem Abwasser mit Niederschlagswasser ableitet

Morbidity

Krankheitshäufigkeit in einer Bevölkerungsgruppe

Polder

Bergsenkungsgebiete, die aufgrund der eingetretenen Senkungen der Geländeoberfläche keinen freien Abfluss von Fließgewässern, Niederschlagswasser oder Abwässern unter Nutzung der Schwerkraft mehr besitzen.

Rohwasser

Unbehandeltes, aus einem Reservoir (Grundwasser, Oberflächenwasser) entnommenes Wasser vor der Aufbereitung und der Einspeisung ins Leitungsnetz

Sensitivität

Empfindlichkeit einer Region gegenüber den zu erwartenden Klimaänderungen; wird von den sozialen, ökonomischen und naturräumlichen Rahmenbedingungen vor Ort bestimmt

Sommertage

Tage mit einem Temperaturmaximum von mindestens 25 °C

Städtische Wärmeinsel

Phänomen der im Vergleich zum Umland höheren Luft- und Oberflächentemperaturen in Siedlungsgebieten

Stadtklima

Klimatische Effekte von Städten und Ballungsräumen

Starkregenereignisse

Mehr als fünf Liter Regen binnen fünf Minuten pro Quadratmeter

Trennkanalisation

Separate Abführung von häuslichem oder industriellem Abwasser und Niederschlagswasser

Ventilationsbahnen

s. Luftleitbahnen

Verdunstung

Energieaufwendiger Übergangsprozess des Wassers von einem flüssigen Zustand in Dampf; die dazu benötigte Energie wird der Flüssigkeit entzogen und senkt dadurch die Temperatur (Verdunstungskälte)

Impressum

Herausgeber:

Ministerium für Klimaschutz
Umwelt, Landwirtschaft,
Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen

Fachredaktion:

Referat VII B-1: Raumordnung und Landesplanung,
Flächenverbrauch, Klimaanpassung

Bearbeitung:

Dr. Monika Steinrücke, Regionalverband Ruhr

Dr. Dirk Düttemeyer, Abt. Angewandte Klimatologie und
Landschaftsökologie der Universität Duisburg-Essen

Dipl.-Ing. Jens Hasse, Forschungsinstitut für Wasser- und
Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen

Dipl.-Ing. Cornelia Rösler und Dipl.-Ing. Vera Lorke,
Deutsches Institut für Urbanistik

Bildnachweise:

RVR/Regionalverband Ruhr (15, 16, 31/u., 33/o., 34/o.l., 36/o., 37/l., 38/o.,
39/u., 40), www.hitze-nrw.de (36/u.), www.bauenwohnenimmobilien.at
(44/o.), Volker Prasuhn (47/u.), Stadt Balingen (51/o.), Okapia
KG/fotofinder.com (51/u.), Aktivnews/Hartmut Weber (53/o.),
Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (53/u.), www.anpassung.net (54/o.)

@fotolia: anweber (9), KKrüger (10), Dieter Brockmann (12/l.), bilderbox
(12/r.), Arpad (14), geophis (22), fluxart (23/l.), Udo Ingber (62/r.)

@istock.com: adisa (21), Gerville (31/o.), image_of_life (37/o.), donkeyru
(39/o.), Burton0215 (41/u.), laclower (42/o.), Petegar (42/u.), Phaif
(43/o.), Ideeone (43/u.), fotolinchen (46/o.), YinYang (46/u.), stoffies
(49/u.), constantgardener (50/o.), GarysFRP (50/u.), tiamtic (54/u.),
Pablo Hart (55)

@Photocase: himbeertoni (Titel/o.l., 13), mamamah (Titel/u.l.), ohneski
(61), rolleyes (63/l.)

@Panthermedia: Dieter B. (Titel/r.), Hans-Jürgen Hermann (7), Andreas
M. (11/l.), Günter F. (11/r.), Andreas Herrmann (17), Harald R. (18), Martina
Heggie (23/r.), Philipp S. (38/u.), N.H. (44/u.), Martin K. (45/o., 68), Dirk
L. (45/u.), Achim G. (62/l.), Liane Matrisch (63/r.)

Gestaltung:

steinrücke+ich gmbh, Köln

Druck:

mediateam, Erftstadt

Stand:

Januar 2011

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Nordrhein-Westfalen herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlbewerbern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags- und Kommunalwahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Schwannstraße 3
40476 Düsseldorf
www.klimawandel.nrw.de



Das Projekt „Handbuch Stadtklima“ ist Teil der Anpassungspolitik des Landes Nordrhein-Westfalen und wurde mit Mitteln des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen finanziert. Weitere Informationen zum Thema Anpassung an den Klimawandel sowie die Anpassungsstrategie des Landes Nordrhein-Westfalen finden Sie im Internet unter: www.klimawandel.nrw.de.