

Analyse der Wirkung politischer Instrumente zur Steigerung der betrieblichen Energieeffizienz auf Basis der Verbrauchsdaten von 103 mittelständischen Unternehmen

Lukas Feldmeier

Herausgeber:

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH
Döppersberg 19
42103 Wuppertal
www.wupperinst.org

Autor:

Lukas Feldmeier
feldmeier@energieimpulse-nuernberg.de

Diese Masterarbeit ist in Zusammenarbeit des Wuppertal Instituts mit dem RKW Kompetenzzentrum, Eschborn und der Universität Koblenz-Landau entstanden.

Wuppertaler Studienarbeiten zur nachhaltigen Entwicklung

Das Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie erforscht und entwickelt Leitbilder, Strategien und Instrumente für Übergänge zu einer nachhaltigen Entwicklung auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene. Im Zentrum stehen Ressourcen-, Klima- und Energieherausforderungen in ihren Wechselwirkungen mit Wirtschaft und Gesellschaft. Die Analyse und Induzierung von Innovationen zur Entkopplung von Naturverbrauch und Wohlstandsentwicklung bilden einen Schwerpunkt seiner Forschung.

In dieser Reihe werden herausragende wissenschaftliche Diplom-, Master- oder Staatsexamensarbeiten publiziert, die im Rahmen der Nachhaltigkeitsforschung am Wuppertal Institut entstanden. Die Arbeiten wurden hier in Kooperation mit Hochschulen betreut, von den Universitäten angenommen und hervorragend bewertet.

Das Wuppertal Institut versteht die Veröffentlichung als wissenschaftliche Vertiefung des gesellschaftlichen Diskurses um den Übergang in eine nachhaltige Wirtschafts- und Lebensweise.

Wuppertal, August 2019

ISBN 978-3-946356-15-8

Dieses Werk steht unter der Lizenz

Creative Commons Namensnennung-NichtKommerziell-KeineBearbeitung 4.0 International.

Die Lizenz ist abrufbar unter <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Vorwort

Das Ziel der deutschen Klimapolitik liegt darin, bis zum Jahr 2030 die Emissionen der Treibhausgase um 55% gegenüber dem Stand von 1990 zu senken und bis zum Jahr 2050 eine treibhausgasneutrale Gesellschaft zu erreichen. Dass die Umsetzung dieser Ziele sehr herausfordernd ist, lässt sich unter anderem daran erkennen, dass in den letzten Jahren die Ziele zur Reduktion des Strom- und Primärenergieverbrauchs sowie der Steigerung der Energieproduktivität nicht erreicht werden konnten. Um die zukünftigen Ziele für 2030 und 2050 erreichen zu können, sind wirksame Politikinstrumente unabdingbar, die an verschiedenen Ebenen und Sektoren ansetzen und so einen zielführenden Politikinstrumentenmix ergeben.

Der Energieeffizienz kommt in diesem Zusammenhang eine besondere Stellung zu – die beste Energie ist immer noch die, die gar nicht erst verbraucht wird. Energieeinsparungen können an verschiedenen Stellen der Wertschöpfungskette erzielt werden: bei der Energiebereitstellung, bei der Energieübertragung und -verteilung, sowie auf der Energienachfrageseite.

Große Innovationspotenziale und Marktchancen sind in all diesen Bereichen vorhanden. Mit Unterstützung geeigneter Politik und ausgewogener Maßnahmen können diese auch erschlossen werden. Vor allem zur Energieeffizienz auf der Nachfrageseite forscht das Wuppertal Institut und berät Regierungen sowie andere Institutionen und Organisationen auf wissenschaftlicher Basis. So ist das Wuppertal Institut beispielsweise an der Nationalen Top-Runner Initiative beteiligt, die ein wichtiger Baustein im Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz darstellt.

Der Nationale Aktionsplan Energieeffizienz (NAPE), der die strategische Ausrichtung der nationalen Energieeffizienzpolitik vorgibt, wurde auf Bundesebene im Jahr 2014 verabschiedet. Der NAPE verfolgt drei grundsätzliche Zielsetzungen:

- die Energieeffizienz im Gebäudesektor zu erhöhen,
- die Energieeffizienz als Rendite- und Geschäftsmodell zu etablieren,
- die Eigenverantwortlichkeit für Energieeffizienz zu steigern.

Dabei fokussiert der NAPE nicht auf eine bestimmte Zielgruppe, sondern möchte alle gesellschaftlichen Akteure – Verbraucher, Unternehmen, Kommunen – zu mehr Energieeffizienz motivieren. Dies soll sich für die Akteure, insbesondere für die Unternehmen, auch lohnend auszahlen. Einerseits sparen die Unternehmen mit gesteigerter Energieeffizienz Emissionen ein, tragen damit zum Klimaschutz bei und machen andererseits ihr Unternehmen so fit für die Zukunft. Dies gilt nicht nur für große Konzerne, sondern insbesondere auch für kleine und mittlere Unternehmen (KMU).

Der große deutsche Mittelstand wird als Wirtschafts- und Innovationsmotor der deutschen Wirtschaft angesehen und kann durch eine Steigerung der Energieeffizienz einen entscheidenden Beitrag zur deutschen Energiewende und damit zum Klimaschutz leisten. Gleichzeitig stärken die KMU mit ent-

sprechenden Effizienzmaßnahmen ihre Wettbewerbsfähigkeit. Dazu muss natürlich das Wissen vorhanden sein, wo und wie sinnvoll in Maßnahmen investiert werden kann.

Genau hier setzt ein Politikinstrument des NAPE an: Bei Inanspruchnahme der Energieberatung Mittelstand untersuchen qualifizierte Experten wie viel Energie das jeweilige Gebäude, die Betriebsabläufe und Anlagen verbrauchen. Die Unternehmen erhalten Vorschläge und Empfehlungen für konkrete Maßnahmen, mit denen sie wirtschaftlich Energie einsparen bzw. Abwärme nutzen können. Bis zu 80% der Kosten werden dabei im Rahmen dieses Programms vom Bund getragen.

Vor diesem Hintergrund untersucht Herr Feldmeier in seiner Masterarbeit die Wirksamkeit politischer Instrumente zur Steigerung der Energieeffizienz auf Ebene der Klein- und Mittelständischen Unternehmen. Nachdem Herr Feldmeier überzeugend darlegen kann, warum Energieeffizienz in Unternehmen sowohl aus wirtschaftspolitischer als auch volkswirtschaftlicher Sicht von hoher Bedeutung ist, kann er anhand eines Datensatzes, der ihm vom RKW Kompetenzzentrum in Eschborn zur Verfügung gestellt wurde sowie einer eigenen Folgerhebung, die Wirkung verschiedener Instrumente wie Energieberatungen, Fördermitteln, Managementsystemen und Energiepreisveränderungen auf die Energieeffizienz erforschen.

Das Ergebnis seiner Auswertung lässt aufhorchen, da ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Inanspruchnahme von Fördermitteln, Beratungsleistungen und Managementsystemen und der Steigerung der Energieeffizienz in den Unternehmen nicht gezeigt werden konnte. Auch wenn man alle Unsicherheiten sowie die nicht repräsentative Anzahl an Unternehmen berücksichtigt, lässt sich daraus doch die Notwendigkeit schließen, Trittbrettfahreffekte zu reduzieren. Die Arbeit macht deutlich, dass die Politik schneller reagieren und vor allem ihre unternehmensbezogenen Programme in kürzeren Abständen auf den neuesten Stand der Technik anpassen muss, um die gesetzten Klimaschutzziele zu erreichen.

Wuppertal, im Juli 2019

Maike Venjakob

Abteilung Energie-, Verkehrs- und Klimapolitik
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH

Danksagung

Herzlich bedanken möchte ich mich zuerst bei meinem Betreuer Professor Oliver Frör von der Universität Koblenz-Landau und meiner Betreuerin Maïke Venjakob vom Wuppertal Institut für die vielen wertvollen Anregungen. Eine besondere Würdigung gebührt Dr. Kai Morgenstern vom RKW Kompetenzzentrum in Eschborn für die Bereitstellung der Rohdaten und die Unterstützung bei der Erstkontaktierung der Unternehmen. Weiterhin danke ich Johannes Thema und Florin Vondung für die engagierte Unterstützung bei quantitativen Fragestellungen und Dr. Stefan Thomas für die punktuelle Begleitung der Arbeit von Beginn an sowie allen anderen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Wuppertal Instituts, die mir mit Anregungen zur Seite standen. Schließlich möchte ich den rund 150 Unternehmen und ihren zuständigen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die sich unentgeltlich an meiner Erhebung beteiligt haben, meinen Dank aussprechen.

Abstract

The purpose of the present thesis is to find out which political instruments like subsidized and obligatory energy consultings, grants for more efficient plants or higher prices have an impact on the energy efficiency of companies.

The study is based on an analysis of the question if and why energy efficiency should be considered as an independent goal as opposed to a classification as a means to the end of climate protection.

For the subsequent quantitative analysis, data from the project *Energieeffizienz Impulsgespräche* of the *Rationalisierungs- und Innovationszentrum der Deutschen Wirtschaft (RWI) e.V.* for the period between 2011 and 2013 is used and compared with newly generated data from 2017 for the same enterprises. For this purpose, a difference-in-differences-approach is used. The results show that while other variables – with the exception of the total volume of sales - don't improve energy efficiency at all or at least not significantly, prices at least partly show a positive impact on energy efficiency. As a consequence, the author is recommending a stronger focus on market-based instruments in energy efficiency politics.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit verfolgt die Zielsetzung, den Beitrag verschiedener politischer Handlungsoptionen zur Steigerung der betrieblichen Energieeffizienz zu ermitteln.

Eingangs wird aufgezeigt, inwieweit die Steigerung der Energieeffizienz aufgrund ihrer vielfältigen Vorteile eine Einstufung als eigenständige Zielgröße rechtfertigt im Gegensatz zu einer bloßen Betrachtung als Mittel zum Zweck des Klimaschutzes.

Für die anschließende quantitative Analyse wurden Daten aus dem Projekt *Energieeffizienz Impulsgespräche* des Rationalisierungs- und Innovationszentrums der Deutschen Wirtschaft (RWI) e.V. aus den Jahren 2011 bis 2013 mit eigens für diese Arbeit erhobenen Daten von 2017 für dieselben Unternehmen verglichen. Zu diesem Zweck wird ein difference-in-differences-Ansatz genutzt. Im Ergebnis erweisen sich Preise im Gegensatz zu anderen Maßnahmen wie Energieberatungen, Fördermitteln und Energiemanagementsystemen als zumindest teilweise wirksame Einflussgröße für die Energieeffizienz. Der Autor empfiehlt auf dieser Basis eine stärker marktwirtschaftlich ausgerichtete Effizienzpolitik.

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis von Abkürzungen, Einheiten und Symbolen	IX
Tabellenverzeichnis	XI
Abbildungsverzeichnis	XI
1 Einleitung	1
2 Energieeffizienz - ein Thema für die Politik?	4
2.1 Umweltökonomische Grundlagen und die europäische Klimapolitik	4
2.1.1 <i>Neoklassik: Theorie der externen Effekte</i>	4
2.1.2 <i>Europäische Klimapolitik und Zieltrias-Kontroverse</i>	6
2.2 Externe Effekte des Energiesystems neben Treibhausgasemissionen	8
2.3 Betriebliche Hemmnisse – die Energieeffizienz-Lücke	10
2.4 Strategische und makroökonomische Vorteile erhöhter Energieeffizienz	13
2.5 Rebound-Effekte als Risiko gesteigerter Energieeffizienz	15
3 Analyse bestehender Instrumente zur Förderung der betrieblichen Energieeffizienz	18
3.1 Kriterien	18
3.2 Energieberatungen	19
3.3 Energiemanagementsysteme	24
3.4 Förderprogramme	27
3.5 Preisanreize	33
4 Empirische Analyse von Verbrauchsdaten mittelständischer Betriebe	37
4.1 Hypothesen	37
4.2 Methodik	38
4.2.1 <i>Vorgehensweise</i>	38
4.2.2 <i>Datenbasis</i>	38
4.2.3 <i>Messinstrument</i>	39
4.2.4 <i>Statistisches Modell</i>	40
4.2.5 <i>Datenanalyse</i>	48
4.3 Ergebnisse	50
4.3.1 <i>Basismodell</i>	50
4.3.2 <i>Variation der Unternehmensauswahl</i>	52
4.4 Interpretation der erhaltenen Ergebnisse	55
4.5 Restriktionen und weiterer Forschungsbedarf	58

5	Empfehlungen für die Energie- und Klimapolitik	63
5.1	Reformierung bestehender Beratungsprogramme	63
5.2	Begrenzung von Fördermitteln	68
5.3	Stärkung marktwirtschaftlicher Elemente	69
6	Klima- und effizienzpolitischer Ausblick	73
7	Literaturverzeichnis	74
8	Anhang	84
8.1	Grafische Ausreißer-Ermittlung	84
8.2	Fragebogen (ohne Briefkopf und Anschreiben)	84

Verzeichnis von Abkürzungen, Einheiten und Symbolen

AG Energiebilanzen	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen
AG f. sparsamen Energieverbrauch	Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BfEE	Bundesstelle für Energieeffizienz
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
C.A.R.M.E.N	Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk
dena	Deutsche Energie-Agentur
DEnBAG	Deutsche Energie-Berater und -Auditoren Gesellschaft
DIHK	Deutsche Industrie- und Handelskammer
DIN	Deutsches Institut für Normung
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DWD	Deutscher Wetterdienst
Edl-G	Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EHS	Emissionshandelssystem
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
EN	Europäische Norm
EnergieStG	Energiesteuergesetz
EU	Europäische Union
FÖS	Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft
Fraunhofer IPA	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
Fraunhofer ISE	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme
Fraunhofer ISI	Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung
IBS	Ingenieurbüro für Haustechnik Schneider
Ifeu	ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
IREES	Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien
ISO	International Organization for Standardization
IW	Institut der Deutschen Wirtschaft
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung

LED	light-emitting diode (Leuchtdiode)
NABU	Naturschutzbund
NACE	Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne
PV	Photovoltaik
PwC	PricewaterhouseCoopers
QST	Querschnittstechnologien
RKW	Rationalisierungs- und Innovationszentrum der Deutschen Wirtschaft e.V. Kompetenzzentrum
Rm	Raummeter
SpaefV	Spitzenausgleicheffizienzsystem-Verordnung
Srm	Schüttraummeter
StromStG	Stromsteuergesetz
TWh	Terawattstunde(n)
UBA	Umweltbundesamt
VIF	Varianzinflationsfaktor
WWF	World Wide Fund

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Nach DIN EN ISO 50001 zertifizierte Unternehmen (ISO, 2019)-----	28
Tabelle 2 Vergleich der Einsparungen und Kosten unterschiedlicher Instrumente-----	33
Tabelle 3 Datenbasis 2011-2013-----	40
Tabelle 4 Datenbasis 2016-2017-----	40
Tabelle 5 Übersicht erklärender Variablen-----	45
Tabelle 6 Darstellung deskriptiver Kennzahlen-----	50
Tabelle 7 Regressionsergebnisse Basismodell-----	52
Tabelle 8 Regression für den Fall energiekostenintensiver Unternehmen-----	55

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Marktsituation mit externen Effekten mit und ohne Pigou-Steuer-----	5
Abbildung 2 Schätzverfahren für Vergangenheitspreise von Strom bzw. Strom und Wärme ---	46
Abbildung 3 Schätzung Vergangenheitspreise der Heizenergieträger -----	47

1 Einleitung

Lukas Feldmeier

Der deutsche „Jahrhundert-Sommer“ des Jahres 2018 mit spektakulären Hitzeperioden und heftigen Stürmen schon im Mai sowie der extrem lang anhaltenden Trockenheit führte der Bevölkerung zweierlei vor Augen:

- 1 | Der Klimawandel ist real und
- 2 | Er ist in Mitteleuropa angekommen (Carstens, 2018).

Weltweit aber ganz besonders auch in Deutschland spielt der Energiesektor bei der Erderwärmung eine bedeutende Rolle. Energiebedingte Emissionen inklusive des Verkehrssektors machen etwa 85 Prozent der deutschen Treibhausgas-Emissionen aus (Umweltbundesamt [UBA], 2018d). Es liegt daher nahe zur Bekämpfung des Klimawandels vor allem bei den energiebedingten Emissionen anzusetzen. Diese lassen sich grundsätzlich sowohl durch klimafreundlichere und effizientere Energieumwandlung als auch durch die Senkung des „Verbrauchs“ reduzieren.^{1 2} Energieumwandlung umfasst alle Prozesse ausgehend von der in Rohstoffen (z.B. Erdöl) oder regenerativen Energiequellen (z.B. Sonnenstrahlung) gebundenen Primärenergie bis hin zur Nutzenergie (z.B. Raumwärme). Die wichtigste, wenn auch nicht die einzige, erzeugungsseitige Möglichkeit zur Senkung der Emissionen besteht im Einsatz erneuerbarer Energien. Demgegenüber widmet sich die vorliegende Arbeit der Steigerung der Energieeffizienz auf der Nutzerseite inkl. der Umwandlungsprozesse in den Anlagen der Verbraucher wie z.B. Heizkesseln. Energieeffizienz wird im Rahmen dieser Arbeit daher meist als *Endenergieeffizienz* aufgefasst. *Endenergie* oder *Sekundärenergie* ist nach einer von der Bundesregierung (o.J.) bereitgestellten Beschreibung „die Energie, die aus der Primärenergie durch Umwandlung gewonnen wird. Dabei wird die Primärenergie in eine Form umgewandelt, die der Verbraucher nutzen kann.“ Während Energieeffizienz allgemein das Verhältnis von erhaltenem Nutzen und aufgewendeter Energie beschreibt *Endenergieeffizienz bzw. deren Steigerung* nach einer Definition des Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energies (2008, S. 3) „weniger Endenergie für dasselbe Maß an Mobilität bzw. Energieanwendung zu verbrauchen, also eine Energieeinsparung bei gleichem Energie- und Mobilitätsnutzen.“ Betont werden soll an dieser Stelle bereits, dass eine Steigerung der Energieeffizienz nicht gleichzusetzen ist mit absoluter Energieeinsparung, sondern nur mit einer Verbrauchsreduktion bei *gleichbleibendem* Output. Durch *Wachstumseffekte* (Wachstum des Outputs *ohne* primären Zusammen-

¹ Ein *Energieverbrauch* existiert nach dem im Ersten Hauptsatz der Thermodynamik enthaltenen Energieerhaltungssatz genauso wenig wie eine *Energieerzeugung* (Cerbe and Wilhelms (2013)). Aus Vereinfachungsgründen werden diese beiden gängigen Begriffe dennoch im Folgenden ohne Anführungszeichen benutzt.

² Aus Platzgründen wird die dritte potenzielle Methode zur Senkung des Eintrags von CO₂-Emissionen in die Atmosphäre - die CO₂-Speicherung - hier nicht vertieft.

hang mit der Entwicklung der Energieeffizienz) wie auch in die in 2.5 beschriebenen *Rebound-Effekte* (Wachstum des Outputs *aufgrund* gesteigerter Energieeffizienz) (UBA, 2016c), können sich Energieeffizienz und absoluter Verbrauch in unterschiedlichem Ausmaß verändern oder auch gegenläufig entwickeln. Energieeffizienz wird in der späteren empirischen Analyse mit dem Quotienten aus Umsatz und Energieverbrauch operationalisiert.

Wenngleich der deutlich stärkere politische Fokus im Rahmen der deutschen Energiewende auf dem Umbau der Energieversorgung hin zu regenerativen Energiesystemen liegt, hat sich die Bundesregierung auch für die Steigerung der Energieeffizienz und die Senkung des Energieverbrauchs einige konkrete Ziele gesetzt. Diese lauten:

- Reduktion des Primärenergieverbrauchs um 20% bis zum Jahr 2020 und um 50% bis zum Jahr 2050, jeweils gegenüber 2008.
- Senkung des Stromverbrauchs um 10% bis 2020 und um 25% bis 2050 gegenüber 2008.
- Erhöhung der Energieproduktivität um durchschnittlich 2,1 % p.a. gegenüber 2008 bezogen auf den Endenergieverbrauch.
- Senkung des Wärmebedarfs in Gebäuden um 20% bis zum Jahr 2020 gegenüber 2008 (bezogen auf die Endenergie).
- Verdoppelung der energetischen Sanierungsrate von 1 % auf 2 % mit dem Ziel eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands im Jahr 2050 (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie [Bayer. Staatsmin. f. Wirtschaft], 2014).
- Reduktion des Primärenergiebedarfs in Gebäuden um 80 % bis 2050 gegenüber 2008 (FIZ Karlsruhe - Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur GmbH [FIZ Karlsruhe], 2017).

Die tatsächliche Entwicklung kann mit diesen ambitionierten Zielen aber nicht Schritt halten. Der Netto-Stromverbrauch lag im Jahr 2016 immer noch bei 516 Terawattstunden (TWh) gegenüber 524 TWh in 2008, was einer Reduktion um gerade einmal 1,6% entspricht (UBA, 2018h). Die Sanierungsquote verharrt seit Jahren bei unter einem Prozent, ohne dass sich eine klar positive Entwicklung abzeichnet (Deutsche Energie-Agentur [dena], 2017). Nur unwesentlich besser sieht es beim Primärenergieverbrauch mit einem Rückgang von 6% zwischen 2008 und 2017 aus (UBA, 2019b). Das niedrige Tempo spiegelt sich auch in der Steigerung der Energieproduktivität, dem Quotienten aus Bruttoinlandsprodukt und Primärenergieverbrauch, wider: Diese lag zwischen 2008 und 2017 durchschnittlich nur bei 1,15% statt der angepeilten 2,1% (UBA, 2018e). Schließlich verzeichnet der Gebäudebereich ebenfalls nur eine Endenergie-Einsparung von gut 6% zwischen 2008 und 2016 für die Bereitstellung von Wärme, Kühlung, Warmwasser und Beleuchtung (UBA, 2018f). Deutschland hinkt seinen eigenen Ansprüchen bei der Steigerung der Energieeffizienz also deutlich hinterher.

Vor dem Hintergrund dieser Lücke zwischen Anspruch und Wirklichkeit soll die vorliegende Arbeit die Wirksamkeit verschiedener politischer Instrumente zur Steigerung der Energieeffizienz in Unternehmen untersuchen.

Im zweiten Kapitel soll aus wirtschaftstheoretischer und –politischer Sicht analysiert werden, inwiefern Energieeffizienz in Unternehmen überhaupt ein Thema von politischer und gesellschaftlicher Relevanz ist, seine Bedeutung also die betriebswirtschaftlichen Grenzen überschreitet. Im dritten Kapitel werden verschiedene Instrumente zur Förderung der betrieblichen Energieeffizienz aus theoretischer und empirischer Sicht beleuchtet. Im vierten Kapitel erfolgt die Darstellung einer Regressionsanalyse zur quantitativen Überprüfung der Wirksamkeit dieser Instrumente bei der Energieeffizienzsteigerung in vornehmlich mittelständischen Unternehmen. Die Ergebnisse werden interpretiert und münden im fünften Kapitel in Schlussfolgerungen für die politische Debatte sowie Empfehlungen für die politischen Entscheidungsträger.

2 Energieeffizienz - ein Thema für die Politik?

Im Verlauf dieses Kapitels soll hergeleitet werden, inwieweit die Steigerung der Energieeffizienz keine rein private, sondern auch eine politische Aufgabe ist. Hierzu werden zunächst die für die weitere Diskussion wichtigen umweltökonomischen Grundlagen und die beiden Säulen der europäischen Klimapolitik dargestellt (2.1). In den folgenden Unterkapiteln (2.2 – 2.4) werden Gründe aufgeführt, die für eine explizite Verfolgung der Energieeffizienz als eigenständiges politisches Ziel sprechen – im Gegensatz also zur Betrachtung von Energieeffizienz lediglich als Mittel zum Zweck des Klimaschutzes. In 2.5 wird schließlich das Phänomen des *Rebound-Effekts* erläutert, das die Wirksamkeit von Energieeffizienz bei der Senkung des Energieverbrauchs einschränkt.

2.1 Umweltökonomische Grundlagen und die europäische Klimapolitik

2.1.1 Neoklassik: Theorie der externen Effekte

Die Erzeugung von Energie durch die Verbrennung fossiler Rohstoffe sowie in geringerem Maße auch durch die Nutzung regenerativer Energiequellen führt zu umwelt- und klimaschädlichen Emissionen bzw. anderen negativen ökologischen Auswirkungen, die von der Allgemeinheit, späteren Generationen, einzelnen Bevölkerungsgruppen oder/und der Natur im In- und Ausland, also nicht von den Verursachern³ –Produzenten oder Konsumenten - zu tragen sind. Dieses Phänomen wird als externer Effekt bezeichnet.⁴

Das Vorliegen externer Effekte führt dazu, dass ein aus volkswirtschaftlicher Sicht zu hohes Produktionsniveau erreicht wird. Eine Gegenmaßnahme besteht in der Einführung einer Steuer auf die Produkte, bei deren Erstellung die Externalität entsteht, in der Höhe des externen Effekts. Durch die Einführung einer solchen nach ihrem Erfinder benannten Pigou-Steuer wird die Produktionsmenge wieder auf ihr gesellschaftliches Optimum zurückgefahren (Wigger, 2004). Die beiden Situationen sind in Abbildung 1 dargestellt.

³ Aus Gründen der Lesbarkeit wird auf die Verwendung der weiblichen Formen verzichtet. Bei den Bezeichnungen sind alle Geschlechter inbegriffen.

⁴ Eine allgemeinere Definition liefert Wigger (2004, S. 52): „Ein externer Effekt ist eine ökonomische Aktivität, die sich außerhalb marktvermittelter Interdependenzbeziehungen entfaltet. Ein externer Effekt hat keinen Preis.“

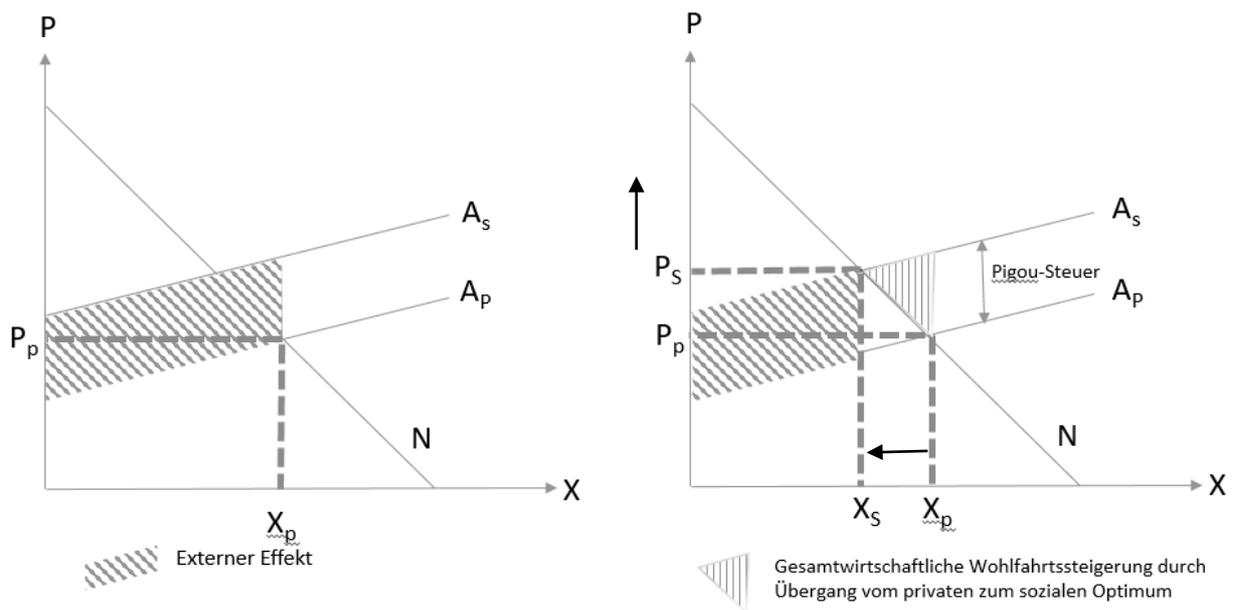


Abbildung 1 Marktsituation mit externen Effekten mit und ohne Pigou-Steuer

Eigene Darstellung in Anlehnung an Wigger (2004, S. 55–57).

Anmerkung:

P= Preis, X=Menge

P_p = Preis ohne Pigou-Steuer

P_s = Preis bei Vorliegen einer Pigou-Steuer

X_p = Produktionsniveau ohne Pigou-Steuer

X_s = Produktionsniveau ohne Pigou-Steuer

A_p = Angebotskurve ohne Vorliegen einer Pigou-Steuer

A_s = Angebotskurve bei Vorliegen einer Pigou-

N= Nachfragekurve

Steuer

In der Abbildung werden Marktsituationen mit und ohne Pigou-Steuer dargestellt. Wird diese nicht erhoben, ignorieren Produzenten und Konsumenten die externen Effekte. Die Angebotskurve bildet die privaten Grenzkosten ab, die Nachfragekurve den privaten Grenznutzen. Im Ergebnis kommt es zu einem ineffizient hohen Produktionsniveau X_p zu Preisen von P_p . Im zweiten Fall wird nun eine Pigou-Steuer in Höhe des externen Effekts erhoben. Diese fällt beim Hersteller pro produzierter Einheit an. Dieser addiert die Steuer zu seinen privaten Grenzkosten, es entsteht eine aggregierte Angebotskurve als Summe aus privaten Grenzkosten und der Steuer. Daraus resultiert ein höherer Preis P_s und ein niedrigeres Produktionsniveau X_s (Wigger, 2004).

Durch bestehende Steuern und Abgaben (wie z.B. Energiesteuergesetz und Stromsteuergesetz) wird bereits im heutigen Steuer- und Abgabensysteme ein Teil dieser externen Effekte *internalisiert*. Diese Internalisierung folgt jedoch

keiner systematischen Logik noch erhebt sie den Anspruch auf Vollständigkeit. Die Verbrennung von Rohstoffen wird weder konsequent nach CO₂-Emissionen noch nach Energieverbrauch noch nach einem sonstigen nachvollziehbaren Kriterium besteuert. So wird die Stromerzeugung beispielsweise von der Energiesteuer freigestellt und dann separat und unabhängig von der zugrunde liegenden Energiequelle besteuert – obwohl die Höhe der externen Effekte von eben dieser Energiequelle abhängt, wie beispielsweise das Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft gezeigt hat (Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft [FÖS], 2012). Zum anderen existieren in den verschiedenen Sektoren – Strom, Wärme und Verkehr – völlig unterschiedliche Steuersätze, die ebenfalls nicht oder höchstens ansatzweise auf die externen Effekte der Nutzung zurückzuführen sind (Institut der Deutschen Wirtschaft [IW], 2018).

Eine vollständige Internalisierung externer Effekte über erhöhte Steuersätze in der Höhe der externen Effekte ist prinzipiell möglich. In diesem Falle würde eine Energieumwandlung nur dann stattfinden, wenn deren wirtschaftlicher Nutzen die ökonomischen (internen) und ökologischen sowie weiteren externen Kosten mindestens aufwiegt. Ein Zustand ökonomischer Effizienz wäre erreicht – sofern von den in 2.3 diskutierten Hemmnissen abgesehen werden kann. Grenzen dieses Ansatzes werden im folgenden Unterkapitel besprochen.

2.1.2 Europäische Klimapolitik und Zieltrias-Kontroverse

Die Internalisierung externer Effekte über eine Pigou-Steuer stellt nach neoklassischer Theorie einen effizienten Zustand her, gewährleistet aber nicht die Erreichung bestimmter ökologischer Ziele (Rahmeyer, 1997). Insbesondere die durch den Klimawandel entstehenden irreparablen Schäden am Ökosystem und die gewaltigen damit einhergehenden Umwälzungen wie Artensterben, dauerhafte Überschwemmungen ganzer Inseln und Dürren usw. lassen sich zudem nur sehr schwer oder auch gar nicht monetär beziffern. Selbst wenn es gelänge, die massiven wirtschaftlichen Schäden durch den Klimawandel halbwegs seriös zu bewerten, so entstehen unweigerlich ethische Konflikte bei der Bewertung einer sehr großen Zahl von Toten und Erkrankten insbesondere in Entwicklungsländern (Global Humanitarian Forum, 2009) oder aufgrund des Aussterbens von Tier- und Pflanzenarten im Falle eines ungebremsten Klimawandels (World Wide Fund - United Kingdom [WWF], 2018). Es erscheint vor diesem Hintergrund naheliegend, anstelle einer Beschränkung auf die Bezifferung der externen Effekte und der Einführung einer Steuer in dieser Höhe ökologische Emissions-Obergrenzen als Ziel zu setzen und diese auf möglichst effiziente Weise zu erreichen. Diese Herangehensweise liegt dem europäischen Emissionshandel zugrunde. Dennoch werden die im Rahmen der internationalen, europäischen und nationalen Politik eingeführten bzw. diskutierten Emissions-Oberziele in dieser Arbeit nicht als Widerspruch, sondern als Ergänzung zur neoklassischen Begrifflichkeit der externen Effekte gesehen. Denn: Das Einhalten von Oberzielen eliminiert die externen Effekte keineswegs, es soll sie lediglich auf ein beherrschbares Maß begrenzen.

Durch die Einführung von handelbaren Zertifikaten, deren Besitz beim Ausstoß von CO₂ zwingend in entsprechender Höhe nachzuweisen sind, sollen Emissionen dort eingespart werden, wo dies mit den geringsten Kosten verbunden ist. In der Realität bezieht der Emissionshandel jedoch nur ca. 45% der Klimagase in der EU (Stromerzeugung, Flugverkehr innerhalb der EU, größere industrielle Prozesse und Anlagen) ein (UBA, 2018c). Die übrigen rund 55% (Verkehr, Gebäude, Landwirtschaft, Müll) sind Gegenstand der nationalen Regulierung (European Commission, o.J.). Die bisherige Wirkung des Emissionshandelssystems (EHS) kann überdies angezweifelt werden. Seit dem Jahr 2009 lagen die dem EHS unterliegenden Emissionen jeweils deutlich unterhalb der durch den EHS vorgegebenen Obergrenze. Bereits im Jahr 2014 wurde die Obergrenze des Jahres 2020 eingehalten. Das Umweltbundesamt kommentiert: „Damit haben sich das Cap und die Emissionen im EU-EHS strukturell auseinanderentwickelt.“ (UBA, 2018c) Wenn aber die Obergrenze durch den Emissionshandel aufgrund der Auseinanderentwicklung für die Begrenzung des tatsächlichen Emissionsniveaus nicht maßgeblich ist, können nationale Maßnahmen zur Senkung von Treibhausgasen, die dem EHS unterliegen, weiterhin Wirkung zeitigen. Überdies erstreckt sich die Relevanz nationaler Klimaschutzpolitik auf die nicht dem Emissionshandel unterworfenen Bereiche.

Beschränkt man sich auf die klimawirksamen Effekte des Energiesystems, stellt sich die Frage, inwieweit eine eigenständige Energieeffizienzpolitik überhaupt sinnvoll ist. Eine Bevorzugung einzelner Instrumente könnte im Rahmen einer allgemeinen Klimapolitik zu suboptimalen Lösungen führen, da nicht mehr automatisch vom Markt die günstigste Lösung zur Emissionsminderung gewählt wird. Diese Sichtweise wird bspw. von Bolay (2014) von der Deutschen Industrie- und Handelskammer (DIHK) geteilt, der argumentiert, dass Unternehmen selbst am besten über die Art ihrer Klimaschutzmaßnahmen – Erneuerbare Energien oder Energieeffizienz - entscheiden könnten. Auch auf EU-Ebene wird kontrovers diskutiert, ob für Energieeffizienz und Erneuerbare Energien im Rahmen einer Zieltrias eigenständige Ziele vorgegeben werden sollen (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie [BMWi], 2014). Aktuell existieren sowohl für 2020 als auch für 2030 jeweils drei konkrete Ziele – also für Treibhausgase, für Erneuerbare Energien und für Energieeffizienz. Letzteres sieht die Senkung des Energieverbrauchs in der EU um 32,5% im Jahr 2030 gegenüber dem 2030er-Wert einer in 2007 aufgestellten Referenzentwicklung dar (Abs. 6 der Richtlinie (EU) 2018/2002). In den folgenden Kapiteln wird hergeleitet, inwiefern die explizite Verfolgung der Effizienzsteigerung volkswirtschaftlich sinnvoll sein kann.

2.2 Externe Effekte des Energiesystems neben Treibhausgasemissionen

Ein Argument für eine explizite Formulierung eines Energieeffizienz-Ziels *zusätzlich* zu Reduktionszielen für Treibhausgase ist die Tatsache, dass das Energiesystem neben den Auswirkungen auf den Klimawandel weitere externe Effekte aufweist. Diese werden im Folgenden nach den Kategorien Allgemeines, fossile Energieträger, Atomkraftwerke und Erneuerbare Energien getrennt und ohne Anspruch auf Vollständigkeit aufgeschlüsselt.

■ Allgemein

- Eingriffe in die Landschaft und die Siedlungsstruktur, z.B. durch Windkraft, Tagebauten, die Kühltürme von konventionellen Kraftwerken sowie Hochspannungsleitungen. Der Anblick ist häufig unerwünscht und hat bereits zu zahlreichen Protesten vor allem gegen Windkraftanlagen (Weimann, 2017) und Hochspannungstrassen geführt (Greive & Vitzthum, 2014).

■ Fossile Energieträger

- Entstehung von gesundheitsgefährdenden Luftschadstoffen wie Feinstaub, Stickoxiden, Quecksilber und Ozon (UBA, 2016a; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt [DLR] & Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung [Fraunhofer ISI], 2006).
- Ökologische Schäden durch den Kohletagebau wie der Verlust natürlicher Bodenvielfalt, Sulfat- und Eisenbelastung von Gewässern, Sachschäden an Bauwerken durch Veränderungen des Grundwasserpegels bzw. entsprechende öffentliche Vermeidungskosten (FÖS, 2015).
- Psychosoziale Kosten für die von der Umsiedlung im Zuge der Errichtung eines Kohletagebaus betroffenen Menschen (FÖS, 2015).
- Vernichtung fossiler Ressourcen, die späteren Generationen nicht mehr zur Verfügung stehen.
- Ggf. schwer kalkulierbare Risiken der unterirdischen CO₂-Speicherung (UBA, 2018b).

■ Atomkraftwerke

- Radioaktive Belastung der Umgebung beim Uranabbau, im Kraftwerksbetrieb und bei der Wiederaufbereitung (UBA, 2015).
- Entstehung von Atommüll, für den die Gefahr besteht, dass seine Entsorgungskosten anteilig von der Allgemeinheit und späteren Generationen zu tragen sind (FÖS, 2014).

- Unkalkulierbare Sicherheitsrisiken durch Atomkraft. Diese Risiken können von den Betreibern aufgrund ihrer schieren Höhe nicht vollständig versichert werden und müssen anteilig von der Gesellschaft getragen werden. Lt. Fraunhofer-Institut sind die deutschen Betreiber für Schäden in Höhe von 2,5 Mrd.€ versichert und haften zusätzlich mit ihrem Privatvermögen, die Kosten der Fukushima-Katastrophe belaufen sich demgegenüber auf 100 Mrd. Euro., einem Vielfachen der Unternehmenswerte deutscher Kernkraftwerksbetreiber (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme [Fraunhofer ISE], 2019).
- Erneuerbare Energien
 - Gefährdung von Fischen (UBA, 2014a) durch Wasserkraft und Vögeln durch Windkraftanlagen (Naturschutzbund Deutschland [NABU], o.J.).⁵
 - Lärmemissionen der Windkraft (UBA, 2014b) oder Geruchsbelästigung durch Biogasanlagen (UBA, 2019a).
 - Feinstaub-Emissionen: Nach Angaben des Umweltbundesamts (2016b) entfielen im Jahr 2015 diese zu 10% auf Holzfeuerungsanlagen.
 - Verlagerung von Emissionen durch die Produktion von Anlagen im In- und v.a. im Ausland. Während Anlagen im Betrieb als weitgehend emissionsfrei gelten (mit Ausnahme des Aufwands für die Wartung und Entsorgung), werden für ihre Herstellung nicht unerhebliche Mengen Energie verbraucht. So liegt die energetische Amortisation von Solarzellen immer noch bei rund zwei Jahren (Fraunhofer ISE, 2019). Die entsprechenden Emissionen fallen meistens im Nicht-EU-Ausland an und unterliegen dort meist einer schwächeren Regulierung als in der EU mit dem Emissionshandel. Sie sind also in der Regel als zusätzliche Emissionen zu betrachten. Ferner wird bei der Produktion von manchen Dünnschicht-Photovoltaikmodulen das extrem klimaschädliche Gas NF_3 eingesetzt (Fraunhofer ISE, 2019).
 - Verdrängung von Flächen zur Nahrungsmittelproduktion und resultierende Preissteigerungen. Problematische Effekte hat dies vor allem in Entwicklungs- und Schwellenländern (UBA, 2018a; Sinn, 2009).

Wie dargestellt wurde, weist nicht nur die Nutzung fossiler Energieträger negative externe Effekte auf, auch klimafreundlichere Formen der Energieerzeugung, basierend auf Atomkraft und Erneuerbaren Energien, zeigen externalisierte Kosten.

Diese Ausführungen bilden das erste Argument, warum eine eigenständige Förderung von Energieeffizienz zusätzlich zu klimapolitischen Maßnahmen berechtigt sein kann. Denn durch eine Steigerung der Energieeffizienz werden bei gleichbleibender Produktionsmenge der Energieverbrauch und damit auch die entsprechenden negativen externen Effekte reduziert.

⁵ Verglichen mit anderen Bedrohungen (Katzen, Verkehr, Glasfassaden) ist die Gefährdung von Vögeln durch Windkraft gering, eine Beeinträchtigung insbesondere von Greifvögeln ist gleichwohl gegeben (Naturschutzbund Deutschland (o.J.)).

Neben der Internalisierung und/oder Reduktion externer Effekte sprechen weitere Gründe für die explizite Förderung von Energieeffizienz, die in den folgenden Unterkapiteln dargestellt werden sollen.

2.3 Betriebliche Hemmnisse – die Energieeffizienz-Lücke

Während die vorangehenden Abschnitte Marktversagen in der Form negativer externer Effekte zum Gegenstand hatten, die von den Marktteilnehmern nicht zu tragen sind, wird in diesem Unterkapitel die Beobachtung diskutiert, dass Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz nicht umgesetzt werden, obwohl sie als wirtschaftlich profitabel erscheinen. Schmid (2004) beziffert das Ausmaß des von Jaffe and Stavins (1994, S. 804) als „Energie-Paradoxon“ oder „Energieeffizienzlücke“ bezeichneten Phänomens auf Basis einer Literaturauswertung auf 10-25% des Energieverbrauchs. Zur Präzisierung diene folgende daran angelehnte Definition von Sorrell (2004, S. 30): “The energy efficiency gap is defined as the existence of unexploited investment opportunities that appear worthwhile at current prices.”

Sorrell (2004) identifiziert sechs Barrieren für die Steigerung der betrieblichen Energieeffizienz. Sie bedienen sich dabei Ideen aus der Neoklassik, der Agententheorie, der Transaktionskosten-Ökonomik und der Verhaltensökonomik.

- 1 | *Risiko*: Sorrell (2004) weist gegenüber potenziellen technologischen Risiken und Unsicherheiten hinsichtlich der zukünftigen Energiepreisentwicklung darauf hin, dass viele der überdurchschnittlich effizienten Technologien längst ausgereift sind. Preisunsicherheiten sollten die Marktdurchdringung effizienter Anlagen aus Sicht des Verfassers rationalerweise sogar begünstigen, da sie die potenziellen finanziellen Belastungen durch das Risiko steigender Energiepreise reduzieren. Die Gefahr der Generierung von nicht mehr rückholbaren Ausgaben durch Energieeffizienz-Investitionen (Sutherland, 1991) besteht nach Sorrell (2004) wiederum gleichermaßen für neue Maschinen, erklärt also nicht die relative Zurückhaltung bei Investitionen in Energieeffizienz. Empfundene Risiken werden folglich nur in manchen Fällen als rationales Hindernis betrachtet. Ein wahrgenommenes Risiko ohne schlüssige Fundierung kann dagegen als Marktversagen interpretiert werden.

- 2 | *Unvollständige Informationen* stellen vor allem darauf ab, dass Unternehmen nicht in der Lage sind, die betrieblichen Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz zu erkennen, die eigenen Verbräuche zu ermitteln und einzuordnen, sowie dass sie nicht über ausreichende Kenntnisse hinsichtlich der Verbräuche neuer Anlagen verfügen (Sorrell, 2004). Die Schwierigkeit, Verbräuche von Anlagen und damit den Nutzen höherer Investitionen in energiesparendere Geräte zu erkennen, bezieht sich dabei nicht nur auf die dem Kauf vorhergehende, sondern auch auf die anschließende Phase, weswegen Sorrell (2004, S. 61) von Energieeffizienz als einem „*credence good*“ spricht. Dieses definiert er in Abgrenzung zu „*search goods*“ (deren Eigenschaften der Käufer *vor* dem Kauf erkennen kann) und „*experience goods*“ (deren Merkmale der Konsument *nach* dem Kauf wahrnimmt) als Güter, deren Charakteristika auch nach dem Kauf *nicht* eingeschätzt werden können (S.38). Unternehmen verfügen z.B. in der Regel nicht über Messsysteme, um die Verbrauchsreduktion durch den Austausch veralteter Anlagen beziffern zu können. *Credence goods* sind lt. Sorrell (2004) besonders anfällig für Marktversagen.
- 3 | *Versteckte Kosten* werden von Sorrell (2004, S. 65) definiert als “any costs which are not conventionally included within engineering-economic models.” Er unterteilt diese in vier Gruppen:
- i. Versteckte Produktionskosten wie z.B. Produktionssunterbrechungen und Inbetriebnahmekosten.
 - ii. Qualitätsverluste z.B. aufgrund unangenehmerer Beleuchtungseigenschaften von LED gegenüber Leuchtstofflampen, ein in der Anfangszeit der LED häufig von Firmen in Gesprächen mit dem Autor angeführtes Argument.
 - iii. Such- und Informationskosten, die anteilig beeinflussbar und anteilig nicht oder schwer beeinflussbar von der Organisation sind. Suchkosten zählen zu den *Transaktionskosten*, die Coase (1937) als Kosten, die zur Durchführung einer Markttransaktion nötig sind wie z.B. Informations- und Verhandlungskosten, in die ökonomische Theorie einführte. Such- und Informationskosten überschneiden sich mit *unvollständigen Informationen*.
 - iv. Versteckte Produktionskosten und Qualitätsverluste sind zwar häufig schwer zu beziffern, aber als normale betriebswirtschaftliche Kosten zu bewerten, deren Vorliegen nicht zu Marktversagen führt. Such- und Informationskosten können dagegen aufgrund der erläuterten speziellen Eigenschaften von Energieeffizienz als *credence good* öffentliche Eingriffe rechtfertigen (Sorrell, 2004).

- 4 | Zugang zu Kapital: Wie andere Hemmnisse weist auch der eingeschränkte Zugang zu Finanzierungsquellen Anteile tatsächlicher Kosten – insbesondere überdurchschnittliche Transaktionskosten bei Kreditaufnahme für die relativ niedrigen Investitionssummen von Energieeffizienz-Projekten (Sorrell, 2004) – und Merkmale beschränkter Rationalität auf. So werden Energieeffizienz-Projekte häufig als nachrangige Instandhaltung eingestuft und mit niedriger Priorität verfolgt. Im Gegensatz zu als strategisch und notwendig definierten Vorhaben werden von solchen Projekten – wie dem Autor aus seiner Beraterpraxis bekannt ist – gerade in großen Unternehmen und Konzernen häufig sehr kurze Amortisationszeiten von 1-2 Jahren gefordert. Diese Praxis behindert die oft eher langfristig profitablen Energieeffizienzmaßnahmen.
- 5 | Auseinanderklaffende Anreize liegen vor, wenn die Person, die eine Energieeffizienzmaßnahme durchführt, nicht von den entsprechenden Einsparungen profitiert (Golove & Eto, 1996). Das klassische Beispiel hierfür sind angemietete Gebäude. Der Eigentümer unterlässt die Anbringung einer Wärmedämmung, weil die Energiekosten vom Mieter getragen werden. Das als *Investor-Nutzer-Dilemma* (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung [DIW], 2016) bekannte Phänomen tritt aber auch in anderen Bereichen auf. So hat der Einkäufer eines Unternehmens häufig nur einen Anreiz zur Minimierung der Beschaffungskosten, Energieverbräuche und entsprechende Kosten bleiben außen vor (Sorrell, 2004). Dies gilt im Besonderen, wenn zusätzlich unvollständige oder gar keine Informationen zum Energieverbrauch der Anlage vorliegen, was nach Erfahrung des Verfassers wiederum verstärkt bei Einzelanfertigungen, die erst beim Nutzer aufgebaut werden, auftritt.
- 6 | Begrenzte Rationalität: Während im letzten Unterpunkt geteilte Anreize als Barriere für die Steigerung der Energieeffizienz geschildert wurden, besteht auch die Möglichkeit, dass Potenziale selbst dann nicht umgesetzt werden, wenn Individuen über entsprechende Anreize und Informationen verfügen. Simon (1986) argumentiert mit der begrenzten kognitiven Verarbeitungskapazität von Individuen. Dadurch findet eine Konzentration auf Kernkompetenzen statt, Randgebiete wie die Energieeffizienz werden vernachlässigt (Sorrell, 2004).

Wie beschrieben wurde, sind die genannten Barrieren nicht immer eindeutig einer der Kategorien Marktversagen und Nicht-Marktversagen zuzuordnen. Gepaart mit dem unklaren jeweiligen Ausmaß der beiden Bereiche befeuern die Abgrenzungsschwierigkeiten die Debatte darüber, ob das Energieeffizienz-Paradoxon überhaupt in relevantem Umfang vorliegt und wenn ja, wie groß die Lücke zwischen dem aktuellen Energieverbrauch der betroffenen Organisationen und dem *betriebswirtschaftlichen* Optimum ist.

Nichols (1994) stellt die Existenz des *Energieeffizienz-Paradoxons* in Frage. Er verweist auf unterschätzte zusätzliche Kosten und die überbewertete Bedeutung von Hemmnissen wie unvollständigen Informationen und geteilten Anreizen. Nach Sutherland (1991) stellen die vorhandenen Barrieren kein Marktversagen dar, sondern spiegeln reale Kosten wider.

Aus seiner Beratererfahrung kann der Autor bestätigen, dass die versteckten Kosten häufig beträchtlich sind. Der Aufwand alleine für die Organisation der Umstellung der Beleuchtung auf LED in einem Industrieunternehmen inkl. der Einholung und Prüfung mehrerer Angebote aufgrund der Vorgaben des Konzerns, die Durchführung möglichst exakter Wirtschaftlichkeitsberechnungen, die Rücksprache mit betroffenen Mitarbeitern hinsichtlich der Anforderungen an die Beleuchtung, die Überwachung der Umbauarbeiten usw. kann durchaus 30% und mehr der Investitionssumme in Anspruch nehmen. Im beschriebenen Fall schmälerten die Transaktionskosten die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme, eliminierten sie jedoch nicht. Auch Mai, Gebhardt, Wahl, Dann, and Jochem (2014) ermitteln bei einer empirischen Analyse hohe Transaktionskosten von durchschnittlich 33% bezogen auf die Investitionssumme mit hohen Anteilen vor allem bei kleineren Investitionen.

Auch wenn versteckte Kosten existieren, so liefern sie nach Ansicht des Autors unter Rückgriff auf seine Beratererfahrung keine vollständige Erklärung für die Energieeffizienzlücke. Levine, Hirst, Koomey, McMahon, and Sanstad (1994) arbeiten so auch heraus, dass weniger effiziente Technologien mit niedrigeren Kapitalkosten auch dann im Allgemeinen bevorzugt wurden, wenn jeweils eine technisch ausgereifte Alternative existierte, bei der es keine Anzeichen für erhöhte versteckte Kosten gab. Dies ist ein starker Beleg für die tatsächliche Relevanz von realen Hemmnissen, die über versteckte Kosten hinausgehen.

Für die Rechtfertigung politischer Eingriffe muss aber zusätzlich gewährleistet sein, dass die ergriffenen Maßnahmen die gesamtwirtschaftliche Wohlfahrt erhöhen (Jaffe & Stavins, 1994). Dies führt zu der Frage, *welche* politischen Eingriffe zielführend in dem Sinne sind, dass ihr Nutzen zumindest potenziell ihre Kosten übersteigt. In den folgenden Kapiteln wird diese Frage in theoretischer und empirischer Hinsicht aufgegriffen, wenngleich keine umfassende Kosten-Nutzen-Berechnung der Instrumente vorgenommen werden kann.

2.4 Strategische und makroökonomische Vorteile erhöhter Energieeffizienz

Die in 2.2. genannten über Treibhausgasemissionen hinausgehenden externen Effekte stellen negative Auswirkungen und Risiken dar, die quasi automatisch mit der Umwandlung einer Energieeinheit in bestimmten Anlagenformen (z.B. Atomkraft, Kohlekraft, Windkraft) einhergehen. Demgegenüber sollen in diesem Unterkapitel strategische und makroökonomische Vorteile einer Volkswirtschaft mit einem geringeren Energieverbrauch diskutiert werden.

Da weiterhin eine eigenständige Energieeffizienz-Politik begründet werden soll, bleiben positive Effekte eines reduzierten Einsatzes fossiler Energien, wie z.B. eine verminderte Luftverschmutzung, die genauso z.B. durch andere Klimaschutz-Instrumente wie z.B. den Einsatz von Erneuerbaren Energien oder Kernkraft erreicht werden würden, außen vor.

Ein zentraler Vorteil einer gesteigerten Energieeffizienz besteht in einer Verringerung der Abhängigkeit von Importen aus dem Ausland. Dass dieser Effekt auch durch die Verdrängung von fossilen Energieträgern durch Erneuerbare Energien zustande kommt, ist unstrittig (Greenpeace International, Greenpeace EU-Unit [Greenpeace], 2014). Aber auch Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien sind auf die Zufuhr ausländischer Rohstoffe angewiesen: Windenergie- und Solaranlagen benötigen unter anderem Seltene Erden, Kupfer, Germanium und Indium. Ca. 90% der Seltenen Erden stammen aus China (Bischöfliches Hilfswerk MISEREOR [Misereor], 2018). Der Umbau des Energiesystems schafft also neue Abhängigkeiten, gerade auch vom autoritär regierten China, das wirtschaftlich als großer Konkurrent des Westens wahrgenommen wird. Diese Abhängigkeiten können durch eine Steigerung der Energieeffizienz und einen resultierenden niedrigeren Bedarf an Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien reduziert werden. Erwähnung finden muss auf der anderen Seite, dass energieeffiziente Technologien in Einzelfällen ebenfalls zu erhöhten Abhängigkeiten von Rohstoffimporten mit potenziellen Engpässen führen können. LED-Lampen benötigen beispielsweise Gallium (Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung [Institut für Zukunftsstudien] & adelphi consult [adelphi], 2011). Verbesserungen der betrieblichen Energieeffizienz basieren aber auf verschiedensten Technologien, organisatorischen Maßnahmen und Verhaltensänderungen, so dass vergleichbare Abhängigkeiten wie bei Erneuerbaren Energien, deren Ausbau mit Wind und Sonne stark von zwei Energieträgern dominiert wird, nicht plausibel erscheinen.

Einer Steigerung der Energieeffizienz werden zudem positive Auswirkungen auf Wachstum und Beschäftigung zugesprochen: Das Wuppertal Institut (2018) ermittelt in einer Studie im Rahmen des Combi-Projekts (Calculating and Operationalising the Multiple Benefits of Energy Efficiency in Europe) als Folge deutlich gesteigerter Energieeffizienzanstrengungen positive Beschäftigungseffekte in Höhe von 2,3 Millionen Arbeitsjahren in der EU und eine Steigerung des Bruttoinlandsprodukts um bis zu 0,9%.

Reichl et al. (o.J.) ermitteln für fünf unterschiedliche Szenarien, die sich u.a. nach Förderanteilen und Finanzierungsquellen für die entsprechenden Maßnahmen unterscheiden, jeweils deutlich positive Effekte auf Bruttoinlandsprodukt (0,3-3%) und Beschäftigung (Rückgang der Arbeitslosenquote um 0,1 bis 0,6%). Als Gründe werden die überdurchschnittliche Beteiligung einheimischer Betriebe und arbeitsintensiver Branchen genannt. Kritisch zu betrachten ist allerdings, dass die Förderung unter der Annahme erfolgt, dass keine Kürzung an anderer Stelle in den öffentlichen Haushalten erfolgen, die Finanzie-

rung also über eine höhere Neuverschuldung erfolgt. Über einen längeren Zeitraum ist diese Annahme nicht realistisch, da eine höhere Staatsverschuldung auch zu einer höheren Zinslast führt.

Ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Prognos, and Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (2009) kommen ebenfalls zu dem Ergebnis deutlich positiver Effekte auf das Bruttoinlandsprodukt sowie die Beschäftigung im Falle erhöhter Investitionen in Energieeffizienz. Die Autoren ermitteln einen Netto-Zuwachs von 289 000 Erwerbstätigen in 2020. Die positiven Auswirkungen werden auf gesamtwirtschaftliche Impulse durch die anfänglichen Investitionen, die Verlagerung von Wertschöpfung ins Inland durch die Einsparung von Energieimporten sowie die besonders positiven Auswirkungen auf beschäftigungsintensive Branchen wie dem Baugewerbe und unternehmensbezogene Dienstleistungen zurückgeführt. Eine weitere Chance durch vergrößerte Energieeffizienz besteht nach Ansicht der Verfasser in den steigenden Exportchancen deutscher Unternehmen für energieeffiziente Anlagen, indem die deutsche Wirtschaft globale Trends frühzeitig aufgreift und sich durch das Durchlaufen der Erfahrungskurve und den Aufbau von Produktionskapazitäten Wettbewerbsvorteile verschafft.

Nicht ermittelt wurde jeweils, inwieweit ähnliche Wohlfahrtseffekte durch eine Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien, die eine gleich große Reduktion von Treibhausgasen bewirken, erzielt werden können. Schließlich führen sowohl Energieeffizienzsteigerungen als auch ein erhöhter Anteil erneuerbarer Energien c.p. (*ceteris paribus*) zur Senkung von Energieimporten.

In den zurückliegenden drei Unterkapiteln wurden mehrere Argumente geschildert, die die Verfolgung einer eigenständigen Energieeffizienzpolitik rechtfertigen. Im folgenden Unterkapitel soll mit der Beschreibung des Phänomens der Rebound-Effekte dagegen auch ein Risiko gesteigerter Effizienz analysiert werden.

2.5 Rebound-Effekte als Risiko gesteigerter Energieeffizienz

Eine Erhöhung der Energieeffizienz sorgt für niedrigere Nutzungskosten eines Energie verbrauchenden Gutes. Was einerseits die Wohlfahrt des Verbrauchers erhöht, birgt andererseits ein Risiko, das als *Rebound-Effekt* bekannt geworden ist. Der *direkte Rebound-Effekt* bezeichnet das Phänomen, dass Güter mit niedrigeren Energie- und dadurch resultierenden reduzierten Betriebskosten stärker nachgefragt bzw. genutzt werden (UBA, 2016c). Beispielsweise kamen japanische Forscher zu dem Ergebnis, dass Autofahrer, die ein nach eigener Einschätzung umweltfreundliches Fahrzeug erworben hatten, mit diesem 1,6 Mal so viele Kilometer zurücklegten als mit ihrem vorherigen konventionellen Modell (Santarius, 2012). Ähnliche Effekte sind denkbar für Kühlschränke und Fernseher (sparsamer, aber größer) und Lampen (effizienter, aber heller und häufiger im Betrieb aufgrund gesunkener Achtsamkeit beim Ausschalten).

Indirekte Rebound-Effekte liegen vor, wenn Verbraucher ihre Energiekostensparnisse für andere Güter ausgeben, deren Herstellung und evtl. auch Nutzung wiederum mit Emissionen verbunden ist (UBA, 2016c). Niedrigere Strom- oder Heizkosten könnten z.B. in eine Flugreise investiert werden. In der Literatur wird drittens noch ein *makroökonomischer Rebound-Effekt* genannt. Dieser besteht in der Verlagerung von Energieverbrauch in andere Länder. Eine sinkende Nachfrage nach global gehandelten Gütern im Inland führt zu sinkenden Weltmarktpreisen und damit zu einer höheren Nachfrage nach diesen Gütern in anderen Ländern (Gillingham, Kotchen, Rapson, & Wagner, 2013). Dieser Effekt entsteht allerdings auch durch den Einsatz Erneuerbarer Energien (Sinn, 2009)⁶ bzw. einen energiesparenderen Lebensstil (Suffizienz)⁷. Ebenfalls zum *makroökonomischen Rebound-Effekt* gezählt werden Auswirkungen von Innovationen, die zwar einen effizienteren Energieeinsatz ermöglichen, aber dadurch die Produktion und den Konsum anderer Güter verbilligen (Gillingham et al., 2013). Beispielsweise können die niedrigeren Kosten der Fortbewegung mit dem PKW den Erwerb von größeren Wohnraum auf dem Land ermöglichen, der wiederum zu einem größeren Energieverbrauch im Vergleich zu einer Stadtwohnung führt (UBA, 2016c).

Rebound-Effekte sind nach Meinung vieler Autoren kein Randphänomen. Santarius (2012) nennt als Größenordnung die Zahl von 50%. Nach dieser Schätzung werden also nur die Hälfte der Einsparungen durch Effizienzgewinne im Endeffekt wirklich realisiert, die andere Hälfte wird durch Rebound-Effekte kompensiert. Das UBA (2016c) geht demgegenüber von einer Größenordnung der Rebound-Effekte in Höhe von 10 bis 30 Prozent aus.

Als mögliche Gegenmaßnahmen nennen adelphi, Ernst Basler+Partner, and Fraunhofer ISI (2016) unter anderem die Erhebung einer Abgabe, die die finanziellen Einsparungen durch die Effizienzsteigerung möglichst vollständig abschöpft. Ein anderer Ansatz sind absolute Emissions-Obergrenzen, die Rebound-Effekte theoretisch ganz eliminieren können (Santarius, 2012). Ihre weltweite Durchsetzung erscheint jedoch weiterhin sehr schwierig, so dass es z.B. bei europäischen Obergrenzen weiterhin zu Verlagerungen von Energieverbräuchen ins nicht-europäische Ausland kommen kann, entweder infolge des beschriebenen makroökonomischen Rebound-Effekts oder indem Produktionsstandorte ins nicht- oder weniger streng regulierte Ausland verlagert werden. Santarius (2012) nennt als Beispiel die Entwicklung in Deutschland von 1995 bis 2005. In diesem Zeitraum seien 1,1 Tonnen CO₂ pro Kopf durch vermehrte Produktimporte ins Ausland verlagert worden.

⁶ Sinn (2009) geht sogar von einer völligen Wirkungslosigkeit von inländischen und europäischen Nachfragereduktionen nach fossilen Energieträgern aus und begründet dies mit einer starren globalen Angebotskurve. Diese Argumentation kann im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter diskutiert werden.

⁷ Unter Suffizienz wird nach Linz (2015, S.5) ein „geringere[r] Verbrauch von Ressourcen durch eine verringerte Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen, soweit die letzteren Material und Energie verbrauchen“, verstanden.

Eine dritte Maßnahme zur Begrenzung von Rebound-Effekten ist die Förderung von Suffizienz. Linz (2015) beschreibt politische Ansatzpunkte.

Es wurde im zurückliegenden Kapitel gezeigt, dass staatliche Eingriffe zur expliziten Erhöhung der Energieeffizienz aus mehreren Gründen gerechtfertigt sein können. Eine Beschränkung der Energiewende auf die Reduktion von Treibhausgasen ohne explizite Energieeffizienz-Ziele würde wegen der speziellen Eigenschaften der Energieeffizienz zu einem volkswirtschaftlich und gesellschaftlich suboptimalen Reduktionsmix aus Erneuerbaren Energien, Energieeffizienz, Kompensationsmaßnahmen in anderen Ländern sowie in manchen europäischen Staaten auch Atomkraft (z.B. Großbritannien) und der unterirdischen CO₂-Speicherung usw. führen.

Im nächsten Kapitel sollen verschiedene Politikansätze zur Steigerung der betrieblichen Energieeffizienz analysiert werden. Analyse bestehender Instrumente zur Förderung der betrieblichen Energieeffizienz

3 Analyse bestehender Instrumente zur Förderung der betrieblichen Energieeffizienz

3.1 Kriterien

In diesem Kapitel erfolgt eine Analyse derjenigen politischen Instrumente zur Steigerung der Energieeffizienz bzw. zur Senkung des Energieverbrauchs, die nachfolgend in der eigenen Erhebung untersucht werden. Für ordnungsrechtliche Initiativen und weitere Instrumententypen konnte keine passende Variable ermittelt werden (vgl. Kapitel 4), daher werden diese nicht gesondert betrachtet.⁸ Die Zusammenstellung der Bewertungskriterien ist angelehnt an die gängige umweltökonomische Literatur wie z.B. Rahmeyer (1997). Einschätzungen zur Verursacher- und Verteilungsgerechtigkeit sowie zur politischen Machbarkeit müssen aus Platzgründen weitestgehend unterbleiben.

Wirksamkeit

Bei der Wirksamkeit eines Instruments wird gefragt, ob dieses sich für die Erreichung des Energieeffizienz- bzw. Einsparziels eignet.

Effizienz

Das Kriterium Effizienz wird vorrangig unterteilt in *Statische Effizienz* und *Dynamische Effizienz*.

Unter dem Vorliegen *Statischer Effizienz* wird ein Zustand verstanden, in dem ein gegebenes Ziel der Verbrauchssenkung zu den niedrigsten möglichen Kosten erreicht wird. Damit ist noch keine Aussage darüber getroffen worden, wer diese Kosten trägt. *Dynamische Effizienz* bezieht sich demgegenüber auf die Setzung von Anreizen für die Entwicklung von Innovationen, und die Wirkungen auf den umweltfreundlichen technischen Fortschritt (Rahmeyer, 1997 und Knorring, 1997). Eine wichtige Rolle kommt dabei dem angewendeten Prinzip der Lastenteilung zu. Werden die Kosten für die Umsetzung einer Maßnahme von der Allgemeinheit getragen, spricht man vom *Gemeinlastprinzip*. Werden die Verursacher zur Kasse gebeten, gilt das *Verursacherprinzip*. Dieses bewirkt eine vollständige Internalisierung externer Effekte (Tischler, 1994) und begünstigt dadurch das Vorliegen statischer und dynamischer Effizienz. Im Gegensatz dazu führt das *Gemeinlastprinzip* zu einer Fehlallokation von Ressourcen zugunsten umweltschädlicher Produkte, da die Kosten für diese nicht vollständig von den Marktpartnern getragen werden und daher ein zu hohes Produktionsniveau erreicht wird (siehe 2.1.1). In Ausnahmefällen (keine Er-

⁸ Unter ordnungsrechtlichen Instrumenten sind rechtliche Regelungen mit verbindlichem Charakter zu verstehen (Sowi-online e.V. (o.J.)). Hierzu zählen beispielsweise Emissionsgrenzwerte sowie Verbote für den Einsatz mancher Technologien und Stoffe.

mittlung des Verursachers möglich bzw. akuter Notfall) ist das Gemeinlastprinzip aber zu rechtfertigen (Wicke & Blenk, 1993). Die untersuchten Instrumente unterscheiden sich schließlich hinsichtlich ihres Verwaltungsaufwands für Behörden, Unternehmen und Verbraucher. Die entsprechende *administrative* Effizienz wird, wo möglich, kurz gestreift.

Bei der Betrachtung der verschiedenen Instrumente wird ein systematischer Unterschied deutlich: Preisanreize, Förderprogramme und ordnungspolitische Initiativen sollen volkswirtschaftlich sinnvolle Maßnahmen zur Steigerung der betrieblichen Energieeffizienz auslösen, die aber ohne das Vorliegen dieser Instrumente nicht betriebswirtschaftlich rentabel sind. Demgegenüber sollen Energieberatungen und Energiemanagementsysteme die Unternehmen bei der Erschließung der betriebswirtschaftlich vorhandenen Potenziale unterstützen bzw. anders gesagt, ihnen Hilfestellung bei der Schließung der Energieeffizienzlücke gewähren. Dieser unterschiedliche Wesenszug wirkt sich v.a. auf die Analyse der ökonomischen Effizienz aus.

3.2 Energieberatungen

Die Bundesstelle für Energieeffizienz (Bundesstelle für Energieeffizienz [BfEE], o.J.) definiert *Energieberatung* als “eine Energiedienstleistung, die auf eine Steigerung der Energieeffizienz und/oder Energieeinsparung abzielt. Sie ist insbesondere durch einen kommunikativen Prozess gekennzeichnet, der auf individuelle Fragen und die Situation des Beratenen eingeht.”

Kennzeichnend für das Instrument der betrieblichen Energieberatung ist nach Ansicht des Verfassers die Durchführung durch einen unternehmensexternen Experten, der mit dem objektiven Blick des Auswärtigen vorhandene Potenziale aufdeckt und Vorschläge zur Erschließung dieser formuliert. „Objektiv“ drückt die fehlende Beeinträchtigung durch das Phänomen der Betriebsblindheit aus.

Wirksamkeit

Die Energieberatung ist ein potenziell geeignetes Instrument zur Überwindung vielfältiger Hemmnisse.

Dies soll anhand der von Sorrell (2004) gewählten Aufschlüsselung auf Basis der Erfahrungen des Autors beschrieben werden. Wie in 2.3 dargestellt, unterscheidet dieser zwischen folgenden Hemmnis-Kategorien:

- Risiko: Hilfreich bei der Verringerung technologischer Risiken sind beispielsweise die Vor-Erfahrungen des Beraters mit bestimmten Produkten und Anbietern.

- **Unvollständige Informationen:** Gerade in kleinen und mittleren Unternehmen ohne eigenes Fachpersonal können Wissens- und Informationsdefizite durch die Hinzuziehung eines Experten verringert werden. Im Rahmen eines Energieaudits kann z.B. die eigene Datenbasis durch die Auswertung von Rechnungen, Schätzungen und Messungen deutlich erweitert werden. Außerdem werden Potenziale und Einsparmaßnahmen ermittelt. Sorrell (2004, S. 64) betont: "... specific and personalised information such as that provided by energy audits, should be more effective than general information on cost saving opportunities."
- Die Reduzierung von versteckten Kosten wie insbesondere Transaktionskosten bei der Verwirklichung von Maßnahmen ist durch die Erfahrungen und Kontakte des Beraters häufig möglich. Zugleich stößt der Berater aber aufgrund seiner geringeren innerbetrieblichen Einbindung auf zusätzliche Hindernisse.
- Kapitalmangel kann durch die Expertise des Beraters bei Förderprogrammen und anderen Finanzierungsinstrumenten (zinsgünstige Kredite, Contracting usw.) verringert werden. Öffentliche Zuschüsse reduzieren zusätzlich geforderte Amortisationszeiten. Berater mit erweiterten betriebswirtschaftlichen Kenntnissen und entsprechendem Fokus sensibilisieren zudem für andere Wirtschaftlichkeitsberechnungsverfahren, die eine positivere Bewertung von Einsparprojekten als bei ausschließlicher Betrachtung der Amortisationszeit ermöglichen. Im Rahmen der Lebenszykluskostenanalyse werden beispielsweise die gesamten während der Lebensdauer einer Anlage anfallenden Kosten miteinbezogen (Geilhausen, Bränzel, Engelmann, & Schulze, 2015).
- Der Berater kann auf die Existenz geteilter bzw. kontraproduktiver innerbetrieblicher Anreize hinweisen und entsprechende Lösungsvorschläge unterbreiten. Erstere liegen z.B. vor, wenn Entscheider über die Anschaffung neuer Anlagen nur an deren Einkaufskosten gemessen werden. Die Berücksichtigung von Energieeffizienz kann dadurch gewährleistet werden, wenn statt der Kapitalkosten eine Lebenszykluskostenanalyse als Entscheidungsgrundlage herangezogen wird.
- Beschränkte Rationalität wird wie oben erläutert unter anderem auf begrenzte kognitive Aufnahmekapazitäten der handelnden Personen zurückgeführt. Die eigentlich irrationale Verhaltensweise besteht aber darin, keine interne oder externe Verstärkung zur Ermittlung und Durchführung der Einsparmaßnahmen in Anspruch zu nehmen. Die Beauftragung eines externen Energieberaters kann sich in diesem Sinne alleine schon durch die damit verbundenen zusätzlichen personellen Kapazitäten bezahlt machen.

Aus Sicht des Verfassers gelingt es Energieberatern zudem, Einsparpotenziale aufzudecken, die für interne Mitarbeiter aufgrund deren Anfälligkeit für Betriebsblindheit nicht erkennbar sind. Hierzu zählen insbesondere organisatorische Maßnahmen und solche, die von den Mitarbeitern selbst direkt umgesetzt werden können ohne die Notwendigkeit von Investitionen.

Diese theoretischen und auf die Beratererfahrung des Autors gestützten Überlegungen werden von empirischen Untersuchungen bestätigt. Eine Studie zur

Wirkung der geförderten Energieberatung Mittelstand, die weiter unten näher beschrieben wird, wurde vom Bundeswirtschaftsministerium bei IREES und Fraunhofer ISI in Auftrag gegeben. Die Autoren kommen im Rahmen einer Regressionsanalyse zu dem Ergebnis, dass die Inanspruchnahme einer Beratung signifikant (auf dem 1%-Niveau) bis hochsignifikant für die Durchführung von Maßnahmen sei (auf dem 0,1%). Befragt wurden sowohl Unternehmen, die eine Energieberatung in Anspruch genommen haben als auch solche, bei denen dies nicht der Fall war (Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien [IREES] & Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung [Fraunhofer ISI], 2014).

Auch eine Studie von PricewaterhouseCoopers (PwC) im Auftrag des BAFA im Jahr 2018 ermittelt, dass die Inanspruchnahme einer Energieberatung im Rahmen der inzwischen beim BAFA angesiedelten Energieberatung Mittelstand zu einer deutlich häufigeren Umsetzung von Energiesparmaßnahmen geführt hat als in den Betrieben der Kontrollgruppe. Zu diesem Ergebnis müssen mehrere Einschränkungen gemacht werden. Die Autoren selbst räumen eine vergleichsweise stärkere Affinität der Unternehmen, die eine Energieberatung in Anspruch nehmen, zur Energieeffizienz ein (PricewaterhouseCoopers GmbH [PwC], 2018). Dies impliziert möglicherweise, dass sie unabhängig von der Energieberatung Mittelstand ohnehin mehr Maßnahmen umgesetzt hätten als die Unternehmen der Kontrollgruppe. Die Effekte der Energieberatung wären damit überbewertet. Kritisch fällt auch auf, dass in der Kontrollgruppe deutlich mehr Unternehmen Maßnahmen im Bereich „Informationen/Motivation der Mitarbeiter“ umgesetzt haben, dies aber von den Autoren lapidar mit folgendem Kommentar abgeblockt wird: „Die Wahrscheinlichkeit, dass Mitarbeiter lediglich informiert oder motiviert werden, zu mehr Energieeffizienz beizutragen ist deutlich höher als eine konkrete Umsetzung von Organisations- oder Verhaltensänderungen im Betrieb.“ (PwC, 2018). Eine Begründung für diese Vermutung bleibt aber aus. Wie IREES und Fraunhofer ISI in der Vorgängerstudie stützt sich PwC auf die Aussagen der Betriebe zu umgesetzten Maßnahmen. Wenn Betriebe, die eine Energieberatung durchgeführt haben, aufgrund der Zusammenstellung der Berater-Empfehlungen im Bericht, vollständigere Auskünfte über umgesetzte Maßnahmen erteilen können als die übrigen Unternehmen, wird der Einfluss durchgeführter Energieberatungen überschätzt. Dieses methodische Risiko besteht dagegen nicht, wenn die Wirkungsanalyse auf der Basis von Verbrauchsdaten erfolgt, wie es in der in Kapitel 4 dargestellten Studie der Fall ist.

Ein Nachteil des Instruments Energieberatung besteht darin, dass mit dessen Durchführung die Umsetzung von Maßnahmen zur Energieeinsparung noch nicht gewährleistet ist. Gerade bei verpflichtenden Energieaudits besteht ein erhöhtes Risiko, dass die entsprechenden Unternehmen häufig nur die gesetzlichen Anforderungen erfüllen wollen, aber wenig motiviert sind, die Einsparvorschläge auch umzusetzen (Deutsche Energie-Berater und -Auditoren Gesellschaft [DENBAG], Beuth-Hochschule für Technik Berlin, Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP), Universität Stuttgart, & Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung [Fraunhofer IPA], 2016).

Entsprechend kritisch fallen auch die bisherigen Untersuchungen zu den Einsparwirkungen von Energieaudits nach Energiedienstleistungsgesetz aus. Eine erste Evaluierung der Universität Stuttgart, Beuth-Hochschule, Fraunhofer IPA und der Deutschen Energie-Berater und -Auditoren Gesellschaft mbH (DEnBAG) kommt zu dem Ergebnis, dass statt der im Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz anvisierten 50 Petajoule zwischen 2016 und 2020 nur maximal 22,6 Petajoule durch die Energieauditpflicht eingespart werden. Als Gründe werden die geringen ermittelten Potenziale und eine erwartete niedrige Umsetzungsquote genannt (DEnBAG et al., 2016). Nur geringfügig andere Ergebnisse zeitigen die Untersuchungen von IREES and adelphi (2017). Die von ihnen prognostizierte Endenergieeinsparung durch die Energieauditpflicht liegt zwischen 2016 und 2020 bei 14,37 bis 30,79 Petajoule.

Die kritische Beleuchtung der Studien und die Feststellung, dass die 2015 eingeführte Energieauditpflicht hinter ihren Erwartungen zurückblieb, sollen an dieser Stelle die grundsätzliche Wirksamkeit des Instruments Energieberatungen nicht in Frage stellen. Sowohl theoretische Überlegungen als auch die angeführten Studien deuten an, dass Energieberatungen die betriebliche Energieeffizienz verbessern – wenn auch möglicherweise nicht im gleichen Umfang, wie dies von den Autoren jeweils eingeschätzt wird.

Politische Interventionen zugunsten von Energieberatungen

Vor dem Hintergrund der erläuterten Vorteile und Chancen muss trotz der Defizite, die speziell für die verpflichtenden Energieaudits aufgezeigt wurden, gefragt werden, warum Unternehmen nicht aus freien Stücken, d.h. ohne Zwang und Förderung, eine Energieberatung in Anspruch nehmen.

Die BfEE (2017) befragte in ihrer Marktstudie 2016 die Unternehmen nach entsprechenden Hemmnissen. Von diesen weist ein Teil auf Marktversagen hin:

- 39,2% nannten einen zu niedrigen eigenen Energieverbrauch und 30,6% gaben zu, sich noch nicht mit dem Thema beschäftigt zu haben. Beides deutet das Vorliegen von beschränkter Rationalität – zumindest in manchen Fällen – an. Verständlicherweise konzentrieren sich verantwortliche Mitarbeiter auf ihre Kernaufgaben. Die Steigerung der Energieeffizienz wird dagegen nicht ausgelagert, sondern schlichtweg vernachlässigt. Dabei weisen auch viele nicht-energieintensive Betriebe wirtschaftlich zu erschließende Potenziale auf, gerade im Bereich der Querschnittstechnologien wie Beleuchtung und Heizung (Schmid, 2004).

- 40,4 % konnten in Energiedienstleistungen keinen Mehrwert erkennen. Aufgrund von fehlendem Wissen und Betriebsblindheit ist anzunehmen, dass diese Aussagen anteilig auch von Unternehmen gemacht wurden, für die Energieberatungen durchaus einen solchen Mehrwert darstellen. Bestehende Potenziale werden so gar nicht erst erkannt. Begründet wird diese Aussage wiederum mit der Beratererfahrung des Autors: Etliche der von ihm besuchten Unternehmen zeigten sich zunächst skeptisch bzgl. des Gesprächsnutzens und wurden dann positiv überrascht, da mehrere Einsparpotenziale aufgedeckt wurden. Auch Goldstone (1995) erwartet eine tendenzielle Unterversorgung mit aus Energieaudits gewonnenen Informationen durch den Markt, da der Kunde den Nutzen dieser vorher nicht abschätzen könne (zitiert nach: Sorrell, O'Malley, Schleich, & Scott, 2004).

Aufgrund dieser Barrieren bezuschusst das Bundeswirtschaftsministerium über die ihm unterstellte Behörde Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) Energieberatungen für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mit 80% der förderfähigen Beratungskosten (maximal mit 6000€) in Unternehmen mit jährlichen Energiekosten über 10 000€. Unternehmen mit geringeren Energiekosten erhalten maximal eine Förderung von 1200€ (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle [BAFA], o.J.b). Nicht-KMU werden seit 2015 im Rahmen des novellierten Energiedienstleistungsgesetzes zur periodischen (alle vier Jahre) Durchführung von Energieaudits oder zur Einführung eines Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001 oder eines Umweltmanagementsystems nach EMAS verpflichtet (BAFA, o.J.a).

Effizienz

Ein großer Vorteil von Energieberatungen liegt darin, dass sie die Identifikation von Einsparpotenzialen gewährleisten, die ohne weitere politische Interventionen wie Fördermaßnahmen betriebswirtschaftlich darstellbar sind und damit – von den Kosten der Beratung selbst abstrahiert – Einsparmaßnahmen zu negativen volkswirtschaftlichen Kosten ermöglichen. Diese Beratungskosten sind aber insbesondere im Fall der Energieaudits nach Energiedienstleistungs-Gesetz keineswegs vernachlässigbar. Nach einer Befragung von IREES and adelphi (2017) wird von vielen Unternehmen die ungünstige Kosten-Nutzen-Relation eines Energieaudits bemängelt. DENBAG et al. (2016, S. 43) bestätigen den „vergleichsweise geringen Nutzen“ der Audits für die Unternehmen. Einem Aufwand von 374 Mio. € für 50 000 Unternehmen stehen jährliche Einsparungen von geschätzten 218-277 Mio.€ gegenüber, die Investitionskosten sind noch nicht eingerechnet. Eingewendet werden kann, dass die relativ geringe Einsparsumme auf die niedrige Umsetzungsquote zurückzuführen ist, die wiederum von den Unternehmen zu beeinflussen ist. Eine deutlich bessere Relation aus Beratungskosten und eingesparter Energie weist die Energieberatung Mittelstand auf, wie in Tabelle 2 (Kapitel 3.4) zu sehen ist. Zwar werden dort nur eingesetzte Fördermittel und bei den Energieaudits Gesamtberatungskosten angesetzt, der Quotient Kosten/Einsparung unterschei-

det sich zwischen beiden Maßnahmen aber um solche Größenordnungen, dass die Aussage einer höheren Effizienz der geförderten gegenüber der verpflichtenden Beratung Gültigkeit hat.

Abgesehen davon ist statische Effizienz insbesondere bei einer verpflichtenden Energieberatung nicht gegeben, da Energieberatungen nicht zwangsläufig dort erfolgen, wo die ergiebigsten Einsparungen zu erwarten sind. So werden Nicht-KMU völlig unabhängig von Ihrer Branche und Energieintensität zur Durchführung herangezogen. Umgekehrt sind auch KMU mit sehr hoher Energieintensität und entsprechend umfassenden Einsparpotenzialen von der Verpflichtung ausgenommen. Positiver fällt die Bewertung des Instruments freiwillige Energieberatung aus, da davon ausgegangen werden kann, dass dieses verstärkt von Unternehmen in Anspruch genommen wird, die über relativ kostengünstige Einsparpotenziale verfügen und vorhaben, diese auch zu erschließen. Ansonsten würden sie die Eigenmittel nicht investieren.

Der Beitrag von Energieberatungen zu dynamischer Effizienz im Sinne verstärkter Innovationen ist ebenfalls begrenzt. Es ist aber zumindest vorstellbar, dass sich der Bekanntheitsgrad innovativer Technologien und damit die Nachfrage nach diesen durch Energieberatungen erhöht.

Gesamtwirtschaftliche Effizienz wird allerdings auch deshalb nicht erreicht, da externe Effekte weiterhin nur auf dem Niveau der aktuellen Besteuerung internalisiert werden.

3.3 Energiemanagementsysteme

Nach Bendel (o.J.) ist Energiemanagement definiert als „die Kombination aller Maßnahmen, die bei einer geforderten Leistung einen minimalen Energieeinsatz sicherstellen. Es bezieht sich auf Strukturen, Prozesse und Systeme sowie auf menschliche Verhaltensweisen und -änderungen.“ Ein Energiemanagementsystem ist die Einbettung des Energiemanagements in den Rahmen einer Norm. Aus Sicht des Verfassers ist die kontinuierliche Verbesserung der energetischen Leistung, basierend auf dem Plan-Do-Check-Act-Zyklus das zentrale Kriterium eines Energiemanagementsystems (Deutsches Institut für Normung (DIN), 2011; Geilhausen et al., 2015). Dieses unterscheidet ein Managementsystem von einem Energieaudit bzw. einer Energieberatung, die im Wesentlichen externe Impulse darstellen und das Unternehmen nicht zu einer systematischen Auseinandersetzung mit seinem Energieverbrauch zwingen.

In diesem Kapitel wird ein Schwerpunkt auf die Norm DIN EN ISO 50001 gelegt, da diese sich umfassend und schon dem Namen nach („Energiemanagement“) explizit auf das Management von Energie bezieht. Auch die Normen DIN EN ISO 14001 (Umweltmanagementsystem) und EMAS (Eco Management and Audit Scheme) der Europäischen Union legen einen Fokus auf Energie. Das Alternative System nach der Spitzenausgleicheffizienzsystem-Verordnung (SpaefV), Anlage 2 ist weit weniger umfassend als die ISO 50001. Da es in Punkt 4 aber die Geschäftsführung auffordert, sich „[e]inmal jährlich

(...) über die Ergebnisse der Nummern 1 bis 3 zu informieren und auf dieser Grundlage entsprechende Beschlüsse über Maßnahmen und Termine zu fassen“ (SpaefV, Anlage 2), wurde es bei der im vierten Kapitel dieser Arbeit geschilderten Erhebung ebenfalls als Energiemanagementsystem definiert.

Wirksamkeit

Die potenzielle Wirksamkeit eines Energiemanagementsystems bei der Senkung des Energieverbrauchs fußt neben der angesprochenen Verpflichtung zur kontinuierlichen Verbesserung auf der Existenz von einem oder mehreren Zuständigen. Diese beugen der Verantwortungsdiffusion vor und fühlen sich auch nach der Erfahrung des Autors als externer Berater von nach DIN EN ISO 50001 zertifizierten Unternehmen persönlich zuständig für die Pflege des Energiemanagementsystems sowie für die Initiierung von Maßnahmen. Während in der ISO 50001:2011 noch ein einzelner Energiebeauftragter genannt wird, verlagert die neue Version ISO 50001:2018 die Verantwortung auf ein Energieteam. Wenn die Gewährung von Vergünstigungen an eine Zertifizierung nach einem Management-System-Standard gebunden ist wie im Rahmen der Besonderen Ausgleichsregelung (EEG-Umlage) oder des Spitzenausgleichs (Energie- und Stromsteuer), liegt ein besonders starker Hebel vor, um Unternehmen zur tatsächlichen Umsetzung von Energiesparmaßnahmen zu veranlassen.

IREES and adelphi (2017) zeigen auf, dass Unternehmen, die Energiemanagementsysteme eingeführt haben, mehr Maßnahmen umgesetzt haben, als Unternehmen, die im Zuge der gesetzlichen Verpflichtung ein Energieaudit durchführten. Sie schränken einerseits ein, dass die Einführung der Managementsysteme meist zu einem früheren Zeitpunkt stattfand als die Durchführung der Energieaudits, sodass auditierte Unternehmen weniger Zeit zur Umsetzung hatten als solche mit Managementsystem. Andererseits betonen sie, „dass diese Unternehmen infolge des Managementsystems ohnehin kontinuierlich an Energieeffizienz-Verbesserungen arbeiten.“ (IREES & adelphi, 2017, S. 42)

Geilhausen et al. (2015, S. 7) beziffern das Potenzial von Energiemanagementsystemen auf bis zu 30% in den ersten fünf Jahren nach Einführung und berufen sich auf nicht näher spezifizierte „Erfahrungsberichte“. Konkreter werden BMWi and BAFA (2014): 841 Unternehmen, die 2013 einen Antrag zur EEG-Umlagenvergünstigung im Rahmen der Besonderen Ausgleichsregelung stellten und zu diesem Zweck oder schon zuvor ein Energie- oder Umweltmanagementsystem eingeführt haben, gaben an, ihren Verbrauch um 4 TWh Strom zuzüglich weiterer Mengen anderer Energieträger reduziert zu haben. Zur Einordnung: Der Gesamtstromverbrauch der begünstigten Unternehmen lag im Nachweisjahr bei 110,5 TWh (BMWi & BAFA, 2014). Der Zeitraum der Einsparung bleibt jedoch unklar. Eine Kontrollgruppe liegt zudem nicht vor, so dass es keine Anhaltspunkte gibt, welche Einsparung ohne die Existenz eines Energiemanagementsystems stattgefunden hätte.

Effizienz

Die Überlegungen zur statischen und dynamischen Effizienz in Bezug auf Energieberatungen können grundsätzlich auf Energiemanagementsysteme übertragen werden. Die Inanspruchnahme von Energiemanagementsystemen folgt in stärkerem Maße dem Prinzip Freiwilligkeit als jene von Energieaudits, so dass die mit letzteren einhergehenden Effizienz- und Wirksamkeitsprobleme beim Einsatz von Energiemanagementsystemen vermutlich weniger stark zum Tragen kommen. Im Rahmen des Energiedienstleistungsgesetzes ist anzunehmen, dass in erster Linie Unternehmen mit erwarteten höheren Einsparungen die im Vergleich zum Energieaudit umfassenderen Varianten der Einführung einer Zertifizierung nach DIN EN ISO 50001 oder nach EMAS gewählt haben. Wie noch gezeigt wird, erfolgte ein erheblicher Teil der weiteren Zertifizierungen durch Unternehmen, die von Vergünstigungen im Rahmen des EEG oder des Strom- und Energiesteuergesetzes profitieren. Bei allen handelt es sich um relativ energieintensive Unternehmen, so dass als Folge zu erwarten ist, dass mehr bzw. ergiebigere Maßnahmen angestoßen werden können als in weniger energieintensiven Unternehmen. Andererseits liegen diese Potenziale in Unternehmen jeder Branche vor. Gerade im Bereich Beleuchtung sind die Kosten pro eingesparter kWh vergleichsweise niedrig und Amortisationszeiten von weniger als 2 Jahren nach Beobachtungen des Verfassers keine Seltenheit. Diese Potenziale werden aber durch Energiemanagementsysteme aufgrund deren eingeschränkter Verbreitung nur sehr begrenzt erschlossen.

Ein Kriterium für die betriebliche Kosteneffizienz der Einführung von Energiemanagementsystemen ist die Verbreitung von Energiemanagementsystemen in Unternehmen, für die keine Steuer- und Umlagevergünstigungen ausschlaggebend waren. Für Unternehmen, die ein Energiemanagementsystem betreiben, ohne dass gesonderte Anreize vorliegen, rechtfertigen Energieeinsparungen und weitere Vorteile die Systemkosten. Ein Blick auf die Verbreitungsdokumentation der Norm ISO 50001 der International Organization for Standardization (International Organization for Standardization [ISO], 2019) zeigt bis inklusive 2016 einen starken Anstieg der Zertifizierungen in Deutschland. Während im Zeitraum bis 2015 die neuen Auflagen für die EEG-Umlagevergünstigung sowie für den Spitzenausgleich von der Stromsteuer noch die treibenden Kräfte gewesen sein dürften (BMW i & BAFA, 2014), ist der massive Anstieg in 2016 wohl auf die Fristverlängerung im Rahmen der Verpflichtung nach Energiedienstleistungsgesetz zurückzuführen (IREES & adelphi, 2017). Unternehmen, die dieser Verpflichtung unterlagen, mussten bis 05.12.2015 erstmalig ein Energieaudit durchführen. Alternativ hatten sie die Möglichkeit, sich bis 31.12.2016 nach der Norm DIN EN ISO 50001 zertifizieren zu lassen (IREES & adelphi, 2017).

Jahr	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Nach Din EN ISO 50001 zertifizierte Unternehmen	42	1133	2477	3402	5931	9024	8314

Tabelle 1 Nach DIN EN ISO 50001 zertifizierte Unternehmen (ISO, 2019)

In 2017 fällt die Zahl zertifizierter Unternehmen leicht ab, ein weiterer Hinweis darauf, dass ohne das Vorliegen gesetzlicher Verpflichtungen oder weitergehender finanzieller Anreize nur wenige Unternehmen sich für die Einführung eines Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001 entscheiden. Dies wiederum legt nahe, dass viele Unternehmen den Nutzen dieser Maßnahme im Verhältnis zu den Kosten als zu gering betrachten.

3.4 Förderprogramme

Die hier betrachteten Förderprogramme beinhalten überwiegend die Gewährung von *Subventionen*, da sie mit öffentlichen Geldern finanziert werden. „Eine Subvention kann definiert werden als ein ökonomischer Nutzen, der aus öffentlichen Mitteln an ein privates Wirtschaftssubjekt und unter den Kosten seiner Produktion oder zu Kosten von Null gewährt wird.“ (Biermann, Böhm, Brohm, Dröge, & Trabold, 2003, S. 4) Es existieren auch andere Förderprogramme, die nicht aus öffentlichen Quellen gespeist werden, wie das Erneuerbare-Energien-Gesetz.

Wirksamkeit

Aus Sicht des Autors weisen finanzielle Förderungen für den Einsatz überdurchschnittlich effizienter Technologien potenziell zwei Arten positiver Wirkungen auf:

- Direkter Effekt: Unmittelbare Senkung des Energieverbrauchs
- Indirekter Effekt: Beschleunigte Produktionskostensenkungen der geförderten Technologien dadurch, dass diese die Erfahrungskurve durchlaufen.

Nicht um andere Einflüsse bereinigte direkte Effekte von Förderprogrammen zur Steigerung der Energieeffizienz können relativ leicht überschlagen werden, indem Einsparungen auf Basis von Art und Anzahl der geförderten Anlagen geschätzt werden, zumindest, wenn ausschließlich Ersatzinvestitionen bezuschusst werden: In diesem Sinne ermittelte die Deutsche Energie-Agentur bei einer Evaluation des Förderprogramms „Investitionszuschüsse zum Einsatz hocheffizienter Querschnittstechnologien im Mittelstand“ im Auftrag des

BMWi Einsparungen von 0,37 TWh (=1,32 PJ) pro Jahr elektrisch und 0,05 TWh (0,18 PJ) pro Jahr thermisch zwischen Oktober 2012 und November 2015 (dena, 2016).

Untersuchungen von Jaffe and Stavins (1995) mit Daten im Gebäudesektor führten zum Ergebnis, dass Investitionssubventionen dreimal wirkungsvoller im Hinblick auf Investitionen in Wärmedämmung waren als Energiesteuern. Hassett and Metcalf (1995) ermitteln sogar einen achtmal so großen Effekt. In beiden Modelle hätte der Effekt von Preisanreizen und Subventionen theoretisch gleich groß sein müssen. Aalbers, Groot, Ossokina, and Vollebergh (2004) weisen vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse darauf hin, dass entsprechende Investitionssteuern auf ineffiziente Anlagen einen ähnlichen Effekt hätten wie Subventionen für effiziente Technologien.

Wicke and Blenk (1993) bemängeln dagegen die fehlende Treffsicherheit von Förderprogrammen, da nicht klar sei, inwieweit diese von der Zielgruppe angenommen werden.

Aussagen über die Wirkung von Förderprogrammen wie auch die oben wiedergegebene der dena sind häufig sehr begrenzt aussagekräftig, da sie nicht um Mitnahmeeffekte bereinigt sind. Mitnahmeeffekte entstehen durch das Auftreten von Trittbrettfahrern, diese werden von Aalbers et al. (2004, S. 31) wie folgt definiert:

“Free riders are agents who acquired a subsidy, but would have adopted the subsidised technology anyway and without a delay.”

In der Literatur finden sich zahlreiche explizite oder versteckte Hinweise auf Trittbrettfahrer. Eine Aussage der von der dena (2016) befragten Hersteller der geförderten Technologien deutet beispielsweise an, dass es sich bei der Inanspruchnahme der Fördermittel um Mitnahmeeffekte handelt: Das Förderprogramm sei von diesen nachrangig beworben worden, da die Berechtigung zur Inanspruchnahme von Fördermitteln in der Mehrzahl der Fälle für die Käufer kein wesentliches Entscheidungskriterium gewesen sei. Die Kunden entscheiden sich demnach aus anderen Gründen für ein bestimmtes Modell und profitieren dann zusätzlich ggf. von der Förderung. Dennoch konstatiert die dena:

„Die Geeignetheit des Finanzierungsinstruments zeigt sich auch darin, dass eine relativ geringe Zahl an Unternehmen angibt, dass die bewilligte Energieeffizienzmaßnahme auch aus Eigenmitteln finanzierbar gewesen wäre und insofern davon abgeleitet werden kann, dass (unvermeidliche) Mitnahmeeffekte nur im geringen Rahmen auftraten.“ (dena, 2016, S. 95)

Dieses Fazit ist mit Vorsicht zu betrachten, da es sich bei Selbstaussagen von Unternehmen nicht immer um verlässliche Informationsquellen handelt (Aalbers et al., 2004). Im vorliegenden Fall haben manche Unternehmen unter Umständen fälschlicherweise angegeben, über keine anderweitigen Finanzie-

rungsquellen zu verfügen, um weiterhin von Zuschüssen im Rahmen des diskutierten Förderprogramms zu profitieren.

Aalbers et al. (2004) ermitteln in einer Studie zur Inanspruchnahme von Förderprogrammen für energieeffiziente Technologien in den Niederlanden auf Basis zweier Methoden, dass ein erheblicher Teil der Unternehmen als Trittbrettfahrer einzustufen ist. Nach dem ersten Verfahren wurden anhand von Angaben der Unternehmen und Berechnungen ermittelt, ob die getätigten Investitionen a) auch ohne die Subvention wirtschaftlich gewesen wären, b) ohne die Subvention nicht wirtschaftlich gewesen wäre, c) auch inklusive der Subvention nicht wirtschaftlich war und trotzdem getätigt wurde. Trittbrettfahrer waren nach dieser Methode jene Unternehmen, auf die a) zutraf.

Bei der zweiten Methode wurden den Unternehmen vier Aussagen vorgelegt, von denen sie die auf ihren Betrieb zutreffende ankreuzen sollten. Unterschieden wurden die Fälle, dass die Unternehmen ohne Existenz des Förderprogramms (a) gar nicht, (b) später oder (c) in eine andere Technologie investiert sowie (d), dass sie ohne Verzögerung dieselbe Technologie erstanden hätten. Unternehmen, die sich für die letzte Variante entschieden, wurden als Trittbrettfahrer eingestuft.

Während im ersten Fall eine deutliche Mehrheit von 64-68% je nach Förderprogramm als Trittbrettfahrer eingestuft wurde, waren es nach der zweiten Methode noch 44,3%. „This result comes as no surprise since one expects firms to underreport the extent to which they engage in ‚undesirable‘ behaviour“ kommentieren die Autoren (Aalbers et al., 2004, S. 44). Diese Aussage bestätigt die Skepsis gegenüber subjektiven Einschätzungen von Unternehmen. Andererseits können auch die Werte für Gruppe a) der ersten Methode verzerrt sein – in diesem Fall aber nach oben hin, da aufgrund der betrieblichen Hemmnisse an Investitionen in Energieeffizienz tendenziell höhere Anforderungen als an andere Investitionen angelegt werden. Das Ausmaß der Mitnahmeeffekte bleibt nichtsdestotrotz beträchtlich.

Neben der Anziehung von Trittbrettfahrern beinhalten Fördermittel für energieeffiziente Technologien das Risiko einer Förderung des energieintensiv hergestellten Produkts. Eine Bezuschussung von Produktionsanlagen senkt die Herstellungskosten und erhöht die Produktionsmenge. Dies gilt im besonderen Maße, wenn nicht nur Ersatz- sondern auch Neuinvestitionen gefördert werden, da hierdurch Markteintritte und Produktionsausweitungen begünstigt werden (Rahmeyer, 1997).

Wenn per se energieintensive Technologien wie Druckluft gefördert werden, wie dies beim QST-Förderprogramm der Fall ist, erschwert dies zudem den Übergang zu energieeffizienteren Produktionsverfahren wie elektrischen Anwendungen. Die Ausweitung der Förderung hocheffizienter Querschnittstechnologien von reinen Ersatzmaßnahmen auf Neuinvestitionen durch das BAFA im Jahr 2016 ist vor diesem Hintergrund mehr als fragwürdig.

Hinsichtlich der zweiten oben genannten potenziell positiven Wirkung – der Verbilligung effizienter Technologien – kann wieder auf die dena-Studie von

2016 verwiesen werden. Untersucht wurden dort Auswirkungen auf den LED-Markt, da bis 2015 ein Großteil des Fördervolumens auf die Beschaffung von LED entfiel. Die beiden befragten LED-Hersteller gehen von einem Zusammenhang der Förderung mit den Preissenkungen bei LED um im Schnitt jährlich fünf Prozent in den letzten drei Jahren aus. Hersteller anderer Technologien bewerten die Auswirkungen der Förderungen dagegen eher zurückhaltend (dena, 2016).

Eine geradezu spektakuläre Kostendegression wurde im Rahmen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes durch die Förderung der Photovoltaik ausgelöst. Zwischen 2006 und 2017 fielen die Investitionskosten pro kW um 75%. Mit Gestehungskosten von teilweise nur noch 4-5 Ct. ist diese im Begriff, manche konventionellen Anlagen kostenmäßig zu unterbieten (Fraunhofer ISE, 2019).

Effizienz

Inwieweit Förderprogramme zu einem effizienten Zustand beitragen, nach dem Einsparungen dort erfolgen, wo dies mit den geringsten Kosten möglich ist, hängt stark von der Ausgestaltung des Förderprogramms ab. Viele Subventionen für Energieeffizienz werden technologieabhängig vergeben. Damit werden Einsparungen durch die geförderten Maßnahmen gegenüber anderen bevorzugt. In manchen Fällen wird dies dazu führen, dass ursprünglich teurere gegenüber kostengünstigeren Varianten aufgrund der Förderung bevorzugt werden. Aus Effizienzsicht positiver zu bewerten sind technologieoffene Förderprogramme wie STEP up! oder das Nachfolgeprogramm BmWi-Wettbewerb Energieeffizienz (BmWi, o.J.c). Diesbezüglich noch besser zu beurteilen sind Subventionen, die für jede eingesparte Emission die gleiche Förderung vorsehen. Sie haben die gleiche Allokationswirkung wie eine Abgabe in derselben Höhe (Rahmeyer, 1997). Wegen ihrer geringen Bedeutung in der Praxis werden sie in der weiteren Analyse aber ausgeklammert.

Die dynamischen Anreize hängen ebenfalls von der Konzeption des Förderprogramms ab. Werden für höhere Einsparungen größere Fördersätze in Aussicht gestellt, werden innovative Maßnahmen eher unterstützt als bei einem festen Fördersatz für bestimmte Technologien ohne konkrete Aussicht auf höhere Fördermittel bei weitergehenden Schritten. Die feste prozentuale Förderung gewisser Technologien im Rahmen von QST unabhängig davon, wie sehr diese die durchschnittliche Effizienz übersteigen, begünstigt weniger zusätzliche Sparanreize und Innovationen als die nach Einsparvolumen abgestuften Kredite der KfW für energetische Sanierungen von Gebäuden (Kreditanstalt für Wiederaufbau [KfW], o.J.).

Die Verwaltungskosten von Förderprogrammen werden häufig als relativ hoch im Vergleich zu Steueranreizen kritisiert (Aalbers et al., 2004). Zu unterstreichen ist, dass beim Förderprogramm-Design ein Trade-Off zwischen niedrigen Verwaltungs- und Transaktionskosten für Mittelgeber und -empfänger und der Minimierung von Mitnahmeeffekten auftritt (Aalbers et al., 2004). För-

derprogramme mit einfachen Regeln – z.B. Subventionierung bestimmter ausgereifter Querschnittstechnologien für alle Unternehmen in Deutschland, unabhängig davon, ob es sich um Ersatz- oder Neuanlagen handelt und pauschale Fördersätze bezogen auf die vollen Investitionskosten (d.h. nicht nur auf die Mehrkosten) unabhängig vom Grad der Effizienzerhöhung, wie dies bei der Teilkomponente Einzelmaßnahmen des Förderprogramms BAFA Querschnittstechnologien weitgehend der Fall ist – kommen mit einem relativ niedrigen administrativen Aufwand aus. Um Mitnahmeeffekte zu minimieren, müssen jedoch weitaus mehr und deutlich komplexere Regeln verankert werden, was Verwaltungskosten erhöht und die Verbreitung des Förderprogramms hemmt.

Mit einem Anteil von 4 Prozent am Förderbudget fallen die Verwaltungskosten des QST-Programms moderat aus (dena, 2016). Demgegenüber lag der Verwaltungskostenanteil am Programmbudget beim Programm Energieberatung Mittelstand bei 13 Prozent (IREES & Fraunhofer ISI, 2014) und bei der Vor-Ort-Beratung für Wohnhäuser bei 19 Prozent (dena, 2016).

In Tabelle 2 sind Einsparungen und Kosten verschiedener Programme dargestellt, um eine grobe Einordnung zu ermöglichen. Eine wirkliche Vergleichbarkeit ist nur sehr eingeschränkt gegeben, da Beratungen nicht unmittelbar zu Einsparungen führen, sondern hierzu zusätzliche Investitionskosten notwendig sind, die hier nicht angegeben sind. Die Tabelle zeigt allerdings die deutlich bessere Kosten-/Nutzen-Relation des Förderprogramms Energieberatung Mittelstand gegenüber Energieaudits nach Edl-G. Dies überrascht nicht, da davon auszugehen ist, dass Unternehmen, die freiwillig Energieberatungen durchführen lassen größere Einsparpotenziale und eine starke Umsetzungsmotivation aufweisen.

Instrument	Einsparung pro Jahr	Kosten	Kosten-/Einspar-Verhältnis	Quelle
Energieberatung Mittelstand (EBM)	Mittel- 1,5-2,7 TWh	8,12 Mio. € Förderung +Administration; 13,22 Mio. € Förderung+ Eigenanteil der Unternehmen + Administration	0,3-0,5 Ct/kWh nur Förderanteil; 0,5-0,9 Ct/kWh inkl. Eigenanteil der Unternehmen.	IREES and Fraunhofer ISI (2014) und eigene Berechnungen
Energieaudits nach Edl-G	4,9 – 6,3 TWh	374 Mio. € nur Beratungskosten	7,6 Ct/kWh	DEnBAG et al. (2016) und eigene Berechnungen
Energiemanagementsysteme nach ISO 50001 (EEG-Umlagevergünstigung)	4 TWh Strom (Zeitraum unklar)	-	-	BMW i and BAFA (2014)
Förderprogramm BAFA Querschnittstechnologien (QST)	0,14 TWh	25,3 Mio € (ausbezahlte Fördermittel + Administration)	18,56 Ct / kWh	dena (2016) und eigene Berechnungen

Tabelle 2 Vergleich der Einsparungen und Kosten unterschiedlicher Instrumente

Anmerkung: Beim Förderprogramm QST ergibt sich die Einsparung pro Jahr durch den Quotienten aus der im gesamten Prüfzeitraum (2012-2015) eingesparten Energiemenge und der Dauer des Zeitraums. Wie eine Nachfrage bei der dena ergab, ging in die eingesparte Energiemenge nur die Summe der einmaligen Jahreseinsparungen aller bewilligten Förderanträge ein. Für eine Lebensdauerbetrachtung der eingesetzten Technologien reduzieren sich die Kosten entsprechend. Die dena (2016) ermittelt für die meisten Einzelmaßnahmen⁹ eine Kosten-Nutzen-Relation über den gesamten Lebenszyklus von 10-15€/MWh = 1-1,50 Ct./kWh. Bei Energieaudits werden für die angegebene Einsparmenge neu angestoßene Maßnahmen ebenfalls nur einmalig

⁹ Das Förderprogramm ist aufgeteilt in Einzelmaßnahmen und die sog. Systemische Optimierung (Deutsche Energie-Agentur, 2016).

mit ihrer Jahreseinsparmenge gezählt. Wie die von IREES and Fraunhofer ISI (2014) angegebene Einsparmenge pro Jahr bei der EBM zustande kommt, ist dagegen unklar.

3.5 Preisanreize

Wie in 2.1 und 2.2 geschildert, entstehen bei den Energieumwandlungen unseres aktuellen Versorgungssystems zahlreiche externe Effekte durch CO₂, Schadstoffe, die nicht abgesicherten Schäden von Kernkraftwerken oder landschaftliche Eingriffe durch Kühltürme und Windkraftanlagen. Diese Kosten tragen nicht die Verursacher – Produzenten und Konsumenten – sondern Dritte wie die Gesellschaft, Natur und Tiere. Über Steuern können diese externen Effekte internalisiert werden. Bislang orientieren sich die Steuersätze auf die Nutzung der jeweiligen Energieträger jedoch höchstens ansatzweise an der Höhe des externen Effekts. Neben einer Internalisierung der externen Effekte ist es auch möglich, auf konkrete Mengenziele mithilfe einer ggf. anzupassenden Steuer hinzuwirken - sog. Preis-Standard-Ansatz von Baumol and Oates (1971).

Wirkung

Die prinzipielle Wirkung einer Steuer auf den Energieverbrauch ist mehrfach belegt. Gelegenheit zu empirischen Untersuchungen bot die Einführung der sog. „Ökosteuer“ in Deutschland im Jahr 1999. Diese sah eine Verteuerung des Energieverbrauchs durch die Anhebung von Energiesteuern auf fossile Brennstoffe sowie die Einführung einer verbrauchsbasierten Stromsteuer bei gleichzeitiger Befreiung der Stromerzeugung von der Energiesteuer vor. Die Einnahmen kommen überwiegend der Rentenversicherung zugute und senken gleichsam Arbeitnehmer- und Arbeitgeberbeiträge (Ecologic Institut für Internationale und Europäische Umweltpolitik [Ecologic Institut], 2005). Das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW, 2001) ermittelt in einer gesamtwirtschaftlichen Simulation einen mittelfristigen Rückgang der CO₂-Emissionen um 2-3 Prozent gegenüber der Entwicklung ohne Ökologische Steuerreform, in absoluten Zahlen handelt es sich um rund 20-25 Millionen Tonnen. In einer späteren Studie zieht das DIW ein eher ernüchterndes Fazit:

„Umwelt- und klimapolitisch war die Reform nur halbherzig angelegt. Rücksichtnahmen auf die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie sowie auf die verfügbaren Einkommen der ärmeren Haushalte reduzieren die Lenkungswirkung bei energieintensiven Prozessen und im Raumwärmebereich weitgehend. Nennenswerte Preisimpulse gab es lediglich bei den Verkehrskraftstoffen und beim Stromeinsatz außerhalb der energieintensiven Industrien.“ (DIW, 2009, S. 226)

Im Jahr 2010 untersuchte das DIW die Preiselastizitäten der Verkehrsleistung der Haushalte in km im Zusammenhang mit der Einführung der Ökosteuer und kommt auf einen – zwar signifikanten– aber doch eher geringen Effekt

der Steuerhöhung auf die gefahrenen Kilometer. Ein um 10% höherer Preis reduziert demnach die Fahrleistung um rund 1,8% (DIW, 2010).

Györi (2014) findet ebenfalls Effekte der Energiepreise auf die Energieeffizienz bzw. Energieproduktivität (hier synonym gebraucht), ausgedrückt als Quotient aus Bruttowertschöpfung und Energieverbrauch. Für seine Studie betrachtet er Unternehmen mit einem Stromverbrauch ober- und unterhalb der seinerzeit gültigen 10 GWh-Grenze, ab der Teil-Befreiungen von der EEG-Umlage zur Förderung Erneuerbarer Energien möglich waren. Er beobachtet mit Erreichen des Schwellenwerts eine abrupte Senkung der Energieeffizienz, die er zurückführt auf die aus der EEG-Befreiung resultierenden niedrigeren Strompreise der beobachteten Unternehmen. Unternehmen mit einem Verbrauch von mehr als 10 GWh haben demnach eine um 0,082 €/kWh niedrigere Energieproduktivität als Unternehmen mit einem Verbrauch weniger als 10 GWh. In ökologischer Hinsicht bergen die Vergünstigungen für energieintensive Unternehmen nach diesem Ergebnis also erhebliche Risiken eines Mehrverbrauchs. Hinzugefügt werden muss, dass Györi sich auf Daten aus dem Jahr 2008 bezieht, in dem noch keine Verpflichtung zur Einführung eines Managementsystems bestand (BMW i & BAFA, 2014).

In grundsätzlicher Sicht muss bei der Bewertung der Wirkung von Preisanreizen differenziert werden zwischen der in 2.1.1 erwähnten Pigou-Steuer, also einer Steuer in der vermuteten Höhe der externen Effekte und dem Preis-Standard-Ansatz, bei dem ein ökologisches Ziel vorgegeben und die Höhe des Steuersatzes darauf ausgerichtet wird. Während die 1:1-Anwendung der Pigou-Steuer aufgrund der unbekanntenen Höhe der externen Effekte erhebliche Schwierigkeiten verursachen würde und zugleich die erzielbare Wirkung von vornherein schwer absehbar wäre (Rahmeyer, 1997), stellt der von Baumol and Oates (1971) entwickelte Preis-Standard-Ansatz eine zugleich einfachere wie wirkungsvollere Lösung dar. Zur Erreichung eines ökologischen Ziels könnte sich der Gesetzgeber von unten an den richtigen Steuersatz herantasten. Die Risiken von Ungenauigkeiten späterer Nachkorrekturen sind im Verhältnis zu den Inkonsistenzen des aktuellen Steuersystems beherrschbar. Rahmeyer (1997) gibt aber zu bedenken, dass eine mehrmalige Modifikation der Abgabenhöhe zu hohen Verwaltungskosten und ein zu hoher Steuersatz zu ineffizienten Investitionstätigkeiten führen kann.

Ein Vorteil im Hinblick auf die Wirksamkeit von Preisanreizen liegt schließlich in ihrem Beitrag zur Vermeidung von Rebound-Effekten. Während technische Anforderungen wie Grenzwerte die Effizienz direkt steigern, in der Folge aber auch zu einer Verbilligung der Nutzung des Energie verbrauchenden Gutes führen (siehe 2.5), sorgen Preisanreize in erster Linie für eine Verteuerung des Energieverbrauchs und erst als Konsequenz daraus für niedrigere Verbräuche. Folglich betrachten adelphi et al. (2016) eine Verbrauchsabgabe zur Abschöpfung der Ersparnisse durch steigende Energieeffizienz auch als probates Gegenmittel zu Rebound-Effekten.

Effizienz

Preisreize ermöglichen grundsätzlich - d.h. sofern von betrieblichen und ggf. anderen Hemmnissen abgesehen wird – einen in statischer Hinsicht effizienten Zustand. Dies sei an folgendem Beispiel des Preis-Standard-Ansatzes veranschaulicht. Angenommen der für die Senkung des Energieverbrauchs um 20% bis 2020 notwendige Energiesteuersatz liege einheitlich bei 30€ pro MWh. Dann werden von Unternehmen und Verbrauchern jene Maßnahmen realisiert mit Grenzkosten von weniger als 30€, jene mit höheren Grenzkosten werden nicht umgesetzt. Analog lässt sich bei einem durch den Emissionshandel erzielten Preis argumentieren.

Da bei der Einführung einer Pigou-Steuer zur Internalisierung externer Effekte kein Umweltziel vorgegeben wird, muss die bisherige Definition statischer Effizienz – die Erreichung eines ökologischen Ziels zu den geringstmöglichen Kosten (3.1) – dahingehend modifiziert werden, dass die Erreichung *jeglicher Einsparungen* bzw. einer wohlfahrtstheoretisch *optimalen* Emissionsmenge zu den niedrigsten Kosten erfolgt (vgl. 2.1.1 sowie Rahmeyer, 1997) Beides ist bei der Pigou-Steuer grundsätzlich der Fall. Der Mechanismus ist derselbe wie im Fall des Preis-Standard-Ansatzes und des Emissionshandels.

Einschränkend muss gesagt werden, dass aufgrund betrieblicher Hemmnisse wie insbesondere beschränkter Rationalität sich auch unter Gültigkeit von einem der beiden steuerlichen Instrumente oder eines flächendeckenden Zertifikatehandels nicht unbedingt die Verbrauchssenkungen mit den niedrigsten Kosten durchsetzen (vgl. 2.3 und 3.2).¹⁰

Auch in dynamischer Hinsicht sind Preisreize positiv zu beurteilen, da - im Gegensatz beispielsweise zu Grenzwerten – ein Anreiz besteht, über den aktuellen Zustand hinaus Verbräuche oder Emissionen zu senken und hierfür möglichst kostengünstige Verfahren zu entwickeln (Knorring, 1997).

Schließlich werden Steuern als einem Instrument zur Schaffung von Preisreizen auch relativ niedrige administrative Kosten zugeschrieben, verglichen mit Förderprogrammen (Aalbers et al., 2004). Das DIW (2009) kritisiert dagegen die praktische Umsetzung der Öko-Steuer, die sowohl die ökonomische als auch die administrative Effizienz untergrabe:

„Die Konzepte sind nur mit zahlreichen Ausnahme- und Ermäßigungsregelungen für energieintensive Produktions- und Verbrauchsbereiche durchzusetzen. (...) Die Politik muss die begünstigten Bereiche auswählen und abgrenzen, die Entscheidungsprozesse sind stark anfällig für Lobbying, die administrative Abwicklung der Begünstigungen ist mit hohem Verwaltungs- und Befolgungsaufwand verbunden.“ (DIW, 2009, S. 227)

¹⁰ Ob sich letztlich die Maßnahmen mit den geringsten Kosten durchsetzen, hängt maßgeblich von der Verteilung der Hemmnisse auf die einzelnen Bereiche ab. Ist jeder Bereich gleichermaßen von Hemmnissen betroffen, wird dennoch die günstigste Lösung gewählt.

Rahmeyer (1997) verweist auf höhere Durchsetzungskosten ökonomischer Anreizinstrumente im Unterschied zu Auflagen, da eine regelmäßige Messung der Emissionen notwendig sei. Diese Sichtweise kann angezweifelt werden, da zur Erreichung eines ökologischen Ziels – z.B. der Einhaltung einer Obergrenze an Treibhausgasen – ebenfalls regelmäßige Ermittlungen der Emissionsmenge erforderlich sind. Verschiedene Beispiele, wie die Festlegung von CO₂-Grenzwerten von Fahrzeugen (International Council on Clean Transportation, 2017) sowie eine Studie von Blok, Groot, Luiten, and Rietbergen (2004) zur verpflichtenden Durchführung von Energieeffizienz-Aktivitäten in Unternehmen weisen darauf hin, dass eine effektive Überwachung regulatorischer Vorgaben komplex ist und hohe administrative Kosten mit sich bringt.

Weitere Aspekte

Ein Vorteil marktwirtschaftlicher Instrumente, zu denen Preisanreize gezählt werden, besteht in der größeren Kompatibilität mit dem Emissionshandel gegenüber anderen Instrumenten. Sofern eine Steuer vollständig an den Ausstoß von CO₂-Emissionen gekoppelt ist – was unter anderem eine Systemumstellung für die Stromerzeugung von der verbrauchsbasierten Stromsteuer zu einer erzeugungsorientierten Energiesteuer auf Basis der jeweiligen CO₂-Intensität voraussetzt – kann eine Anrechenbarkeit der Zertifikatskosten auf die Steuerschuld vereinbart werden. Emissionshandel- und Nicht-Emissionshandel-Verbraucher werden auf diese Weise gleichbehandelt, sofern die Zertifikatspreise die Steuer pro Emissionseinheit nicht überschreiten. Die Harmonisierung eines Systems, das überwiegend auf eine Besteuerung entsprechend des Energieverbrauchs setzt, mit dem Emissionshandel ist dagegen komplexer. Nicht gelöst sind die Auswirkungen von Steuererhöhungen im Inland auf die Zertifikatspreise im europäischen Emissionshandel. Höhere Steuern im Inland bewirken Nachfragesenkungen, woraus wiederum Preissenkungen für Zertifikate resultieren. Durch entsprechende Emissionserhöhungen im EU-Ausland würde zumindest ein Teil der national reduzierten Emissionen wieder kompensiert.¹¹

Ein Risiko der Erhöhung von Energiepreisen im nationalen bzw. abgeschwächt auch im europäischen Alleingang besteht in der Gefährdung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit, wie die DIHK am Beispiel der EEG-Umlage ausführt (Deutscher Industrie- und Handelskammertag [DIHK], 2017). Zur weiteren Diskussion sei auf 5.3 verwiesen.

¹¹ Zur bisherigen begrenzten Wirkung des Emissionshandels siehe 2.1.2.

4 Empirische Analyse von Verbrauchsdaten mittelständischer Betriebe

Die theoretischen und empirischen Hinführungen aus der Literatur werden in diesem Kapitel im Rahmen einer eigenen empirischen Analyse überprüft.

In Kapitel 4.1 werden die zu testenden Hypothesen aufgestellt. 4.2 dient der Beschreibung der verwendeten Methodik. Während sich die Darstellung in 4.3 im Wesentlichen auf die Abbildung der Ergebnisse verschiedener Modellvariationen beschränkt, findet in 4.4 eine genauere Interpretation dieser Ergebnisse statt. In 4.5 werden Restriktionen des Modells und der vorliegenden Daten genannt und ein weiterer Forschungsbedarf abgeleitet.

4.1 Hypothesen

Basierend auf den Ausführungen in Kapitel 3 werden folgende Hypothesen aufgestellt, deren Gültigkeit mithilfe einer Regressionsanalyse überprüft werden sollen:

- Hypothese 1: Es wird ein positiver Zusammenhang zwischen der Veränderung des Preisniveaus und der Energieeffizienz erwartet.
- Hypothese 2: Es wird ein positiver Zusammenhang zwischen der Durchführung einer Energieberatung und der Energieeffizienz erwartet.
- Hypothese 3: Es wird ein positiver Zusammenhang zwischen dem Vorliegen eines Energiemanagementsystems und der Energieeffizienz erwartet.
- Hypothese 4: Es wird ein positiver Zusammenhang zwischen den bezogenen Fördermitteln als Anteil am Umsatz und der Energieeffizienz erwartet.
- Hypothese 5: Es wird ein positiver Zusammenhang zwischen der Interaktionsvariable Energieberatung/Energiemanagement und der Energieeffizienz erwartet.
- Hypothese 6: Es wird ein positiver Zusammenhang zwischen dem Umsatz in absoluter und logarithmierter Form und der Energieeffizienz erwartet.

Die Begründung der Hypothesen 5 und 6 erfolgt im Unterkapitel 4.2.4.

Eine Operationalisierung aller Hypothesen findet durch die Einführung der verschiedenen Variablen in Kapitel 4.2.4 statt.

4.2 Methodik

4.2.1 Vorgehensweise

Für das Vorhaben wurde auf einen Datensatz des Rationalisierungs- und Innovationszentrums der Deutschen Wirtschaft (RKW) e.V. zurückgegriffen. Dieser stammt aus dem vom Bundeswirtschaftsministerium finanzierten Projekt „Energieeffizienz Impulsgespräche“, das vom RKW und seinen Landesgesellschaften im Zeitraum Januar 2012 bis Dezember 2014 durchgeführt wurde (Rationalisierungs- und Innovationszentrum der Deutschen Wirtschaft e.V. Kompetenzzentrum [RKW], 2014). Hierbei wurden ca. 8000 überwiegend kleine und mittlere Unternehmen aller Branchen in einem ca. zweistündigen Vor-Ort-Gespräch kostenlos zur Steigerung der Energieeffizienz beraten. Im Rahmen der Gespräche wurden verschiedene Daten wie z.B. Energieverbräuche und –kosten, Umsatz und Mitarbeiterzahl mit einem Fragebogen erhoben.

Im ersten Schritt ausgewählt wurden die Datensätze von ca. 1676 Unternehmen auf Basis einer Prüfung auf Vollständigkeit und Konsistenz. Datensätze mit unrealistischen Verbrauchs-Kostenrelationen wurden ausgeschlossen. Nicht berücksichtigt wurden Angaben zum Treibstoff aufgrund offensichtlich unvollständiger Daten.

Anschließend wurde in Rücksprache mit dem RKW ein Print-Fragebogen erstellt, der in 4.2.3 genauer beschrieben wird.¹² Zur Erzielung eines möglichst hohen Rücklaufs wurde zusätzlich ein entsprechender Online-Fragebogen auf dem Portal Unipark erstellt. Sämtliche Unternehmen mit bekannter E-Mail-Adresse (1430) erhielten einen Link zu diesem Fragebogen. 1100 Unternehmen wurden (zusätzlich) postalisch kontaktiert. Die E-Mail-Versendung wurde zweimal wiederholt. Insgesamt wurde ein Rücklauf von 152 Fragebögen erzielt, was einer Rücklaufquote von 9% bezogen auf die insgesamt per Mail und/oder postalisch kontaktierten 1676 Unternehmen entspricht. 62 Unternehmen sendeten den ausgefüllten postalisch verschickten Fragebogen zurück. 90 gaben ihre Antworten online ab. In 65% der Fälle waren Rückfragen wegen unvollständiger Antworten oder Inkonsistenzen notwendig. Bei 48 Unternehmen konnten die Fragen nicht mehr rechtzeitig vollumfänglich geklärt werden, so dass zum gewählten Stichtag 31.10.2018 letztlich 104 verwertbare Datensätze vorlagen.

4.2.2 Datenbasis

Im Zuge der weiteren Bearbeitung wurde ein Unternehmen als Ausreißer aussortiert (siehe 4.2.5). Dieser Schritt ist in der folgenden Beschreibung bereits berücksichtigt.

¹² Der Fragebogen in der Print-Version befindet sich im Anhang.

Wie Tabelle 3 zeigt, sind die beteiligten Unternehmen mittelständisch geprägt mit max. 365 Mitarbeitern. Bezogen auf die Energieverbräuche ergeben sich aber große Unterschiede.

	Schnitt	Minimum	Maximum
Mitarbeiter	56	2	365
Umsatz in Mio. €	7,70	0,1	139,2
Gesamtenergieverbrauch in MWh	1.513	1,14	13.060
Strompreise in €/kWh	0,19	0,13	0,31
Heizenergiepreise in €/kWh	0,06	0,02	0,11
Umsatz/Gesamtenergieverbrauch in €/kWh	9,23	0,26	85,0

Tabelle 3 Datenbasis 2011-2013

Bei den Branchen dominiert mit 67 von 103 Unternehmen (65%) das Produzierende Gewerbe. Die aktuelle Erhebung durch den Autor dieser Arbeit zeigt ein im Wesentlichen ähnliches Bild in Tabelle 4.

	Schnitt	Minimum	Maximum
Mitarbeiter	64	1	485
Umsatz in Mio. €	8,0	0,1	116,3
Energieverbrauch in MWh	1.573	1,4	12.359
Strompreise in €/kWh	0,20	0,10	0,31
Heizenergiepreise in €/kWh	0,05	0,02	0,10
Umsatz/Gesamtenergieverbrauch in €/kWh	9,40	0,25	79,4

Tabelle 4 Datenbasis 2016-2017

Auffällig ist lediglich die deutliche Steigerung des Maximums der Mitarbeiterzahl. Da im ersten Fragebogen diese Größe nicht präzisiert wurde, fand auch in der Folgerhebung keine Konkretisierung statt. Möglicherweise wurden dadurch in manchen Fälle Vollzeitäquivalente ermittelt und in anderen Fällen jede für das Unternehmen tätige Person gleichermaßen als Mitarbeiter angegeben. In die statistische Analyse fand die Mitarbeiterzahl daher keinen Eingang.

4.2.3 Messinstrument

Die Datenerfassung zum Zeitpunkt t=2 (d.h. im Jahr 2018) erfolgte wie erwähnt mit einem Fragebogen, der folgende Aspekte abfragte:

- Energieverbräuche und –kosten mit Ausnahme von Treibstoffen für folgende Energieträger: Strom, Erdgas und Fernwärme (jeweils in kWh), Heizöl in Litern (l), Pellets in Tonnen (t), Hackschnitzel in Schüttraummetern (srm) und Stückholz in Raummetern (rm) im Jahr 2017.
- Einführung eines Energie- oder Umweltmanagementsystems Ja/Nein sowie wenn ja, welchen Typs und in welchem Jahr. Als Antwortmöglichkeiten vorgegeben waren ein Managementsystem nach DIN EN ISO 50001, ein Umweltmanagementsystem nach EMAS oder ein Umweltmanagementsystem nach DIN EN ISO 14001.
- Durchführung einer Energieberatung seit der Inanspruchnahme des Impulsgesprächs Ja/Nein sowie wenn ja, welchen Typs und in welchem Jahr. Ankreuzbare Antwortmöglichkeiten waren
 - Energieberatung
 - Gebäudeenergieberatung
 - Energieberatung nach Energiedienstleistungsgesetz
 - Energieberatung im Rahmen der Einführung eines Alternativen Systems nach Spitzenausgleicheffizienzsystem-Verordnung
 - Energieberatung im Rahmen der Einführung eines Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001.
 - Inanspruchnahme von Fördermitteln zur Steigerung der Energieeffizienz, Umfang und Jahr der Inanspruchnahme.
 - Mitarbeiterzahl und Umsatz zum 31.12.2017
 - Ergänzende Fragen (siehe Anhang)

Für den Fall, dass für 2017 noch keine Daten vorlagen, wurden die Unternehmen gebeten, Daten für 2016 einzutragen.

4.2.4 Statistisches Modell

Aufgrund der längsschnittlichen Datenbasis mit zwei Messzeitpunkten kann für die empirische Analyse ein *difference-in-differences-Ansatz* verwendet werden. Dieser ist angelehnt an die Erläuterungen von Armendáriz de Aghion and Morduch (2007).¹³

Vorausgesetzt wird, dass die abhängige Variable zum Zeitpunkt 1 von den prinzipiell gleichen unabhängigen Variablen beeinflusst wird wie zum Zeitpunkt 2. Die beiden Gleichungen werden dann voneinander abgezogen, so

¹³ In der Literatur wird der difference-in-differences-Ansatz wie z.B. in der Forschung zur Wirkung von Mikrokrediten meistens mit einem Design beschrieben, das die Bildung von zwei möglichst ähnlichen Gruppen vorsieht, die sich nur durch das interessierende Merkmal systematisch unterscheiden sollen (Armendáriz de Aghion and Morduch (2007)) In der vorliegenden Erhebung wird nicht von einer prinzipiellen Vergleichbarkeit der Unternehmen ausgegangen. Stattdessen wird versucht, die vermuteten systematischen Einflüsse durch die Einbeziehung mehrerer Variablen zu kontrollieren.

dass man im Ergebnis eine neue Gleichung erhält. Diese enthält als abhängige Variable die Differenz der jeweiligen abhängigen Variable der beiden Zeitpunkte, im vorliegenden Fall die Veränderung der Energieeffizienz.

Die unabhängigen Variablen unterteilen sich in zwei Gruppen:

- Veränderbare Variablen wie z.B. die zwischenzeitliche Durchführung einer Energieberatung oder Veränderungen der Strom- bzw. Heizenergiepreise
- Unveränderliche Variablen wie potenziell Betriebskultur oder Branche.

Während die Analyse des Einflusses der veränderlichen Variablen das eigentliche Ziel der Arbeit darstellt, bietet der *difference-in-differences-Ansatz* die Möglichkeit der Eliminierung unveränderlicher Variablen. An zwei Beispielen sollen diese Vorteile verdeutlicht werden:

Die Energieeffizienz eines Betriebs wird anteilig auch von nicht beobachtbaren Faktoren beeinflusst. Der Begriff „nicht beobachtbar“ ist dabei nicht absolut zu sehen, sondern bezieht sich auf die Umstände einer Betrachtung und deren Restriktionen. In der vorliegenden Studie kann beispielsweise die Unternehmenskultur nicht beobachtet werden. Diese wird von Verhaltensweisen, Werten und dem Einfluss von Persönlichkeiten geprägt (Hungenberg & Wulf, 2006). Geht man davon aus, dass sich die Betriebskultur nicht verändert, kann deren Einfluss durch das Modell eliminiert werden. Ein weiteres Beispiel für eine nicht veränderliche Variable ist die Branchenzugehörigkeit. Diese lässt sich im Gegensatz zur Betriebskultur zwar im Rahmen dieser Erhebung durchaus beobachten, die explizite Kontrolle des Brancheneinflusses durch die Aufnahme einer riesigen Zahl an Variablen wäre aber faktisch nicht mehr zu bewältigen. Alleine auf der obersten Ebene umfassen die NACE-Branchencodes 21 Unterteilungen, die weiter untergliedert sind (European Commission, 2010). Die Eliminierung des Brancheneinflusses stellt also eine erhebliche Erleichterung für die Durchführung der Regressionsgleichung dar.

Zur Veranschaulichung wird das Basismodell im Folgenden formal dargestellt.

Zeitpunkt 1 – 1. Erhebung in den Jahren 2012-2014, Daten aus den Jahren 2011-2013, Unternehmen i

$$1 | UG_{i1} = A_{i1} + aU_{i1} + blnU_{i1} + cSP_{i1} + dHEP_{i1} + eSP_{gesch_{i1}} + fHEP_{gesch_{i1}} + gEB_{i1} + iMS_{i1} + kIEB_{i1}MS_{i1} + mFM_Prozent_{i1} + oX_i + pY_i$$

Zeitpunkt 2 – 2. Erhebung im Jahr 2018, Daten aus dem Jahr 2017, in Einzelfällen aus dem Jahr 2016, Unternehmen i

$$2 | UG_{i1} = A_{i1} + aU_{i2} + blnU_{i2} + cSP_{i2} + dHEP_{i2} + eSP_{gesch_{i2}} + fHEP_{gesch_{i2}} + gEB_{i1} + hEB_{i2} + iMS_{i1} + jMS_{i2} + kIEB_{i1}MS_{i1} + lIEB_{i2}MS_{i2} + mFM_Prozent_{i1} + nFM_Prozent_{i2} + oX_i + pY_i$$

Aufstellung des analysierten Modells durch Differenzenbildung:¹⁴

$$3 \mid dUG_{i12} = dA_{i12} + a(dU_{i12}) + b(d\ln U_{i12}) + c(dSP_{i12}) + d(HEP_{i12}) + e(dSP_{gesch_{i12}}) + f(dHEP_{gesch_{i12}}) + hEB_{i2} + jMS_{i2} + lIEB_{i2}MS_{i2} + nFM_Prozent_{i2}$$

$$UG_{i1}, UG_{i2} = \frac{\text{Umsatz inflationsbereinigt } (i)}{\text{Gesamtenergieverbrauch (anteilig witterungsbereinigt)}(i)}, \\ t = 1, 2.$$

$$A_{i1}, A_{i2} = \text{Konstante } (i, t) \quad dA_{i12} = A_{i2} - A_{i1},$$

$$U_{i1}, U_{i2} = \text{Umsatz } (i, t); \quad dU_{i12} = U_{i2} - U_{i1}$$

$$\ln U_{i1}, \ln U_{i2} = \text{logarithmierter Umsatz } (i, t); \quad d\ln U_{i12} = \ln U_{i2} - \ln U_{i1}$$

$$SP_{i1}, SP_{i2} = \text{Strompreis } (i, t); \quad dSP_{i12} = SP_{i2} - SP_{i1}$$

$$HEP_{i1}, HEP_{i2} = \text{Heizenergiepreis } (i, t); \quad dHEP_{i12} = HEP_{i2} - HEP_{i1}$$

$$SP_{gesch_{i1}}, SP_{gesch_{i2}} \\ = \text{Strompreis vorangehender } 5 \\ - \text{Jahreszeitraum } (i, t); \quad dSP_{gesch_{i12}} = SP_{gesch_{i2}} - SP_{gesch_{i1}}$$

$$HEP_{gesch_{i1}}, HEP_{gesch_{i2}} \\ = \text{Heizenergiepreis vorangehender } 5 \\ - \text{Jahreszeitraum } (i, t); \quad dHEP_{gesch_{i12}} = HEP_{gesch_{i2}} - HEP_{gesch_{i1}}$$

EB_{i1} = Energieberatung, die vor $t = 1 = 1$ durchgeführt wurde, Dummy – Variable

EB_{i2} = Energieberatung, die zwischen $t = 1$ und $t = 2$ durchgeführt wurde, Dummy – Variable

MS_{i1} = Energiemanagementsystem, das in $t = 1$ betrieben wurde, Dummy – Variable

MS_{i2} = Energiemanagementsystem, das zwischen $t = 1$ und $t = 2$ betrieben wurde, Dummy – Variable¹⁵

$IEB_{i1}MS_{i1}$ = Interaktionsvariable $IEB_{i1}MS_{i1}$, Dummy – Variable

$IEB_{i2}MS_{i2}$ = Interaktionsvariable $IEB_{i2}MS_{i2}$, Dummy – Variable

$FM_Prozent_{i1}$ = Vor $t = 1$ erhaltene Fördermittel als Anteil am Umsatz

$FM_Prozent_{i2}$ = Zwischen $t = 1$ und $t = 2$ erhaltene Fördermittel als Anteil am Umsatz

$X_i Y_i$ = zeitlich unveränderte Variablen (z. B. Branche, Betriebskultur)

$a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p$ = Koeffizienten

In der finalen Gleichung (3), die die Basis für die Regressionsanalyse ist, gut zu erkennen ist der Wegfall der unveränderlichen Variablen X_i und Y_i .

¹⁴ Statt des griechischen Δ wird „d“ verwendet, um die Differenz auszudrücken.

¹⁵ Einführung vor $t=1$ und weiterbetrieben nach $t=1$ oder Einführung zwischen $t=1$ und $t=2$.

Eingeräumt werden muss, dass die Annahme des auch zum Zeitpunkt 2 gleichermaßen wie zum Zeitpunkt 1 vorhandenen Einflusses der Variablen EB_t , MS_t , $IEBMS_t$, $FM_Prozent_t$ konstruiert ist, um die Durchführung des Ansatzes zu ermöglichen. Über bis zum Zeitpunkt 1 erhaltene Fördermittel, durchgeführte Energieberatungen und eingeführte Managementsysteme liegen keine Informationen vor, so dass ein Ansatz gefunden werden musste, um diesen Einfluss zu eliminieren. Hinsichtlich des Energiemanagementsystems wurde der vorliegende Ansatz bewusst gewählt, der eine Veränderung der Energieeffizienz sowohl auf ein neu eingeführtes als auch auf ein weiterbetriebenes Energiemanagementsystem zurückführt, da ein Energiemanagementsystem zu einer stetigen Verbesserung der energetischen Leistung verpflichtet (Deutsches Institut für Normung (DIN), 2011). Hinsichtlich der Variable Energieberatung wird von einer kleinen Zahl an Energieberatungen bis zum Zeitpunkt 1 ausgegangen, da eine Voraussetzung zur Teilnahme am Projekt Energieeffizienz Impulsgespräche war, dass nicht bereits vorher eine geförderte Energieberatung Mittelstand in Anspruch genommen worden war.

Als abhängige Variable und Proxy für die Veränderung der Energieeffizienz fungiert die Differenz der Quotienten aus jeweiligem preisbereinigtem Umsatz und jeweiligem witterungsbereinigtem Energieverbrauch eines Unternehmens i zu beiden Zeitpunkten t_1 und t_2 :

$$UG_{i1}, UG_{i2} = \frac{\text{Umsatz inflationsbereinigt } (i)}{\text{Gesamtenergieverbrauch (anteilig witterungsbereinigt)}(i)}$$

$$t = 1,2. \quad dUG_{i12} = UG_{i2} - UG_{i1}$$

Die insgesamt in den verschiedenen Modellspezifikationen verwendeten erklärenden Variablen sind in der folgenden Tabelle dargestellt. Alle Werte in Euro sowie verwendete Indizes wurden um Einflüsse der allgemeinen Preisentwicklung bereinigt, die Inflationsraten stammen vom Statistischen Bundesamt (2019a).

Bezeichnung Variable	Einheit	Erwarteter Zusammenhang	Definition
delta Umsatz (dU)	Mio. €	Positiv	Veränderung des Umsatzes zwischen t_1 und t_2 .
delta logarithmierter Umsatz (dlnU)	Mio. €	Positiv	Veränderung des logarithmierten Umsatzes zwischen t_1 und t_2 .
delta Strompreise (dSP)	€/kWh	Positiv	Veränderung des unternehmensspezifischen Strompreises zwischen t_1 und t_2 .
delta Heizenergiepreise (dHEP)	€/kWh	Positiv	Veränderung des unternehmensspezifischen Heizenergiepreises zwischen t_1 und t_2 .
delta Vergangenheits-Strompreise geschätzt (dSPge-sch)	€/kWh	Positiv	Veränderung des unternehmensspezifischen durchschnittlichen Strompreises zwischen dem 5-Jahres Zeitraum vor t_1 und jenem vor t_2
delta Vergangenheits-Heizenergiepreise geschätzt (dHEPgesch)	€/kWh	Positiv	Veränderung des unternehmensspezifischen durchschnittlichen Heizenergiepreises zwischen dem 5-Jahres Zeitraum vor t_1 und jenem vor t_2
Energieberatung (EB)	Dummy	Positiv	Durchführung einer Energieberatung zwischen t_1 und t_2 . Ja=1, Nein=0.
Managementsystem (MS)	Dummy	Positiv	Vorliegen eines Managementsystems zum Zeitpunkt t_2 . Ja=1, Nein=0.
Interaktionsvariable (IEBMS)	Dummy	Positiv	Interaktionsvariable Energieberatung / Managementsystem. Ja=1, Nein=0.
Fördermittel (FP_Prozent)	-	Positiv	Anteil in Anspruch genommener Fördermittel am arithmetischen Mittel der Umsätze in t_1 und t_2 in Prozent

Tabelle 5 Übersicht erklärender Variablen

Heizenergiepreise und Strompreise

Die Preise zu den Erhebungszeitpunkten t_1 und t_2 werden aus den vorliegenden Energiemengen und –kosten gebildet. Die Erhebung lässt die differenzierte Interpretation der beiden Preisvariablen Strom- und Heizenergie zu, ist aber in gewisser Weise willkürlich, da Strom in geringem Maße auch der Er-

zeugung von Raumwärme dient, während die übrigen Energieträger neben der Raumwärme auch Prozesswärme bereitstellen. Das Niveau eingesetzter Prozesswärme ist wiederum weitgehend unabhängig von Witterungseinflüssen. Die für alle hier als Wärmeenergieträger bezeichneten Energiequellen erfolgte Witterungsbereinigung (Deutscher Wetterdienst [DWD], 2019) verzerrt daher das Ergebnis des Prozesswärmeanteils.

Der Differenz zwischen den jeweils aktuellen Heizenergie- und Strompreisen wird ex ante nur ein geringer Erklärungsgehalt für die abhängige Variable zugeschrieben. Zum einen ist ein Time-Lag zwischen der Preisveränderung und dem Bemerkten dieser im Unternehmen möglich. Noch wichtiger ist die Tatsache, dass bei Preiserhöhungen Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz schon alleine aus Budget- und Personalengpässen nur Schritt für Schritt erfolgen können, wie dem Autor durch seine Beraterpraxis bewusst ist.

Zusätzlich zu aktuellen Strom- und Wärmeenergiepreisen wurde daher auf geschätzte Durchschnittspreise der jeweils fünf vorhergehenden Jahre gesetzt. Die Funktionsweise der Ermittlung dieser Variablen ist in den folgenden Abbildungen dargestellt.

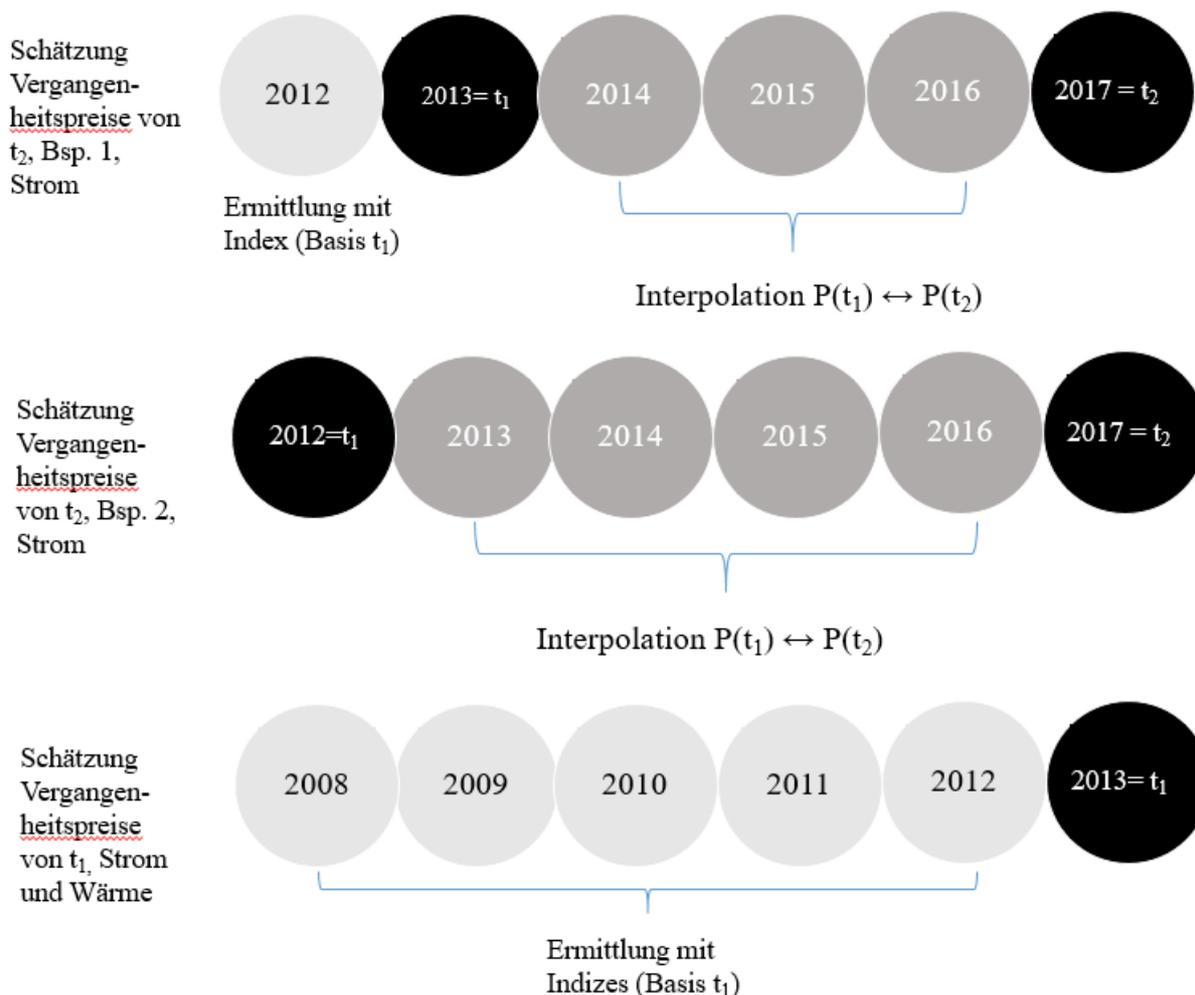


Abbildung 2 Schätzverfahren für Vergangenheitspreise von Strom bzw. Strom und Wärme

Anmerkung: Die Vorjahrespreise des zweiten Zeitpunkts für Strom wurden durch Interpolation zwischen den Preisen der beiden Erhebungen ermittelt. Falls die Zeitspanne zwischen den beiden Erhebungen kürzer als fünf Jahre war (im Beispiel 2013 – 2017), wurde der am Weitesten zurückliegende Wert (im Bsp. 2012) durch energieträgerspezifische Preisindizes ausgehend vom Wert der ersten Erhebung ermittelt. Ebenfalls mithilfe von Preisindizes wurden die Vorjahreswerte für die Preise des ersten Datums erhoben. Die Strompreisindizes stammen vom Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (2018), es konnte eine Unterscheidung zwischen der Preisentwicklung für Verbraucher im Bereich kleiner und größer als 160 000 kWh vollzogen werden. Da je nach Unternehmen $t_1 = 2011, 12$ oder 13 ist, verändern sich auch die entsprechenden Indexwerte, da unterschiedliche Vorjahre herangezogen werden müssen.

Das Verfahren für die Schätzung der Heizenergiepreise der vorhergehenden fünf Jahre wird in der folgenden Abbildung illustriert:

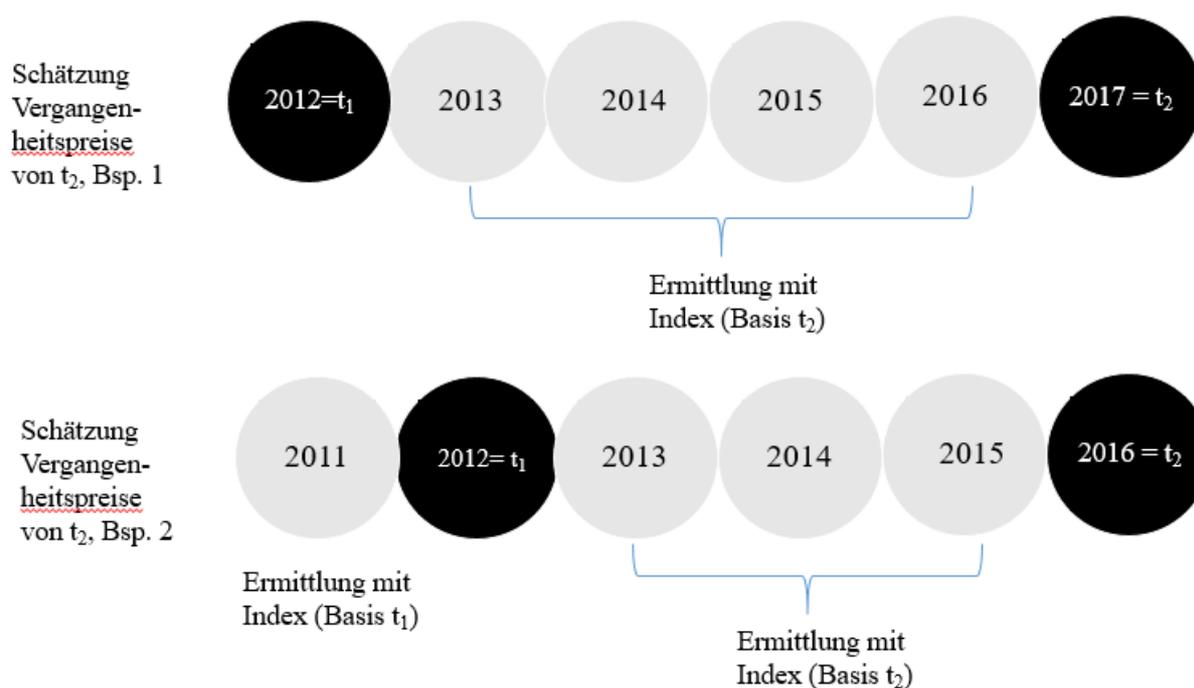


Abbildung 3 Schätzung Vergangenheitspreise der Heizenergieträger

Anmerkung: Für die Ermittlung der geschätzten Heizenergiepreise für die Energieträger Erdgas, Heizöl, Fernwärme, Pellets, Hackschnitzel, Stückholz des jeweiligen Vorjahreszeitraums wurden die Preise der einzelnen Energieträger aufgrund der deutlich höheren Schwankungen als beim Strom (BDEW, 2018) rein auf Basis von Indizes geschätzt. Eine Interpolation wie beim Strom wäre den Schwankungen des Heizenergiepreises nicht gerecht geworden. Im ersten Schritt wurden dabei nach den verschiedenen Energieträgern differenzierte Jahresschätzwerte gebildet. Im Anschluss wurden aus den Jahreswerten jeweils energieträgerspezifische Durchschnittswerte über beide Fünfjahreszeiträume gebildet. Die durchschnittlichen Heizenergiepreise als Konglomerat der Preise aller Heizenergieträger wurde für den Zeitraum vor der ersten Erhebung durch Gewichtung der Preise der einzelnen Energieträger mit dem Verbrauchsanteil des jeweiligen Energieträgers bei der ersten Erhebung ermittelt. Für den Zeitraum vor der zweiten Erhebung wurde als Gewicht für die jeweiligen Energieträger-Preise der mittlere Anteil des jeweiligen Energieträgers am Energieverbrauch über beide Zeitpunkte verwendet. Quelle der Indizes: Statistisches Bundesamt (2019b).

Energieberatung, Energiemanagementsystem, Interaktionsvariable

Wie in Tabelle 5 ersichtlich ist, handelt es sich bei den Variablen Energieberatung, Energiemanagementsystem und der Interaktionsvariable als Kombination aus Energieberatung und Energiemanagementsysteme um Dummyvariablen, die bei Zutreffen des jeweiligen Kriteriums den Wert 1 annehmen und sonst 0 sind.

Die Interaktionsvariable, die nur den Wert 1 annimmt, wenn sowohl eine Beratung durchgeführt als auch ein Managementsystem betrieben wurde, wurde in das Modell eingefügt, da aus der praktischen Erfahrung des Verfassers ein positiver Zusammenhang mit der abhängigen Variable besonders zu erwarten

ist. Eine ohne institutionelle Einbettung durchgeführte Energieberatung droht unter anderem aufgrund fehlender personeller Kapazitäten, finanzieller Prioritäten, mangelnder Umsetzungserfahrung usw. für die Umsetzung unterzugehen. Ein Managementsystem, das wiederum ohne externe Unterstützung eingerichtet wurde, befreit das Unternehmen nicht von der klassischen Betriebsblindheit. In Kombination ist zu erwarten, dass die Expertise des Beraters auf fruchtbaren Boden fällt, da die Einführung eines Managementsystems auch entsprechende personelle Kapazitäten schafft z.B. in Person eines „Kümmers“ oder das Unternehmen aufgrund der Vorgaben des Energiemanagementsystems dazu veranlasst, die energetische Leistung sukzessive zu steigern (Deutsches Institut für Normung (DIN), 2011).

Umsatzvariablen dU , $d\ln U$

Hinter der Verwendung der Umsatzvariablen dU (Differenz des Umsatzes) und $d\ln U$ (Differenz des logarithmierten Umsatzes zwischen den beiden Erhebungen) steht die Erwartung, dass die Energieeffizienz mit steigender Auslastung (Auslastungseffekt) und mit wachsender Unternehmensgröße (Skaleneffekte) zunimmt. Geht man davon aus, dass die logarithmische Version des Umsatzes mit der abhängigen Variable korreliert, so liegt dem die Einschätzung zugrunde, dass die Energieeffizienz nicht linear mit dem Umsatz steigt, sondern logarithmisch, was eine abnehmende Steigung der Funktion impliziert. Die Interpretation wäre, dass in niedrigen Umsatzbereichen Umsatzwachstum mit größeren Steigerungen der Energieeffizienz korrespondiert als in höheren Umsatzbereichen.

4.2.5 Datenanalyse

Die im Folgenden durchgeführte Datenanalyse bezieht sich bereits auf den modifizierten Datensatz gemäß der finalen Gleichung des difference-in-differences-Ansatzes, d.h. bei den nunmehr dargestellten Variablen handelt es sich um Differenzwerte zwischen den beiden Zeitpunkten.

Als Ausreißer wird ein Unternehmen mit einer Ausprägung der abhängigen Variable von ca. 30 €/kWh identifiziert, was etwa doppelt so hoch ist wie die nächsthöheren Werte.

In Tabelle 6 sind deskriptive Kennzahlen dargestellt:

Variable	Arithmet. Mittel	Median	Standard- abweichung	Minimum	Maximum
dUG	0.17	-0.07	3.67	-10.36	15.34
dlnU	0.04	0.03	0.23	-0.73	0.59
dU	0.31	0.07	3.46	-22.88	19.76
dSP	0.01	0.01	0.03	-0.11	0.09
dHEP	-0.01	-0.01	0.02	-0.07	0.04
dSPgesch	0.02	0.02	0.02	-0.03	0.08
dHEPgesch	0.00	0.00	0.01	-0.03	0.03
EB	0.28	0.00	0.45	0.00	1.00
MS	0.32	0.00	0.47	0.00	1.00
IEBMS	0.13	0.00	0.33	0.00	1.00
FP_Proz	0.02	0.00	0.04	0.00	0.24

Tabelle 6 Darstellung deskriptiver Kennzahlen

Die Mittelwerte (mean) der Dummy-Variablen EB, MS und IEBMS liefern den Anteil der Unternehmen, auf die das jeweilige Kriterium zutrifft. 28% der Unternehmen haben eine Energieberatung durchgeführt, bei 25% geschah dies auf freiwilliger Basis (Variable EBF) und bei 3% auf Basis des Edl-G. 32% haben ein Energiemanagementsystem eingeführt und auf 13% (*IEBMS*) treffen beide Kriterien – Energieberatung EB und Energiemanagementsystem MS zu. Nicht in Tabelle 6 ersichtlich ist, dass 22% der Unternehmen Fördermittel zur Steigerung der Energieeffizienz in Anspruch genommen haben (ergänzende Information des Autors). Die Strompreise sind im Schnitt um 1 Ct./kWh gestiegen zwischen den beiden Erhebungszeitpunkten mit vereinzelt gravierenden Veränderungen (-11 bis + 9 Ct./kWh). Eine Senkung um durchschnittlich 1 Cent/kWh erfahren die Heizenergiepreise. Bezogen auf die deutlich niedrigeren absoluten Preise ist diese Veränderung erheblich größer als beim Strom. Hintergrund sind die globalen Ölpreisschwankungen mit einem zwischenzeitlichen Tiefpunkt in 2016 (BAFA, o.J.d). Beim Vergleich der jeweils fünf vorangehenden Jahre ergeben sich konstante Werte der Heizenergiepreise, die Strompreise steigen im Schnitt um 2 Ct./kWh. Bei der abhängigen Variable gab es keine einheitliche Bewegung. Zwar stieg die Energieproduktivität im arithmetischen Mittel leicht an (0,17), bei über der Hälfte der Unternehmen verschlechterte sie sich aber, so dass der Median (*p50*) im negativen Bereich liegt (-0,07).

Ein Breusch-Pagan/Cook-Weisberg-Test auf *Heteroskedastizität* führt zu unterschiedlichen Ergebnissen. In den Fällen, in denen die Nullhypothese des Vorliegens konstanter Standardfehler abgelehnt werden kann (Produzierendes

Gewerbe, Unternehmen mit hoher Energieintensität), wird jeweils mit robusten Standardfehlern operiert (Kohler & Kreuter, 2017) .

Ein Test auf *Multikollinearität* ermittelt für keine der im Grundmodell verwendeten Variablen einen höheren Wert des Varianzinflationsfaktors (VIF) als 2,49. Die höchste Ausprägung erfährt der VIF im Fall energiekostenintensiver Unternehmen für die Variable Energieberatung mit 4,79. Der VIF unterschreitet damit deutlich die bekannteste Daumenregel, die „rule of 10“ (O'Brien, 2007).

Als Gütemaß wird das korrigierte R^2 verwendet. Im Gegensatz zum Bestimmtheitsmaß R^2 (r^2), das durch die Hinzunahme zusätzlicher Variablen nur ansteigen, aber niemals sinken kann und daher kein angemessenes Gütekriterium ist, berücksichtigt das korrigierte R^2 (in der Tabelle r^2_a) nicht nur den zusätzlichen Erklärungsgehalt neuer Variablen, sondern gleichzeitig für jede neue Variable einen Strafterm. Auf diese Weise wird ein Ausgleich zwischen Erklärungsgehalt und Übersichtlichkeit des Modells geschaffen (Verbeek, 2017).

Das Vorliegen von statistischer Signifikanz wird bereits ab p-Werten von $<0,1$ angenommen. Kleine Stichproben wie im vorliegenden Fall begünstigen c.p. die Bildung höherer p-Werte, so dass ein Nachweis von Signifikanz c.p. schwieriger wird (Lüken & Schimmelpfennig, 2017). Die Definition von 10% als Signifikanzniveau gilt noch als üblich (Andreß, 2001).

4.3 Ergebnisse

4.3.1 Basismodell

In Tabelle 7 werden die Ergebnisse der Regressionsanalyse des Basismodells, das den vollen Datensatz einschließt, dargestellt.

Variable	Basis1	Basis2	Basis3	Basis4
dlnU	7.53***	7.66***	7.68***	7.53***
dU	0.03	0.03	0.03	0.03
dSPgesch	-4.29	-0.19	18.20	8.63
dHEPgesch	51.81	49.44	47.70	48.62
EB		-0,75	-0.62	
MS		0,40	0,54	
IEBMS		0.22	-0.02	
FP_Proz		-4.64	-6.08	
dSP			-14.98	-10.84
dHEP			7.53	7.47
_cons	-0.20	-0.16	-0.35	-0.27
r2	0.26	0.27	0.28	0.26
r2_a	0.23	0.21	0.20	0.21
N	103	103	102	102

Tabelle 7 Regressionsergebnisse Basismodell

legend: * $p < .1$; ** $p < .05$; *** $p < .01$

Die abhängige Variable ist die Veränderung der Energieeffizienz dUG zwischen $t=1$ und $t=2$. Die Koeffizienten wurden mit der OLS-Methode in Stata/IC 15.1 geschätzt.

Für die Varianten Basis3 und Basis4 sinkt die Anzahl der Datensätze N auf 102, da zu einem Unternehmen kein aktueller Heizenergieverbrauch (und damit keine entsprechenden Preise) vorlagen, da ausschließlich mit Strom geheizt wurde. Für die Preise der Vor-5-Jahres-Periode wurden mittels Indizes auf Basis von $t=1$ Schattenpreise ermittelt, so dass für $dHEPgesch$ 103 Daten vorliegen.

Die höchste Güte erreicht das Modell *Basis1*, sodass wesentliche Interpretationen auf dessen Grundlage erfolgen.

Unter den verwendeten Variablen sticht die logarithmierte Form des Umsatzes hervor, die jeweils auf dem 1%-Niveau signifikant ist. Die übrigen Variablen weisen keinen signifikanten Einfluss auf die Veränderung der Energieeffizienz auf. Die Variable $dHEPgesch$ weist einen positiven Trend mit p -Werten von 0,11 (Basis1), 0,14 (Basis2), 0,10 (Basis3) und 0,22 (Basis4) auf. Im Modell 3 befindet sich die Variable an der Schwelle zur Signifikanz.

4.3.2 Variation der Unternehmensauswahl

Es ist vorstellbar, dass die gleichen Variablen für eine verschiedene Auswahl an Unternehmen eine andere Wirkung entfalten.

Überprüft werden soll diese Überlegung für folgende Unterteilungen:

Unternehmen des Produzierenden Gewerbes vs. übrige Unternehmen:

Denkbar ist z.B., dass es im Produzierenden Gewerbe insgesamt aufgrund der größeren Anzahl an Technologien (z.B. Druckluft, Pumpen, Kälteprozesse) mehr Ansatzpunkte für Energieberatungen und Managementsysteme gibt, Effizienzverbesserungen anzustoßen als in den übrigen Branchen. Es ist allerdings auch das Gegenteil vorstellbar, da im Produzierenden Gewerbe schon zum Zeitpunkt $t=1$ ein größerer Fokus auf Energiethemen bestand, so dass von neu eingeführten Managementsystemen oder durchgeführte Beratungen größere Impulse ausgehen. Einsparpotenziale existieren auch im nicht produzierenden Gewerbe wie z.B. im Handel. Dort werden überwiegend Querschnittstechnologien wie Beleuchtung, Kühlung und Heizung eingesetzt, deren Optimierung besonders wirtschaftlich ist (RKW, o.J.). Komplexere spezifische Prozesssysteme im produzierenden Sektor – bestehend häufig aus Sonder- und Einzelanfertigungen für die Betriebe – bleiben bei der Energieberatung in der Regel außen vor oder werden nur gestreift, da den Beratern für fundierte Empfehlungen das entsprechende spezifische Know-how fehlt und Unternehmen davor zurückschrecken, ihre Kernprozesse zu ändern.

Die Fallunterscheidung ergibt folgende Veränderungen

- Bei ausschließlicher Heranziehung des Produzierenden Gewerbes ($N=67$) ist die Variable *dHEPgesch* in der Variante 4 (inkl. aller vier Preisvariablen, ohne weitere Variablen) schwach positiv signifikant ($p=0,09$). Eine Veränderung der Differenz zwischen den Preisen der Heizenergie in den jeweiligen Vorjahreszeiträumen um 1 Ct. bedingt c.p. die Erhöhung der abhängigen Variable um 0,59€/kWh. In den übrigen Varianten ist mit p -Werten zwischen 0,12 und 0,15 zumindest ein leichter Trend zu erkennen. *dlnU* ist weiterhin jeweils signifikant auf dem 0,01-Niveau mit Koeffizienten zwischen 6,4 und 6,5. Weitere Signifikanzen liegen nicht vor.
- Im Falle der Beschränkung auf Sonstige Branchen ($N=36$) ist nur noch die Variable *dlnU* signifikant auf dem 5%-Niveau mit Koeffizienten zwischen 9,8 und 11,3. Auffällig ist das sehr niedrige korrigierte R^2 von maximal 0,09. Demgegenüber liegen die korrigierten R^2 -Werte im Fall des Produzierenden Gewerbes bei bis zu 0,38. Dieser Unterschied kann als Ausdruck der größeren Homogenität der Unternehmen des Produzierenden Gewerbes gegenüber den Unternehmen der gesamten weiteren Branchen gedeutet werden.

Unternehmen mit einer hohen vs. Unternehmen mit einer niedrigen Energiekostenintensität

Als letzte Modellgruppen werden getrennt Unternehmen mit einer Energiekostenintensität (Quotient aus durchschnittlichen Energiekosten und durchschnittlichem Umsatz) von bis zu 2,5% und mehr als 2,5% betrachtet. Der Grenzwert 2,5% wurde gewählt, weil er die Unternehmen in zwei etwa gleich große Gruppen teilt.

Die ex-ante-Überlegungen für die Fallunterscheidung nach Branche gelten hier analog. Zudem wird auf einen dritten Effekt verwiesen, der der Spezifikation des Modells geschuldet ist: Die der abhängigen Variable zugrunde liegenden Quotienten Umsatz/Gesamtenergieverbrauch sind bei energiekostenintensiven Unternehmen wesentlich kleiner als bei den übrigen Betrieben. Entsprechend ist auch der durchschnittliche Wert der abhängigen Variable dUG deutlich geringer in absoluten Werten. Dieser beläuft sich auf 0,058 für Unternehmen mit Energiekostenanteil am Umsatz >2,5%, für die übrigen Unternehmen kommt dUG auf einen Mittelwert von 0,264. Eine gleich hohe absolute Veränderung von dUG stellt folglich eine wesentlich größere *relative Veränderung* von dUG für die Auswahl energiekostenintensiver Unternehmen dar als für die übrigen Unternehmen. Dies deutet auf insgesamt niedrigere Koeffizienten aller Variablen in energieintensiven Betrieben hin.

In der Gruppe der Unternehmen mit geringer Energiekostenintensität ist weiterhin nur die Variable $\ln U$ signifikant und zwar jeweils auf dem 1%-Niveau. Die Variable $dHEP_{gesch}$ weist in den Varianten 1 und 2 p-Werte von 0,17 auf.

Der Fall energiekostenintensiver Unternehmen ist demgegenüber in Tabelle 8 festgehalten:

Variable	EKI1	EKI2	EKI3	EKI4	EKI5
dlnU	1.51***	1.64***	1.65***	1.53***	1.52***
dU	-0.04	-0.05	-0.05	-0.03	-0.04
dSPgesch	-1.3	-0.59	-1.09	-2.58	
dHEPgesch	10.40**	8.68*	-0.6	2.99	
EB		-0.21	-0.24		
MS		0.05	0.04		
IEBMS		0.04	0.03		
FP_Proz		-0.09	0.1		
dSP			0.16	1.22	-0.10
dHEP			9.00**	7.33*	9.28***
_cons	0.01	0.03	0.2	0.15	0.14*
r2	0.39	0.42	0.45	0.41	0.40
r2_a	0.33	0.3	0.31	0.33	0.35
N	49	49	49	49	49

Tabelle 8 Regression für den Fall energiekostenintensiver Unternehmen

legend: * $p < .1$; ** $p < .05$; *** $p < .01$

Verwendung robuster Standardfehler.

Die abhängige Variable ist die Veränderung der Energieeffizienz dUG zwischen $t=1$ und $t=2$. Die Koeffizienten wurden mit der OLS-Methode in Stata/IC 15.1 geschätzt

Variante 5 wurde aufgenommen, nachdem die Variable dHEP in Variante 3 und 4 signifikante Zusammenhänge mit der abhängigen Variable gezeigt hat. In Variante 5, die auch das höchste korrigierte R^2 aufweist, ist denn auch die Veränderung des *aktuellen* Heizenergiepreises stark signifikant. Die Koeffizienten weisen wie erwartet niedrigere Werte auf: Eine Veränderung der Heizpreisdifferenz um einen Cent führt gemäß Variante 5 zu einer Erhöhung der abhängigen Variable um 0,09 €/kWh. Die Variable dlnU bleibt stark signifikant mit ebenfalls deutlich reduzierten Koeffizienten. Heizenergiepreisveränderungen in den Vorjahreszeiträumen (dHEPgesch) wirken sich in den Varianten 1 und 2 signifikant positiv auf die Energieeffizienz aus.

Auffällig ist schließlich die relativ hohe Modellgüte mit einem Wert des korrigierten R^2 in Höhe von bis zu 0,35 (max. 0,27 im Falle der Unternehmen mit relativ geringer Energieintensität).

4.4 Interpretation der erhaltenen Ergebnisse

Nach der Zusammenstellung der Ergebnisse im letzten Kapitel sollen diese im Folgenden interpretiert werden.

Veränderung des Umsatzes

Deutlich die stärkste Signifikanz zeigt die Variable $\ln U$, also die Veränderung des logarithmierten Umsatzes. Der Einfluss ist stabil positiv und fast in jeder Variation des Modells signifikant auf dem 5% oder dem 1%-Niveau. Die Höhe des Effekts auf die abhängige Variable liegt bei Werten zwischen 1,5 und 11,3 pro Einheit Veränderung von $\ln U$. Eine eigenständige Signifikanz der Variable dU lässt sich aber nicht nachweisen, sodass Hypothese 6 eingeschränkt bestätigt wird.

Bei konstantem Wert von U_1 und damit auch $\ln U_1$ hängt die Veränderung von $\ln U$ nur von U_2 ab. Für diesen Fall gilt: Eine Veränderung von $\ln U$ bzw. $\ln U_2$ um 1% bewirkt näherungsweise eine Änderung von dUG um ein Hundertstel des Koeffizienten (Universität Regensburg, Lehrstuhl für Ökonometrie [Universität Regensburg], 2012), der lt. Basismodell, Variante 1 bei 7,53 liegt, so dass sich die abhängige Variable um 0,753 ändert. Bei gleichem U_1 (z.B. 1 Mio. Euro) wirkt sich eine gleich hohe absolute Veränderung von U_2 umso niedriger auf dUG aus, je höher U_2 ist. Beispielsweise bewirkt eine Steigerung von U_2 von 1 Mio. Euro auf 1,1 Mio. Euro (=10%) c.p. eine Steigerung der abhängigen Variable um 7,53 €/kWh, wohingegen eine Steigerung von U_2 von 2 Mio. Euro auf 2,1 Mio. Euro (=5%) c.p. nur eine Steigerung der abhängigen Variable um $(7,53/2)$ €/kWh = 3,77 €/kWh erwarten lässt.

Grundsätzlich bestehen zwei Möglichkeiten einer Interpretation der Veränderung des Umsatzes.

- Unternehmensgröße im Sinne von nachhaltigem Wachstum bzw. Schrumpfung
- Erhöhung der Auslastung.

Unternehmenswachstum beinhaltet hier, dass neben kurzfristig möglichen Umsatzsteigerungen (oder Einbußen) auch Mitarbeiterzahl und Maschinenpark anwachsen. Eine klare Antwort, wie der Zusammenhang zwischen Umsatzsteigerung und Energieeffizienz zu interpretieren ist, gibt das Resultat einer Regression von dU auf dMA . Der Zusammenhang ist nicht signifikant und sogar leicht negativ. Eine Steigerung des Umsatzes korrespondiert also nicht mit einer Steigerung der Mitarbeiterzahl. Es ist daher davon auszugehen, dass die Umsatzveränderungen in den Unternehmen im Wesentlichen auf eine Veränderung der Auslastung zurückzuführen ist und nicht auf nachhaltiges positives oder negatives Wachstum. Der Zusammenhang ist vor dem Hintergrund eines fixen Energiegrundverbrauchs nachvollziehbar. Man denke hierzu beispielsweise an die Beheizung von Räumlichkeiten, die weitgehend unabhängig von der Auftragslage ist.

Durchführung einer Energieberatung, Betreiben eines Managementsystems, Inanspruchnahme von Fördermitteln

Keine der genannten Variablen zeigt einen signifikanten Einfluss auf die Veränderung der Energieeffizienz. Die in 4.1 und 4.2.4 formulierten Hypothesen 2 bis 5 sind folglich allesamt abzulehnen. Dieses Resultat erstaunt vor dem Hintergrund der sowohl theoretisch als auch durch vorherige empirische Untersuchungen (siehe Unterkapitel 3.2-3.4) begründbaren positiven Wirkungen der genannten Instrumente.

Welche Erklärungen können für die in dieser Studie fehlende Wirkung der genannten Instrumente gefunden werden? Zunächst einmal ist denkbar, dass die vorhandenen Daten nicht vollständig sind. Dies scheint allerdings nur im Hinblick auf Fördermittel plausibel zu sein, da hier jeweils konkrete Förderumfänge abgefragt wurden, eine Komplexität, die eine korrekte Beantwortung durch die Unternehmen im oft hektischen Tagesgeschäft als fraglich erscheinen lässt. Zusätzlich können einzelne Förderprogramme von den Teilnehmern der Studie vergessen worden sein, was sich direkt auf die Ausprägung der Variable auswirkt.¹⁶ Hinsichtlich der Variablen Energieberatung und Managementsystem wurde dagegen nicht zwischen der Inanspruchnahme von einer und mehreren Energieberatungen bzw. Einfach- und Mehrfachzertifizierung unterschieden.

Unvollständig sind die Daten auch insofern, dass zinsgünstige Kredite zugunsten von Investitionen in Energieeffizienz aufgrund der zusätzlichen Komplexität nicht abgefragt wurden.

Selbst wenn unvollständige Daten vorliegen, ist allerdings nicht bewiesen, dass diese systematisch sind und dadurch die Ergebnisse verzerren.

Ein anderes Erklärungsmuster für die fehlende Signifikanz der hier untersuchten Instrumente zielt auf die Art der teilnehmenden Betriebe ab. Diese stellen in mehrfacher Hinsicht eine Positivauswahl hinsichtlich ihrer Kooperationsbereitschaft dar, wie im Unterkapitel 4.2.1 dargelegt wurde. Eine solche Abweichung vom durchschnittlichen Verhalten könnte wiederum auch eine deutlich überdurchschnittliche Steigerung der Energieeffizienz nahelegen und implizieren, dass die Ergebnisse der Studie nicht repräsentativ für die Gesamtzahl der Betriebe Deutschlands sind. Die vorliegenden Daten geben dies aber nicht wieder. Die Energieeffizienz steigerte sich im Schnitt von 9,23 €/kWh auf 9,40 €/kWh. Die durchschnittliche Steigerung beläuft sich damit auf 1,8%. Je nachdem, welches Basisjahr man heranzieht (2011, 2012 oder 2013, da aus diesen Jahren die Daten der ersten Erhebung stammen), ergibt sich bis 2016 und 2017 demgegenüber eine Steigerung der gesamtwirtschaftlichen Endenergieeffizienzindikatorenwerte von 2-6% (AG Energiebilanzen, 2018a). Die untersuchten Unternehmen stellen also eine mehrfache Positivauswahl in ihrer

¹⁶ Ein Teilnehmer der Studie räumte ausdrücklich ein, dass er sich nicht mehr an alle Förderprogramme und deren Namen erinnern könne.

Kooperationsbereitschaft dar, im Schnitt liegt ihre Energieeffizienzentwicklung aber sogar leicht unter jener der gesamten Volkswirtschaft.

Eine weitere Erklärungsmöglichkeit für die unterschiedlichen Ergebnisse dieser Arbeit und den im dritten Kapitel vorgestellten Studien besteht in der Modellspezifikation. Einerseits ist es möglich, dass die vorliegende Arbeit mit ihrem relativ kleinen N die Effekte der getesteten Instrumente nicht korrekt wiederzugeben vermag, weil sie im „Rauschen“ der weiteren Einflüsse auf den Energieverbrauch untergehen (z.B. Umstellung des Produktionsprogramms). Andererseits kann es sein, dass die Effekte der Variablen in den auf Unternehmensbefragungen basierenden Studien überschätzt werden, weil Unternehmen, die Energieberatungen, Managementsysteme und Förderprogramme nutzen, Einsparmaßnahmen umfassender und vollständiger dokumentieren als die Kontrollgruppe – sofern überhaupt eine Kontrollgruppe benutzt wurde.

Preise

Heizenergiepreise sind eine wichtige Determinante für die Energieeffizienz in Unternehmen, auch wenn nur bei einem Teil der Modellvarianten ein signifikanter Einfluss einer der beiden Variablen $dHEP_{gesch}$ und $dHEP$ ermittelt werden konnte. War dies nicht der Fall, so lagen die p-Werte von $dHEP_{gesch}$ meistens im Bereich 0,1-0,2. Bei der Beschränkung auf energiekostenintensive Unternehmen war der Zusammenhang der Differenz zwischen den jeweils gegenwärtigen Heizenergiepreisen $dHEP$ mit dUG deutlicher erkennbar als jener von $dHEP_{gesch}$.

Überraschend ist dagegen, dass die Strompreisveränderung dSP_{gesch} bzw. dSP keinerlei signifikanten Zusammenhang mit der abhängigen Variable aufweist.

Damit kann die Hypothese 1 weder bestätigt noch widerlegt werden.

Vorstellbar ist, dass höhere Strompreise zwar auch einen Beitrag zu einer Steigerung der Energieeffizienz leisten, es jedoch einen exogenen Faktor gibt, der Strompreise und die Energieeffizienz gegensätzlich beeinflusst und dadurch den erstgenannten Effekt kompensiert. Die gesuchte exogene Variable könnte in einem verstärkten Fokus auf Energiethemen bestehen. Wie dem Verfasser aus seiner Beraterpraxis bekannt ist, schließt eine systematische Herangehensweise auch die Prüfung von Möglichkeiten zur Senkung der Energiepreise, d.h. insbesondere der Strompreise, ein. Die Folge wäre, dass die eingeleiteten Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs mit günstigeren Strompreisen korrespondieren. Der Grund dafür, dass dieser potenzielle Effekt bei Heizenergie schwächer ausgeprägt ist, könnte in den größeren Optimierungsmöglichkeiten beim Strompreis liegen:

- Zu rund zwei Dritteln besteht der Haushaltsstrompreis aus staatlich regulierten oder festgelegten Komponenten. Für Unternehmen gibt es aber diverse Ansatzpunkte für Vergünstigungen wie insbesondere bei der EEG-Umlage, Netzentgelten, der Stromsteuer und weiteren Umlagen, deren Zahlung an die Netzentgelte gekoppelt ist (Geilhausen et al., 2015).
- Drittens nutzen mehr und mehr Haushalte und Unternehmen die Möglichkeit der Stromproduktion für den Eigenverbrauch, insbesondere durch PV- und KWK-Anlagen, da auf diese Weise Netzentgelte und –umlagen sowie die Stromsteuer (§9 StromStG) wegfallen und teilweise nur eine vergünstigte EEG-Umlage abzuführen ist (Prognos, 2013).

Vor diesem Hintergrund ist es durchaus schlüssig, dass ein gesteigener Fokus auf Energiekosten zu simultanen Optimierungen beim Strompreis und bei der Energieeffizienz führt.

Die Optimierungsmöglichkeiten beim Bezug von Heizöl, Erdgas, Fernwärme oder Pellets sind demgegenüber reduziert.

4.5 Restriktionen und weiterer Forschungsbedarf

Die vorliegende Erhebung hat Pilotcharakter, da eine vergleichbare quantitative Arbeit nach Kenntnis des Autors noch nicht durchgeführt wurde. Insofern besteht schon alleine zur Überprüfung der Ergebnisse dieser Arbeit wie der fehlenden Signifikanz des Einflusses von Energiemanagementsystemen, Energieberatungen, Fördermitteln und des Strompreises auf die betriebliche Energieeffizienz ein Bedarf an methodisch ähnlichen Studien.

Diese sollten die folgenden Schwächen und Beschränkungen dieser Erhebung vermeiden. Diese werden hier unterteilt in Restriktionen bzgl. der verwendeten Daten und Restriktionen bzgl. des Modellansatzes. Dabei sind anteilig auch Politik und Behörden unterstützend gefordert:

Kraftstoffverbräuche

Kraftstoffverbräuche konnten wie geschildert in dieser Studie aufgrund der mangelhaften Datensituation nicht einbezogen werden. Eine lückenhafte Erfassung von Daten zum Kraftstoffverbrauch bestätigt die dena (2016) in einer Evaluation der Energieauditpflicht für das BAFA. Wirtschaftlich sinnvolle Maßnahmen unterbleiben tendenziell noch mehr als bei anderen Energieträgern. Insofern ist der Ansatz des BAFA, bei den verpflichtenden Energieaudits nach Energiedienstleistungsgesetz auch Spritverbräuche – mit Ausnahme von anteilig privat genutzten Fahrzeugen – miteinzubeziehen, zu begrüßen (BAFA, 2019).

Entsprechende Verbesserungen enthält auch die neue Norm DIN EN ISO 50001. In anderen Normen und dazugehörigen Erläuterungen wie z.B. zu Energieaudit und Alternativem System nach Spitzenausgleich-

Effizienzsystemverordnung¹⁷ sollte die Erfassung von Spritverbräuchen als verpflichtend präzisiert werden.

Photovoltaik-Strom

Photovoltaik-Anlagen werden mit sinkenden Modulpreisen und Einspeisevergütungen inzwischen so weit wie möglich für den Eigenverbrauch eingesetzt.¹⁸ Die variablen Kosten der Stromerzeugung liegen bei Null. Die variablen Kosten des *Verbrauchs* liegen aber ökonomisch gesehen nicht bei Null, da aufgrund der entgangenen Einspeisevergütung Opportunitätskosten anfallen. Sofern dem Autor Informationen über den Einsatz einer Photovoltaik-Anlage vorlagen, wurden die Opportunitätskosten der Eigenstromnutzung den Bezugskosten hinzugefügt. Es kann jedoch keine vollständige Erfassung der Photovoltaik-Anlagen gewährleistet werden, da diese nicht im Fragebogen genannt wurden, sondern lediglich von manchen Unternehmen ergänzend angegeben wurden.

In zukünftigen Erhebungen sollte explizit die erzeugte und selbst verbrauchte Strommenge abgefragt werden. Eine methodische Lösung gefunden werden muss für die Frage der Preisberechnung, da im Falle des Einsatzes von Photovoltaik-Anlagen heterogene Preise vorliegen (gelieferter vs. selbst erzeugter Strom). Maßgeblich für Sparanreize sind nicht die Durchschnittskosten, sondern die Grenzkosten, die im Regelfall dem Lieferpreis entsprechen, da der günstigere Eigenstrom bevorzugt verbraucht wird.

Aus Vereinfachungsgründen wurde in dieser Arbeit aber auf den Ansatz von Durchschnittspreisen gesetzt, die aus vorliegenden Kosten inkl. Opportunitätskosten und Verbräuchen berechnet wurden.

Inbetriebnahme von Blockheizkraftwerken

Der Einsatz von gekoppelten Anlagen zur gleichzeitigen Erzeugung von Strom und Wärme (KWK-Anlagen) steigert nachweislich die Energieeffizienz auf der Erzeugerseite, da die Abwärme der Stromerzeugung genutzt wird und nicht wie in konventionellen Kraftwerken ungenutzt entweicht (UBA, 2018g). Dieser Effekt wird in der vorliegenden Erhebung nicht erfasst, da nur die Endenergieverbräuche, also die Verbräuche im Unternehmen, nicht aber die vorgelagerten Verluste abgefragt werden. Der Einsatz einer KWK-Anlage gegenüber dem vorherigen externen Strombezug und der Wärmeerzeugung in einer

¹⁷ Das Energieaudit nach SpaefV basiert zwar ebenfalls auf der Norm 16247-1, jedoch nicht auf den entsprechenden zusätzlichen Erläuterungen im Merkblatt des BAFA für Energieaudits nach Energiedienstleistungsgesetz (Edl-G).

¹⁸ Die aktuellen Fördersätze für Photovoltaik-Anlagen liegen bei 8-12 Ct./kWh und damit deutlich unter Bezugs-Strompreisen (Bundesnetzagentur (2019)).

Heizanlage führen sogar zu einer leichten Erhöhung der angegebenen Verbräuche, da auch eine KWK-Anlage Verluste aufweist (UBA, 2018g), die bei der Datenerhebung voll zu Buche schlagen, wohingegen bei der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme nur die vor-Ort-Verluste der Heizanlage berücksichtigt werden. Dieses Problem könnte künftig dadurch vermieden werden, dass Stromverbräuche mit einem konstanten Primärenergiefaktor multipliziert werden.¹⁹

Zusätzlich existiert beim Einsatz von Blockheizkraftwerken ein ähnliches methodisches Problem wie bei der Photovoltaik. Für ins Netz eingespeisten Strom sowie teilweise auch für selbst verbrauchten Strom erhalten die Betreiber auf Basis des Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetzes eine Vergütung, sich aus der KWK-Zulage sowie bei Einspeisung zzgl. aus dem Börsenstrompreis und einer Weitergabe vermiedener Netznutzungsentgelte zusammensetzt (Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch [AG f. sparsamen Energieverbrauch], 2017).²⁰ Diese sorgt dafür, dass die Opportunitätskosten des Stromverbrauchs über den reinen variablen Erzeugungskosten – im Wesentlichen den Kosten des Gasbezugs – liegen.

Eine weitere Komplexität tritt dadurch auf, dass der Verbrauch von Erdgas in einer KWK-Anlage zur gleichzeitigen Erzeugung von Strom und Wärme führt. Für die Berechnung der Variablen Strompreis und Heizenergiepreis in €/kWh wurden jeweils die Kosten in Euro durch die Verbräuche in kWh geteilt. Diesem Prinzip folgend hätten die Kosten für das in der KWK-Anlage eingesetzte Erdgas – z.B. auf der Basis von Richtwerten – auf Strom- und Wärmeerzeugung aufgeteilt werden müssen. Für die Erdgasverbräuche lag allerdings in der Regel keine Aufteilung auf die KWK-Anlage und einen meist ergänzend eingesetzten Spitzenlastkessel vor. Daher konnten die in KWK-Anlagen eingesetzten Energieträger bei der Strompreis-Berechnung nicht berücksichtigt werden.

Präzisierung des Kosten- und des Umsatzbegriffs (Brutto/Netto)

Im Projektfragebogen des RKW wurden „Kosten“ und der „Umsatz“ abgefragt. Nicht präzisiert wurde dagegen, ob es sich bei den gewünschten Größen um Brutto- oder Nettoangaben – d.h. inklusive oder exklusive der Umsatzsteuer handelte. Um eine unveränderte Interpretation der Fragestellung durch die

¹⁹ Wird der Primärenergiefaktor aktualisiert, werden Veränderungen im allgemeinen Strommix – d.h. auf Erzeugerseite – in das Modell integriert und damit den Endverbrauchern zugeschlüsselt, was nicht gewollt ist, da der Endenergieverbrauch die Zielgröße ist.

²⁰ Die vermiedenen Netznutzungsentgelte entstehen beim Verteilnetzbetreiber dadurch, dass dieser keinen Strom aus höheren Spannungsebenen beziehen muss. Dadurch vermeidet dieser die mit dem Bezug verbundene Gebührenzahlung an die Betreiber der höheren Spannungsebenen. Der Verteilnetzbetreiber ist verpflichtet, die eingesparten Entgelte an den Einspeiser weiterzugeben (Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch (2017)).

Befragten zu erzielen, wurde auch im Fragebogen für die Zweiterhebung keine Präzisierung vorgenommen.

Umrechnung angegebener Einheiten in kWh

Die Verbräuche von Strom, Erdgas und Fernwärme wurden direkt in kWh abgefragt und Heizöl von Litern (l) in kWh mit einem Faktor von 9,8 umgerechnet (Ingenieurbüro für Haustechnik Schneider [IBS], 2010).

Dagegen mussten die Umrechnungsfaktoren des Einsatzes von Holzpellets (in Tonnen), Hackgut (Schüttraummeter) und Stückholz (Raummeter) aufgrund fehlender Informationen (z.B. Holzart, Wassergehalt) auf Basis von Literaturwerten geschätzt werden (Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energienetzwerk [C.A.R.M.E.N.], o.J.; IBS, 2010; Andresen, o.J.)

Zehn von 103 Unternehmen setzten Holz als Energieträger zu einem oder zu beiden Erhebungszeitpunkten ein.

Preise

Es ist anzustreben, dass Energieträgerpreise über einen längeren Zeitraum vorliegen, damit Vergangenheitspreise nicht mehr wie hier geschätzt werden müssen.

Restriktionen des gewählten Modells

Es ist nicht klar, welche der Variablen sich zwischen den beiden Zeitpunkten wirklich nicht verändert haben und daher zurecht eliminiert werden. Die Betriebskultur unterliegt bspw. einerseits langfristigen Einflüssen, ist aber durch Personalwechsel in Führungspositionen durchaus auch kurz- und mittelfristig veränderbar. Über solche Aspekte liegen wiederum keine Informationen vor.

Zum Zweiten kann sich auch bei gleichbleibender Branche der Schwerpunkt des Produktsortiments durchaus geändert haben, was sich wiederum auf den Energieverbrauch und damit auf die abhängige Variable auswirkt.

Auch die Annahme eines zeitlich gleichbleibenden Einflusses der unabhängigen Variablen – der sich in konstanten Koeffizienten äußert – kann durchaus kritisch hinterfragt werden.

Der hier verwendete Ansatz gewichtet aus Vereinfachungsgründen schließlich nicht zwischen Unternehmen mit kleinen und großen Verbräuchen. Ein kleines Handwerksunternehmen von fünf Mitarbeitern fließt genauso ein wie ein mittelständischer Industriebetrieb mit 500 Mitarbeitern. Der Ansatz könnte dahingehend überdacht werden, dass eine homogenere Unternehmensauswahl getroffen wird, wie dies bereits in den Modellvarianten unter 4.3.2 versucht wurde.

Eine präzisere Erfassung der Energieeffizienz sowie deren Veränderung wäre durch die Verwendung der Wertschöpfung anstelle des Umsatzes möglich gewesen, da der vorliegende Quotient sich in Abhängigkeit des Handelsanteils stark verändern kann. Beispielsweise steigt der Wert der Variable stark an, wenn statt eigener Produktion nur noch zugekauft wird, obwohl die Produktion selbst nicht unbedingt energieeffizienter erfolgt wäre. Der Umsatz sinkt in diesem Fall nicht im selben Maße wie der Energieverbrauch, er kann sogar steigen. Die Verwendung der Bruttowertschöpfung im Zähler hätte wiederum nicht den gleichen Effekt gehabt, da diese vereinfacht ausgedrückt als Differenz von Umsatz und Vorleistungen definiert ist (Statistisches Bundesamt, 2007) und bei einer Verlagerung der Produktion auf Fremdbezug ebenfalls sinkt. Aus der ersten Erhebung lagen jedoch nur die Umsätze und keine Wertschöpfungsdaten vor. Abgesehen davon ist es wahrscheinlich, dass aufgrund des Mehraufwands für die Unternehmen bei Abfrage der Wertschöpfung die Anzahl der verwendbaren Datensätze stark eingebrochen wäre und die Fehlerquote sich wegen der zunehmenden Komplexität deutlich erhöht hätte.

Die Bereitstellung detaillierter Informationen zu ihren Energieverbräuchen ist für die Unternehmen mit Aufwand verbunden, umso mehr, wenn künftig die vorstehenden Empfehlungen beachtet werden. Einige der erhaltenen Rückmeldungen zeigen: Ohne Anreize fällt es vielen Mitarbeitern schwer, diesen Zeitaufwand zu rechtfertigen. Eine Lösung des Dilemmas könnte darin bestehen, die gewünschten Daten von Unternehmen direkt bei der Beantragung von Fördermitteln abzufragen. Diese könnten dann bei der Evaluation zusätzlich zur Erhebung weiterer Daten genutzt werden, sodass dann Daten zu zwei Zeitpunkten vorliegen.

5 Empfehlungen für die Energie- und Klimapolitik

Aus den Ergebnissen dieser Studie, deren Interpretation sowie theoretischen und anderen empirischen Erkenntnissen sollen im Folgenden Empfehlungen für die politische Debatte abgeleitet werden.

5.1 Reformierung bestehender Beratungsprogramme

Im Rahmen der empirischen Erhebung dieser Arbeit wurde keinerlei Nachweis für die positive Wirkung einer Energieberatung auf die Energieeffizienz erbracht. Auf der Basis dieser Ergebnisse sollten die bestehenden Beratungsprogramme nicht ausgeweitet werden. Stattdessen muss kritisch analysiert werden, wie diese ihr durchaus vorhandenes Potenzial zur Überwindung des Energieeffizienz-Paradoxons ausschöpfen können sowie welche anderen Beratungsformate in Erwägung gezogen werden sollten.

Im Folgenden wird aufgrund der starken Verbreitung unter den in dieser Studie befragten Unternehmen auf die Energieberatung Mittelstand sowie wegen der diesbezüglichen Praxis-Erfahrung des Autors auf Energieaudits nach Energiedienstleistungsgesetz (Edl-G) abgestellt. Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) und damit auch die Mehrzahl der in dieser Arbeit befragten Betriebe sind von dieser Verpflichtung zwar nicht betroffen. Aufgrund ihrer Einbindung in eine Konzernstruktur oder weil eine oder mehrere KMU-Schwellen überschritten wurden, mussten dennoch einige der Unternehmen ein Energieaudit nach Edl-G durchführen.

Ein Teil der von DEnBAG et al. (2016) befragten Energieauditoren schlug eine Umsetzungsverpflichtung ihrer Empfehlungen vor. Für diese Forderung spricht, dass nach Einschätzung der Befragten die wesentliche Motivationsquelle der Unternehmen bei der Inanspruchnahme der Audits in der Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen lag. Nur 54 Prozent der Unternehmen verbanden mit deren Durchführung zusätzlich das Ziel der Energiekosteneinsparung. Insbesondere bei den übrigen 46% besteht die Gefahr, dass sie den Empfehlungen der Berater keine Beachtung schenken. Die befragten Energieberater schätzen so auch den Anteil der voraussichtlich umgesetzten Maßnahmen bezogen auf ihre Vorschläge auf nur rund 21,4-27,3% (DEnBAG et al., 2016), eine aus Sicht des Autors realistische Schätzung. Die Deutsche Industrie- und Handelskammer widerspricht dem Vorschlag:

“Der Mehrwert einer Umsetzungspflicht erschließt sich dagegen nicht. In den Betriebsablauf integrierbare, wirtschaftlich darstellbare Maßnahmen werden von den Unternehmen aufgegriffen. Das bestätigen auch die Ergebnisse des jährlichen IHK-Energiewendebarmeters. Eine Pflicht zur Umsetzung identifizierter Maßnahmen würde dagegen den Entscheidungs- und Handlungsspielraum für alle in einem Unternehmen notwendigen oder sinnvollen Inves-

titionen einschränken.“ (Deutsche Industrie- und Handelskammer [DIHK], 2016).

Eine Einschränkung des Handlungsspielraums von Unternehmen zu Gunsten anderer Ziele kann durchaus berechtigt sein. Die verpflichtende Umsetzung vorgeschlagener wirtschaftlicher Maßnahmen liegt schließlich prinzipiell im Unternehmensinteresse. Gründe für die schleppende Umsetzung sind im Wesentlichen – wenn auch nicht ausschließlich – in den mehrfach beschriebenen Hemmnissen zu sehen. Dabei steht es den Unternehmen frei, Einfluss zu nehmen auf die im Bericht dargestellte Maßnahmenauswahl des Beraters. Beispielsweise können Vorgaben zu wirtschaftlichen Kriterien wie der maximalen Amortisationszeit und Rendite gemacht werden.

Bei der praktischen Durchführung sind allerdings folgende Aspekte zu beachten:

- Ein Unternehmen könnte die Beauftragung des Beraters an möglichst zurückhaltende und kostengünstige Empfehlungen desselben im Rahmen des Audits knüpfen. Im kompetitiven Beratermarkt ist zu befürchten, dass Unternehmen diese Forderung häufig durchsetzen können.²¹ Als Konsequenz könnten sogar weniger Maßnahmen als zuvor realisiert werden.
- In Einzelfällen ist zu befürchten, dass die Durchführung mehrerer kostspieliger Investitionen Unternehmen in Liquiditätsengpässe bringt.
- Angesichts oft knapper Beratungsbudgets ist eine detaillierte Prüfung und Berechnung von Einsparpotenzialen häufig nicht möglich. Dies führt zu einer gewissen Ungenauigkeit und Fehlerhaftigkeit, die sich bei einer verpflichtenden Umsetzung negativ für das Unternehmen auswirken kann.

Eine Umsetzungspflicht ist daher als Ultima Ratio zu sehen, die nur zur Anwendung gebracht wird, wenn andere Maßnahmen versagen. Stattdessen sollten Unternehmen vorerst auf freiwilliger Basis bei der Realisierung ihrer Maßnahmen unterstützt werden, wie auch IREES and Fraunhofer ISI (2014) bei ihrer Evaluation der Energieberatung Mittelstand für das Bundeswirtschaftsministerium empfehlen. Die Umsetzungsbegleitung wurde zwischenzeitlich in 2015 im Rahmen der Energieberatung Mittelstand eingeführt, um bereits in 2017 wieder abgeschafft zu werden (BAFA, o.J.c).

Von den Barrieren für Energieeffizienz, die Sorrell (2004) beschreibt, können durch eine Umsetzungsbegleitung insbesondere die Aspekte Zugang zu Kapital, begrenzte Rationalität und versteckte Kosten adressiert werden. Berater verfügen häufig über Kenntnisse bei der Beantragung von Zuschüssen und Krediten für Investitionen in Energieeffizienz, so dass Kapitalengpässe reduziert werden. Dem Verfasser ist aus seiner eigenen Beraterpraxis zudem be-

²¹ Dass der Wettbewerbsdruck im Auditmarkt stark ist, zeigt sich an den häufig aufgetretenen für die Energiebranche ungewöhnlich niedrigen Preisen (Deutsche Energie-Berater und -Auditoren Gesellschaft et al. (2016)).

kannt, dass genauso wie für die Maßnahmen-Ermittlung auch für deren Durchführung häufig interne Kapazitäten fehlen. Bestätigt wird dieser Eindruck durch die Aussagen anderer Energieberater, die bei einer Befragung durch PwC im Auftrag des BAFA zu 81% „voll bzw. eher der Aussage zu[stimmen], dass die empfohlenen Maßnahmen aufgrund fehlender personeller Ressourcen nicht umgesetzt werden.“ (PwC, 2018, S. 115–116) Zudem diagnostizieren über 60% der Energieberater fehlende Fachkenntnisse der Betriebe als Hindernis bei der Maßnahmenplanung, eine Barriere, die aus Sicht der Befragten eine Umsetzungsbegleitung erfordert (PwC, 2018). Transaktionskosten bei der Auftragsvergabe, die, um im Raster von Sorrell (2004) zu bleiben, den versteckten Kosten zuzuordnen sind, können wiederum durch das Netzwerk und die Erfahrung des Beraters reduziert werden.

Eine geförderte Umsetzungsbegleitung durch unabhängige Experten ist schließlich aufgrund der Anbieterneutralität dieser zu rechtfertigen. Verlässt sich ein Unternehmer allein auf die Hersteller, werden häufig überdimensionierte Anlagen ausgewählt (co2online, o.J.), u.a. da für letztere Energieeffizienz weiterhin eine tendenziell untergeordnete Rolle im Vergleich zu anderen Kriterien spielt. Auch hier kann der Autor auf eigene Erfahrungen verweisen.

Für die Beauftragung von Beratern zur Umsetzungsbegleitung gelten wiederum ähnliche Hemmnisse wie bei der klassischen Energieberatung (vgl. 3.1), so dass eine Förderung als grundsätzlich gerechtfertigt erscheint.

Die Befragung durch DEnBAG et al. (2016) bringt ebenso wie die Studie von IREES and adelphi (2017) die Empfehlung höherer Qualifikationsanforderungen für Energieauditoren nach Edl-G hervor, damit diese in die Lage versetzt werden, mehr Potenziale zu erkennen und zu beziffern. Bereits nach aktuellem Stand werden für die Berechtigung zur Durchführung von Energieaudits nach Edl-G eine technische Berufsausbildung sowie eine mindestens dreijährige Berufserfahrung mit Bezug zu Themen der Energieeffizienz vorausgesetzt (BAFA, 2019). Eine moderate Anhebung, die zudem zu administrativen Vereinfachungen führt, bestünde in der Harmonisierung der Anforderungen für Energieaudits nach Energiedienstleistungsgesetz mit der Energieberatung Mittelstand (EBM). Die Anforderungen für die EBM-gelisteten Berater sehen zusätzlich zum technischen Berufsabschluss und der dreijährigen Berufserfahrung Weiterbildungen im Umfang von 80 Unterrichtseinheiten als Basis und darauf aufbauend von durchschnittlich acht Unterrichtseinheiten à 45 Minuten im Jahr vor (BAFA, 2017). Der Vorschlag ist durchaus kritisch zu prüfen, da durch verschärfte Qualifikations-Anforderungen auch die Anzahl zugelassener Energieauditoren sinken würde, so dass die Harmonisierung mit der Energieberatung Mittelstand höchstens schrittweise erfolgen sollte. Lt. IREES and adelphi (2017) weisen insbesondere die in den Berichten dargestellten Wirtschaftlichkeitsberechnungen Mängel auf. Möglich wäre daher, mit dem verpflichtenden Besuch einer Weiterbildungsveranstaltung von z.B. acht Unterrichtseinheiten im Bereich Wirtschaftlichkeit und Lebenszykluskostenanalyse einen Anfang zu machen. Im Rahmen der Weiterbildung für die Energiebera-

tung Mittelstand ist die Absolvierung von vier Unterrichtseinheiten zur Lebenszykluskostenanalyse inzwischen verpflichtend vorgesehen (BAFA, 2018).

Um Anreize für eine richtige Anwendung der erlernten Methoden zu geben, sollten die Stichprobenkontrollen des BAFA sowohl bei Berichten im Rahmen von Energieaudits als auch solchen der Energieberatung Mittelstand ein besonderes Augenmerk auf diesen Bereich legen. IREES and adelphi (2017) ermittelten, dass in der Mehrzahl der Wirtschaftlichkeitsanalysen für vorgeschlagene Maßnahmen ausschließlich die jeweilige Amortisationszeit berechnet wurde. Die Schlüsselrolle von betriebswirtschaftlicher Methodenkompetenz betonen IREES and Fraunhofer ISI (2014, S. 162) wie folgt:

“Das alleinige Entscheidungskriterium der Amortisationszeit führt in vielen Fällen dazu, dass Unternehmen sich gegen eine Energieeffizienz-Investition entscheiden, weil sie nicht ahnen, wie hoch die Rentabilität und der Kapitalwert der Investition sein können. Die Auswertung von mehr als 7.000 Maßnahmenvorschlägen im Bereich der Querschnittstechnologien hat ergeben, dass deren interne Verzinsung im Mittel bei ca. 30 % liegt.”

Allerdings ziehen Unternehmen selbst häufig ausschließlich die statische Amortisationszeit als Kriterium heran. Deren Horizont in Richtung aussagekräftigerer Wirtschaftlichkeitsmaße wie dem Kapitalwert oder den statischen Lebenszykluskosten zu weiten, kann für den Berater eine zähe, langwierige Aufgabe darstellen.

Problematisch können sich auch die häufig relativ geringen Auftragssummen für Energieaudits auswirken (DEnBAG et al., 2016), die den Spielraum für eine qualitativ hochwertige Beratung einschränken. Mutmaßlich nutzen einige Anbieter von Energieaudits diese im Wesentlichen dazu, „einen Fuß in die Tür“ von Unternehmen zu bekommen und weitergehende geschäftliche Kontakte verfolgen. IREES and adelphi (2017) verweisen so auch auf einen Verband der Energiecontractoren, für den die Energieaudits sich auch zur Kundenakquise eignen.

Diese Praxis ist aus folgenden Gründen problematisch:

- Es liegt bei der Beratung ein Interessenskonflikt vor. Statt der Schaffung von Voraussetzungen für die Steigerung der Energieeffizienz stehen Geschäftsinteressen wie z.B. der Verkauf von Produktionsmaschinen, Druckluftkompressoren, Blockheizkraftwerken oder die Anbahnung anderer geschäftlicher Kontakte im Vordergrund.
- Anbieter mit anderen Geschäftsinteressen bewirken potenziell eine Absenkung des Preisniveaus, was wiederum die für das Audit zur Verfügung stehende Zeit und damit auch die Aufdeckung und Berechnung von Energie-sparpotenzialen reduziert.

Das BAFA (2019, S. 21) schreibt zu diesem Thema in seinem Merkblatt zu Energieaudits nach Edl-G:

„Das Energieaudit ist in unabhängiger Weise durchzuführen.(...) Danach muss die das Energieaudit durchführende Person

- 1 | das Unternehmen hersteller-, anbieter- und vertriebsneutral beraten und darf
- 2 | keine Provisionen oder sonstigen geldwerten Vorteile von einem Unternehmen fordern oder erhalten, das Produkte herstellt oder vertreibt oder Anlagen errichtet oder vermietet, die bei Energiesparinvestitionen im auditierten Unternehmen verwendet werden.

(...) Damit sollen jedoch Unternehmen, die eine unternehmensinterne organisatorische Trennung der Beratungsdienstleistungen vom Vertrieb von Einsparprodukten sicherstellen, nicht gehindert werden, Energieaudits nach dem Gesetz anzubieten.“

Angestellten von Tochter- oder Schwesterunternehmen von Anbietern und Energieversorgern ist es also erlaubt, Beratungen durchzuführen. Ob diese keinem zumindest latenten Interessenskonflikt unterliegen, ist fraglich. Das BAFA sollte daher auch deren Ausschluss prüfen. Für die Energieberatung Mittelstand kann eine gefährdete Anbieterneutralität analog festgestellt werden. Die Richtlinie von 2015 enthielt noch folgende Bestimmung: „Zulassung eines Energieberaters zum Förderverfahren setzt voraus die Unabhängigkeit des Beraters (Ausschluss bestimmter beruflicher Tätigkeiten oder gesellschaftsrechtlicher Beteiligungen; Verpflichtung zur hersteller-, anbieter-, produkt- und vertriebsneutralen Beratung)“ (BAFA, o.J.c). In der Richtlinie 2017 wurde diese Formulierung mit der Begründung eines vorher zu eng gefassten Beraterpools und der nun ermöglichten „Ausschöpfung des gesamten Potentials an fachlich qualifizierten Energieberatern“ gestrichen (BAFA, o.J.c). Als Ersatz für die vorherige konsequent-restriktive Regelung sollen Unternehmen nur noch durch „Selbsterklärungen des Beraters“ (BAFA, o.J.c) geschützt werden.

In diesem Kapitel wurden Vorschläge dargestellt, durch deren Umsetzung die Effektivität von Energieberatungen – im Besonderen die Formate Energieberatung Mittelstand und Energieaudits nach Energiedienstleistungsgesetz - gesteigert werden kann. Die sukzessive Harmonisierung von Qualifikationsanforderungen, der konsequentere Ausschluss von Beratern mit potenziellen Interessenskonflikten sowie verstärkte Kontrollen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen in den Berichten bilden Empfehlungen zur Steigerung der Beratungsqualität. Die Förderung der Umsetzungsbegleitung trägt den vorliegenden Hemmnissen Rechnung, die bei der Realisierung von Maßnahmen in ähnlicher Weise existieren wie bei deren Ermittlung.

Im folgenden Kapitel werden Hinweise gegeben, wie die Effektivität von Förderprogrammen erhöht werden kann.

5.2 Begrenzung von Fördermitteln

Die Inanspruchnahme von Fördermitteln zeigt keinerlei signifikanten Zusammenhang mit der abhängigen Variable, der Koeffizient ist sogar in den meisten Fällen negativ, die p-Werte liegen allerdings konstant über 0,1 und das meistens sehr deutlich.²²

Das Resultat lässt aufhorchen und stellt den Kurs der Bundesregierung, für die Förderprogramme ein wichtiges Instrument sind, in Frage. Das Bundeswirtschaftsministerium als größter Fördermittelgeber vergibt zwischen 2016 und 2020 Fördergelder zur Steigerung der Energieeffizienz in Höhe von 17 Milliarden Euro (BMW, o.J.a).

Das Ergebnis dieser Arbeit verdeutlicht die Notwendigkeit, die Trittbrettfahreffekte zu reduzieren. 22% der Unternehmen haben Fördermittel aufgenommen, einen nachweislich positiven Effekt haben diese aber nicht zu erzielen vermocht, so dass das Vorliegen von Mitnahmeeffekten vermutet wird. Ein erster entsprechender Ansatzpunkt ist die Streichung von Fördermitteln für offensichtlich wirtschaftlich rentable und stark verbreitete Technologien. So gewährt die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) über ihr Förderprogramm Energieeffizient Bauen und Sanieren – Nichtwohngebäude zinsgünstige Kredite mit Tilgungszuschuss immer noch für LED-Beleuchtung unter Anforderungen an die Effizienz, die mit 120 lm/W wenig ambitioniert wirken (KfW, 2018). Der Autor selbst ist aktuell an Projekten zum LED-Einbau mit weit effizienteren Systemen beteiligt, die auch ohne Förderung umgesetzt werden.

Eine zweite Empfehlung bezieht sich auf ein in 3.4 bereits erläutertes Risiko von Fördermitteln für energieeffiziente Anlagen: Statt der erwünschten Energieeinsparung können diese Fördermittel das Gegenteil bewirken, wenn die Fördermittel zum Eintritt neuer Produzenten in energieintensiven Branchen führen (Rahmeyer, 1997). Ein konkretes Mittel gegen diesen Mechanismus bezogen auf die aktuelle Förderlandschaft ist die Begrenzung der Fördermittel im Rahmen des Förderprogramms QST auf den Austausch von Altanlagen, wie dies während der ersten Jahre seines Bestehens bereits der Fall war. Seit 2016 werden dagegen auch Neuanlagen gefördert (dena, 2016). Diese Regelung vereinfacht administrative Vorgänge, da eine Energieeffizienzsteigerung gegenüber dem Status Quo nicht mehr nachgewiesen werden muss, beinhaltet aber das genannte Risiko.

Im Falle einer Verkleinerung des Förderbudgets sollten prioritär *radikale Innovationen* anstelle *inkrementeller Technologien* (Weber & Hey, 2012) gefördert werden. *Inkrementelle Technologien* werden bei entsprechenden Preissignalen von den Unternehmen als aktuell kostengünstigere Option bevorzugt. Demgegenüber setzen sich radikale Innovationen ohne zusätzliche Förderung am Markt kaum durch:

²² Der kleinste p-Wert lag bei 0,275 mit negativem Koeffizienten.

„Sogenannte Back-Stopp-Technologien oder radikale Innovationen sind gerade deshalb noch nicht wettbewerbsfähig, weil die Kostendegression durch Marktdurchdringung noch nicht begonnen werden konnte. Das Preissignal des Emissionshandels ist für eine Markteinführung solcher zunächst teuren Technologien zu schwach, auch wenn sich diese langfristig als die kostengünstigste Option herausstellen würden.“ (Weber & Hey, 2012, S. 44)

Beispiele für Back-Stopp-Technologien sind Windkraft- und Photovoltaikanlagen sowie LED-Lampen in ihrer jeweiligen Anfangszeit. Letztere wurden einige Jahre über das QST-Förderprogramm bezuschusst und konnten wie erwähnt erhebliche Kostensenkungen aufweisen. Das damalige inkrementelle Pendant sind z.B. effizientere Varianten der klassischen Leuchtstofflampen wie T5.

Nachdem in diesem Abschnitt Vorschläge zur Begrenzung und Priorisierung von Fördermitteln dargestellt wurden, sollen im folgenden Unterkapitel Impulse zur stärkeren Berücksichtigung marktwirtschaftlicher Elemente in der Klima- und Energieeffizienzpolitik gegeben werden.

5.3 Stärkung marktwirtschaftlicher Elemente

Laut der Ergebnisse dieser Arbeit wirkt sich eine Steigerung des Heizenergiepreisniveaus positiv auf die betriebliche Energieeffizienz aus, wenn ein gesicherter Einfluss auch nur teilweise festgestellt werden konnte. Für das Strompreisniveau konnte keine effizienzsteigernde Wirkung nachgewiesen werden. Da auch in mehreren weiteren Studien (siehe 3.4 und 3.5) eine Wirksamkeit marktwirtschaftlicher Ansätze nachgewiesen wird, sollen in diesem Kapitel Vorschläge gemacht werden für eine Stärkung von Preisanreize in der deutschen Energie- und Klimapolitik.

Ein kritischer Blick wird dabei zunächst auf die Vergünstigungen für Unternehmen im Rahmen von Strom- und Energiesteuer geworfen. Eine dieser Ausnahmeregelungen ist der sog. *Spitzenausgleich* nach §10 StromStG sowie §55 EnergieStG. Übersteigen die zusätzlichen Belastungen in Form höherer Strom- und/oder Energiesteuern durch die in 3.5 skizzierte Ökologische Steuerreform die Entlastungen durch geringere arbeitgeberseitige Sozialversicherungsbeiträge, werden für Unternehmen des Produzierenden Gewerbes Vergünstigungen in Höhe von 90% der Mehrbelastung nach dem vorherigen Abzug eines Mindestbeitrags, der zu 100% zu zahlen ist, gewährt. Diese Entlastungsmöglichkeit existiert seit dem Antragsjahr 2013 nur noch, wenn ein Energiemanagementsystem nach DIN EN ISO 50001 oder ein Umweltmanagementsystem EMAS betrieben wird (§10 StromStG, §55 EnergieStG).²³

²³ In KMU ist die Durchführung eines Energieaudits nach DIN EN 16247-1 entsprechend Anlage 1 Spitzenausgleich-Effizienzsystemverordnung (SpaEfV) oder das Betreiben eines alternativen Systems nach Anlage 2 SpaEfV ausreichend.

Die bestehende Regelung reduziert Preisanreize, wohingegen eine positive Wirkung der im Gegenzug eingeführten Managementsysteme in dieser Arbeit nicht belegt werden konnte. Werden Unternehmen des Produzierenden Gewerbes bzw. einzelne Prozesse (§9a StromStG) gegenüber anderen Unternehmen bevorzugt, verzerrt dies zudem die volkswirtschaftliche Allokation von Ressourcen zugunsten der bevorzugten Branchen gegenüber anderen Wirtschaftszweigen. Für eine solche Verzerrung braucht es eine klare Rechtfertigung wie z.B., eine Gefährdung der betroffenen Unternehmen durch den internationalen Wettbewerb. Eine solche Rechtfertigung liegt für die Ausnahmetatbestände des StromStG und des EnergieStG aber nicht vor. Die Harmonisierung mit den Vergünstigungstatbeständen des Erneuerbare Energien-Gesetzes, die für die Gewährung von Entlastungen neben einer hohen Energieintensität auch die Zugehörigkeit zu einer im internationalen Wettbewerb stehenden Branche voraussetzt (BMWi, o.J.b), sollte geprüft werden.

Arepo Consult (2012) geht noch einen Schritt weiter und regt an, Umlage- und Steuervergünstigungen nur noch zu gewähren, wenn sowohl Effizienzsteigerungspotenziale einzelner Prozesse weitgehend ausgeschöpft sind als auch eine Zugehörigkeit zu einer Branche vorliegt, die im starken Wettbewerb mit Unternehmen aus dem außereuropäischen Ausland steht, die dort keiner klimapolitischen Regulierung unterliegen.

Andere Reformvorschläge zielen auf eine erhöhte Gegenleistung der begünstigten Unternehmen ab, um die schwächeren Sparanreize aufgrund niedrigerer Energie- und Stromsteuern auszugleichen (FÖS & Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz [DENEFF], 2012). Derzeit müssen die begünstigten Unternehmen insgesamt eine Steigerung der Energieeffizienz von 1,3% jährlich erbringen, lt. FÖS and DENEFF (2012) liegt die Effizienzsteigerung von Unternehmen im business-as-usual-Szenario, also ohne zusätzliche Anstrengungen durch Managementsysteme, bereits bei 1,7%. sodass die geltenden Zielvorgaben als zu wenig ambitioniert zu betrachten sind.

Ähnlich kritisch zu bewerten sind mehrere weitere Ausnahmetatbestände von Strom- und Energiesteuer, da es bei diesen umso mehr an einer entsprechenden Rechtfertigung fehlt. §9b und §54 EnergieStG berechtigen zu pauschalen Steuerentlastungen für Unternehmen des Produzierenden Gewerbes und der Land- und Forstwirtschaft auf Antrag. Eine Netto-Mehrbelastung durch die Regelungen der Ökologischen Steuerreform wie beim Spitzenausgleich ist nicht gefordert.²⁴ Eine Abschmelzung dieser Vergünstigungen ist daher in Betracht zu ziehen.

Die bisher beschriebenen Reformvorschläge thematisieren Ausnahmeregelungen. Zur merklichen Verringerung von Treibhausgas-Emissionen und zur simultanen Steigerung der Energieeffizienz sind aber weitergehende Maßnah-

²⁴ Wie beschrieben, werden Unternehmen bereits entlastet, indem die Mehreinnahmen durch die Ökologische Steuerreform hauptsächlich zur Senkung der Rentenversicherungsbeiträge eingesetzt werden.

men wie die Fortführung der Ökosteuer vonnöten. Hierzu sind in erster Linie die bestehenden Steuersätze auf den Einsatz von Energie zu erhöhen, um insgesamt stärkere Preisanreize zur Verbrauchssenkung zu ermöglichen, dies betrifft auf Basis der Ergebnisse der Erhebung dieser Arbeit gerade die Steuersätze auf Heizenergieträger wie Erdgas und Heizöl, die bisher weitgehend von Belastungen ausgenommen wurden (DIW, 2009). Einer Befürchtung der Gefährdung der Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen tritt das DIW (2001) entgegen: „Eine weitere Erhöhung der Energiebesteuerung in kleinen Schritten wäre aber auch ohne koordiniertes Vorgehen der Europäischen Union möglich und sinnvoll, zumal andere europäische Länder diesen Weg bereits eingeschlagen haben.“ Vor dem Hintergrund, dass die Ökologische Steuerreform nach Inkraftsetzung der dritten Stufe 2003 nicht fortgesetzt wurde und eine stärkere Kostenbelastung auf den Energieträger Strom beschränkt blieb, ist davon auszugehen, dass die Aussage des DIW aus dem Jahr 2001 bezogen auf die übrigen Energieträger – jene zur Wärmeerzeugung und Kraftstoffe – weiterhin Gültigkeit hat. Das FÖS (2013) ermittelt sogar einen von 2004 bis 2013 zurückgehenden Anteil der Umweltsteuern am Gesamtsteueraufkommen und spricht sich daher nachdrücklich für eine Fortsetzung der Ökologischen Steuerreform aus. Dahingehende Schritte hat es aber auch in den Folgejahren nicht gegeben.

Im Gegensatz zu den übrigen Energieträgern sind die Abgaben auf Strom in Form von Umlagen – u.a. zur Finanzierung des Ausbaus Erneuerbarer Energien – lange Zeit deutlich angestiegen (BDEW, o.J.). Die großen Belastungsunterschiede zwischen den Energieträgern führen zu einer verzerrten Ressourcenallokation zu Lasten von Strom und zugunsten von schwach besteuerten fossilen Brennstoffen wie Heizöl und Erdgas (E-Bridge Consulting [E-Bridge], Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH [ZEW], & Technische Universität Clausthal [TU Clausthal], 2018). Die Ungleichbehandlung erschwert zudem die stärkere Elektrifizierung der Sektoren Wärme und Verkehr, die unter dem Schlagwort *Sektorenkopplung* von Fachkreisen (E-Bridge et al., 2018) wie auch der Bundesregierung als wesentlicher Bestandteil der Energiewende aufgefasst wird (BMW, 2016). Hintergrund ist die Ausweitung des Wirkungsbereichs der als künftige tragende Säule des Energiesystems betrachteten und hauptsächlich zur Stromerzeugung eingesetzten Energieträger Wind und Sonne (UBA, 2010).

Die Besteuerung des Energieeinsatzes sollte sich künftig möglichst weitgehend an einem nachvollziehbaren Kriterium wie dem Energieverbrauch oder/und dem CO₂-Ausstoß ausrichten. Für beide Ansätze gibt es gute Gründe: In Kapitel 2 wurde dargelegt, inwieweit die eigenständige Verfolgung der Steigerung der Energieeffizienz zu rechtfertigen ist. Das FÖS (2017) kombiniert in seinem Modell bei der Besteuerung der Energieträger Heizöl, Erdgas, Kohle, Benzin und Diesel je eine Energieverbrauchs- und eine CO₂-Komponente, wobei die Belastung der Kraftstoffe von der Energiekomponente dominiert wird.

E-Bridge et al. (2018) setzen bei ihrer Studie für Agora Energiewende demgegenüber gänzlich auf eine CO₂-orientierte Bepreisung. Als Vorteil dieses Sys-

tems ist insbesondere die größere Kompatibilität mit dem Emissionshandel zu nennen, dem neben der Energiewirtschaft auch Betreiber größerer industrieller Anlagen unterworfen sind. Für diese kann die Anrechenbarkeit der Zertifikatskosten auf die Steuerschuld auf einfache Weise ermöglicht werden. Solange die Zertifikatspreise unter den entsprechenden Steuersätzen liegen, wird zudem eine Gleichbehandlung zwischen Unternehmen, die vom Emissionshandel betroffen sind, und den übrigen Betrieben gewährleistet.

Auch zum Stromsektor machen die beiden Studien unterschiedliche Vorschläge. Während das FÖS (2017) für eine CO₂-basierte Besteuerung der Stromerzeugung (*Input-orientiert*) auf allerdings moderatem Preisniveau von zunächst 30€ eintritt²⁵, sprechen sich die Autoren der Agora-Energiewende-Studie gegen eine Input-orientierte Bepreisung aus, um die Wettbewerbsfähigkeit deutscher fossiler Kraftwerke nicht zu gefährden (E-Bridge et al., 2018). Das bisherige System wird nach letzterem Vorschlag weitgehend beibehalten mit der Maßgabe, dass die verbrauchsseitige Stromsteuer entsprechend des durchschnittlichen CO₂-Mixes der Stromerzeugung erhoben wird. Eine abschließende Bewertung der verschiedenen Ansätze kann an dieser Stelle nicht erfolgen. Es soll jedoch betont werden, dass die unterschiedlichen im Umlauf befindlichen Konzepte in mehr oder weniger großen Wechselwirkungen mit dem bisherigen System aus Energie- und Stromsteuer und den diesbezüglichen – oben diskutierten - Vergünstigungen stehen. Die obigen Reformvorschläge zur Einschränkung von Ausnahmetatbeständen sind vor diesem Hintergrund auf Basis der derzeitigen Situation zu betrachten.

²⁵ Im Gegensatz dazu wird die heutige Stromsteuer verbrauchsseitig erhoben.

6 Klima- und effizienzpolitischer Ausblick

Nachdem eingangs aufgezeigt wurde, wie sehr Deutschland trotz des bereits präsenten Klimawandels seinen effizienzpolitischen Zielen hinterherhinkt und die folgenden Kapitel dieser Arbeit einen Beitrag für eine verbesserte Effizienzpolitik leisten sollten, kann abschließend ein etwas optimistischerer Ausblick gewagt werden: In 2018 ist der Energieverbrauch um 5 Prozent bzw. witterungsbereinigt um 4 Prozent auf ca. 12900 Petajoule zurückgegangen, die energiebedingten Emissionen sanken sogar um ca. 6 Prozent (AG Energiebilanzen, 2018b). Als Gründe werden die Steigerung der Energieeffizienz und die anziehenden Preise genannt, ein weiterer Beleg für die Sinnhaftigkeit eines stärkeren Einsatzes marktwirtschaftlicher Instrumente.

Auch die politische Debatte kommt in Gang. Im Zuge der Vorbereitungen des für 2019 geplanten Klimaschutzgesetzes bringt Umweltministerin Svenja Schulze eine allgemeine CO₂-Abgabe²⁶ ins Spiel (Sauga, 2018). Nachdem in Deutschland parallel zum lange Zeit lahmenden europäischen Emissionshandel mit überschaubarem Erfolg auf eine Mischung aus Fördermitteln und ordnungsrechtlichen Instrumenten gesetzt wurde, darf man gespannt sein, ob marktwirtschaftliche Instrumente wieder an Bedeutung gewinnen. So oder so bleibt aber noch viel Arbeit auf dem Weg zu einer wirkungsvollen, effizienten und gerechten Klima- und Energieeffizienzpolitik.

²⁶ Nach Auffassung des Autors ist hiermit die Fortführung der bisherigen Instrumente mit der Prämisse einer gleichmäßigeren Besteuerung der verschiedenen Energieträger in Abhängigkeit des jeweiligen CO₂-Gehalts gemeint.

7 Literaturverzeichnis

- Aalbers, R., Groot, H. L. F. de, Ossokina, I. V., & Vollebergh, H. R.J. (2004). Subsidising the adoption of energy-efficient technologies: An empirical analysis of the free-rider effect. In K. Blok, H. L. F. de Groot, E. E. M. Luiten, & M. G. Rietbergen (Hrsg.), *The effectiveness of policy instruments for energy-efficiency improvement in firms: The Dutch experience* (S.31–49). Dordrecht: Kluwer Acad. Publ.
- Adelphi consult, Ernst Basler+Partner, & Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (2016). Rebound-Effekte: Wie können sie effektiv begrenzt werden? Abgerufen von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rebound-effekte_wie_koennen_sie_effektiv_begrenzt_werden_handbuch.pdf
- AG Energiebilanzen (2018a). Ausgewählte Effizienzindikatoren zur Energiebilanz Deutschland: Daten für die Jahre von 1990 bis 2017. Abgerufen von https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=03_eefa-ageb-effizienzindikatoren_zur_energiebilanz_orange_2017_06112018.pdf
- AG Energiebilanzen (2018b). Energieverbrauch 2018 deutlich gesunken: Geringster Verbrauch seit Anfang der 1970er Jahre / CO₂-Ausstoß gesunken. Abgerufen von https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_pressedienst_05_2018.pdf
- Andresen, J. (o.J.). Heizwert der Brennstoffe. Abgerufen von <http://www.meineheizung.de/heizen-mit-pellets/heizwert-von-pellets>
- Andreß, H.-J. (2001). Glossar zur Datenerhebung und statistischen Analyse: Signifikanzniveau (Irrtumswahrscheinlichkeit). Abgerufen von <http://eswf.uni-koeln.de/glossar/node151.html>
- Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch (2017). Das KWK-Gesetz 2017 zur weiteren Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung. Abgerufen von https://www.asue.de/sites/default/files/asue/themen/blockheizkraftwerke/2017/broschueren/asue_kwk_gesetz2017_309860.pdf
- Arepo Consult (2012). Befreiungen der energieintensiven Industrie in Deutschland von Energieabgaben. Abgerufen von https://www.rosalux.de/fileadmin/rls_uploads/pdfs/Themen/Nachhaltigkeit/RLS-Studie_Energieintensive_Industrie.pdf
- Armendáriz de Aghion, B., & Morduch, J. (2007). *The economics of microfinance*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Baumol, W. J., & Oates, W. E. (1971). The Use of Standards and Prices for Protection of the Environment. *Swedish Journal of Economics*, 73(1), 42–54.
- Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (2014). Energieeinspar- und Energieeffizienzziele EU, Deutschland und Bayern: Pakte und Vereinbarungen der Bayerischen Staatsregierung mit Partnern im Bereich Energiesparen und Energieeffizienz. Abgerufen von https://www.energie-innovativ.de/fileadmin/user_upload/energie_innovativ/Energiedialog/Dokumente/2014-11-22-Ziele-und-Pakte.pdf
- Bendel, O. (o.J.). Energiemanagement. Abgerufen von <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/energiemanagement-53997>
- Biermann, F., Böhm, F., Brohm, R., Dröge, S., & Trabold, H. (2003). Verursacherprinzip, WTO-Recht und ausgewählte Instrumente der deutschen Energiepolitik. Abgerufen von <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/short/k2548.pdf>
- Bischöfliches Hilfswerk MISEREOR (2018). Rohstoffe für die Energiewende: Menschenrechtliche und ökologische Verantwortung in einem Zukunftsmarkt. Abgerufen von <https://www.misereor.de/fileadmin/publikationen/studie-rohstoffe-fuer-die-energiewende.pdf>
- Blok, K., Groot, H. L. F. de, Luiten, E. E. M., & Rietbergen, M. G. (2004). Energy-Efficiency Standards. In K. Blok, H. L. F. de Groot, E. E. M. Luiten, & M. G. Rietbergen (Hrsg.), *The ef-*

- fectiveness of policy instruments for energy-efficiency improvement in firms: The Dutch experience* (S.51–70). Dordrecht: Kluwer Acad. Publ.
- Bolay, S. (2014). Brauchen wir eine verbindliche Zieltrias für Treibhausgasreduktion, Ausbau der erneuerbaren Energien und Energieeffizienz? Abgerufen von <http://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2014/26/Meldung/kontrovers-ruschkowski-bolay.html>
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (o.J.a). Energieaudit. Abgerufen von https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieaudit/energieaudit_node.html
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (o.J.b). Energieberatung im Mittelstand: Art und Höhe der Förderung. Abgerufen von https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung_Mittelstand/energieberatung_mittelstand_node.html
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (o.J.c). Gegenüberstellung der Richtlinien 2015 und 2017: Richtlinie über die Förderung der Energieberatung im Mittelstand. Abgerufen von http://www.bafa.de/SharedDocs/Standardartikel/Blogartikel/energie_ebm_synopse_richtlinie2017.html?nn=8063970
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (o.J.d). Monatliche Entwicklung der Einfuhr Rohöl 1991 bis 2018. Excel-Datei. Abgerufen von https://www.bafa.de/DE/Energie/Rohstoffe/Rohoel/rohoel_node.html
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2017). Energieberatung im Mittelstand: Hinweise zur Beraterzulassung. Abgerufen von www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ebm_hinweise_berateranerkennung.pdf?__blob=publicationFile&v=7
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2018). Energieberatung im Mittelstand: Anforderungen Zusatzqualifikation von Energieberatern im Rahmen des Förderprogramms. Abgerufen von https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ebm_fortbildungsanforderungen2019.pdf;jsessionid=38771B93AE31B8AD90B6A862147C6DD8.1_cid378?__blob=publicationFile&v=5
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2019). Merkblatt für Energieaudits. Abgerufen von www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ea_merkblatt.pdf?__blob=publicationFile&v=7
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (o.J.a). „Efficiency first“ – Energieeffizienz als zentrale Säule der Energiewende: Überblick über Ausrichtung, Maßnahmen und Programme der Energieeffizienzpolitik. Abgerufen von https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/H/hintergrundpapier-energieeffizienz.pdf?__blob=publicationFile&v=6
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (o.J.b). Besondere Ausgleichsregelung und Eigenversorgung. Abgerufen von <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/besondere-ausgleichsregelung.html>
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (o.J.c). Sie haben die Wahl. Abgerufen von <https://www.deutschland-machts-effizient.de/KAENEF/Navigation/DE/Unternehmen/Anlagentechnik/anlagentechnik.html>
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014). EU-Klimaziele: Zieltrias für 2030 ist kostengünstigster und effektivster Weg. Abgerufen von <http://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2014/31/Meldung/eu-klimaziele-zieltrias-fuer-2030-ist-kostenguenstigster-und-effektivster-weg2.html>
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2016). Was bedeutet "Sektorkopplung"? Abgerufen von <https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2016/14/Meldung/direkt-erklaert.html>

- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, & Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2014). Hintergrundinformationen zur Besonderen Ausgleichsregelung: Antragsverfahren 2013 auf Begrenzung der EEG-Umlage 2014. Abgerufen von https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Hintergrundinformationen/hintergrundinformationen_%20zu_besonderen_ausgleichsregelung.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- Bundesnetzagentur (2019). Anzulegende Werte für Solaranlagen in Cent/kWh bei Inbetriebnahme nach dem 31.12.2018: Excel-Datei. Abgerufen von https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/PV_Datenmeldungen/DegressionsVergSaetze_02-04_19.xlsx;jsessionid=83E90BD542ABA0EB731541A6C247FCA1?__blob=publicationFile&v=4
- Bundesregierung (o.J.). Glossar zu Energie. Abgerufen von <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/glossar-zu-energie-461604>
- Bundesstelle für Energieeffizienz (o.J.). Energieberatung. Abgerufen von https://www.bfee-online.de/BfEE/DE/Energiedienstleistungen/Energieberatung/energieberatung_node.html
- Bundesstelle für Energieeffizienz (2017). *Untersuchung des Marktes für Energiedienstleistungen, Energieaudits und andere Energieeffizienzmaßnahmen: Endbericht BfEE 06/2015*. Eschborn.
- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (o.J.). Entwicklung der Strompreise: Wie setzt sich der Strompreis für Haushaltskunden in Deutschland zusammen? Abgerufen von <https://www.bdew.de/presse/pressemappen/entwicklung-der-strompreise/>
- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (2018). BDEW-Strompreisanalyse Mai 2018: Haushalte und Industrie. Abgerufen von https://www.hannover.ihk.de/fileadmin/data/Dokumente/Themen/Energie/1805018_BDEW-Strompreisanalyse-Mai-2018.pdf
- Carstens, P. (2018). Hitzewelle im Mai: Tut nicht so überrascht! Abgerufen von <https://www.geo.de/natur/nachhaltigkeit/19000-rtkl-klimawandel-hitzewelle-im-mai-tut-nicht-so-ueberrascht>
- Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk (o.J.). Heizwert Wassergehalt und Gewicht. Abgerufen von <https://www.carmen-ev.de/biogene-festbrennstoffe/brennstoffe/hackschnitzel/579-heizwert-wassergehalt-und-gewicht>
- Cerbe, G., & Wilhelms, G. (2013). *Technische Thermodynamik: Theoretische Grundlagen und praktische Anwendungen* (17., überarb. Aufl.). München: Hanser. <https://doi.org/10.3139/9783446437500>
- Co2online (o.J.). Fragen & Antworten: Zehn Dinge, die Sie über Brennwertkessel wissen sollten: 9. Brennwertkessel sind häufig überdimensioniert. Was bedeutet das genau? Abgerufen von <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/brennwertkessel/brennwertkessel-10-fragen-antworten/#c70024>
- Coase, R. H. (1937). The Nature of the Firm. *Economica*, 4(16), 386–405.
- Deutsche Energie-Agentur (2016). Evaluation des Förderprogramms „Investitionszuschüsse zum Einsatz hocheffizienter Querschnittstechnologien im Mittelstand“: Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Abgerufen von https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9186_Evaluation_des_Foerderprogramms_Investitionszuschuesse_fuer_den_Einsatz.pdf
- Deutsche Energie-Agentur (2017). dena-Gebäudereport: Sanierungsrate weiterhin viel zu gering. Abgerufen von <https://www.dena.de/de/newsroom/meldungen/2017/dena-gebaeudereport-sanierungsrate-weiterhin-viel-zu-gering/>

- Deutsche Energie-Berater und -Auditoren Gesellschaft, Beuth-Hochschule für Technik Berlin, Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP), Universität Stuttgart, & Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (2016). Markterhebung Energieaudit 2016: Befragung zur Wirksamkeit von Energieaudits. Abgerufen von <https://www.ipa.fraunhofer.de/content/dam/ipa/de/documents/Kompetenzen/Effizienzsysteme/Markterhebung_Energieaudit_2016.pdf>
- Deutsche Industrie- und Handelskammer (2016). Kosten-Nutzen-Verhältnis verpflichtender Energieaudits – eine erste Erhebung. Abgerufen von <https://www.konstanz.ihk.de/innovation/energiefragen/NEWS_aus_der_Energie/Aenderung_des_Energiedienstleistungsgesetzes_-_Verpflichtende_E/1669736>
- Deutscher Industrie- und Handelskammertag (2017). „EEG-Finanzierung auf neue Füße stellen“: Beschluss des Vorstands. Abgerufen von https://cdn01.blog.ostwestfalen.ihk.de/umweltenergie/wp-content/uploads/sites/4/2017/07/Positionspapier_EEG_Finanzierung_Juni_2017.pdf
- Deutscher Wetterdienst (2019). Datei KF Feb08-Jan09 bis KF Jan18-Dez18. Excel-Datei. Abgerufen von https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimafaktoren/kf_p_alle_ab_2009_xls_xls.xls;jsessionid=3CC4C0503ABD82E1BBB15657B1A10687.live11051?view=nasPublication&nn=16102
- Deutsches Institut für Normung (Dezember 2011). *DIN EN ISO 50001*. (DIN EN ISO 50001:2011). Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (2001). Wirkungen der ökologischen Steuerreform in Deutschland. Wochenbericht des DIW Berlin 14/01. Abgerufen von <https://www.diw.de/sixcms/detail.php?id=286182>
- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (2009). Zehn Jahre ökologische Steuerreform: Finanzpolitisch erfolgreich, klimapolitisch halbherzig. Wochenbericht des DIW Berlin Nr. 14/2009. Abgerufen von <https://www.diw.de/documents/publikationen/73/96632/09-14-1.pdf> https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.96632.de/09-14-1.pdf
- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (2010). Ökosteuer hat zu geringerer Umweltbelastung des Verkehrs beigetragen. Wochenbericht des DIW Berlin Nr. 13-14/2010. Abgerufen von https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.354609.de/10-13-1.pdf
- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (2016). *Marktwert der Energieeffizienz: Deutliche Unterschiede zwischen Miet- und Eigentumswohnungen*. DIW Wochenbericht Nr. 28.2016. Abgerufen von https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.538386.de/16-28-3.pdf
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, & Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (2006). Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern: Gutachten im Rahmen von Beratungsleistungen für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Abgerufen von <https://www.dlr.de/Portaldata/41/Resources/dokumente/institut/system/publications/ee_kosten_stromerzeugung.pdf>
- E-Bridge Consulting, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH, & Technische Universität Clausthal (2018). Neue Preismodelle für die Energiewirtschaft: Reform der Struktur von Netzentgelten und staatlich veranlasster Preisbestandteile. Abgerufen von https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2017/Abgaben_Umlagen/146_Neue-Preismodelle_WEB.pdf
- Ecologic Institut für Internationale und Europäische Umweltpolitik (2005). Die Ökologische Steuerreform – Auswirkungen auf Umwelt, Beschäftigung und Innovation: Zusammenfassung des Endberichts für das Vorhaben: „Quantifizierung der Effekte der Ökologischen Steuerreform auf Umwelt, Beschäftigung und Innovation“. Forschungsprojekt im Auftrag des

- Umweltbundesamts. Abgerufen von <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/short/k2810.pdf>
- European Commission (o.J.). Effort sharing: Member States' emission targets. Abgerufen von https://ec.europa.eu/clima/policies/effort_en
- European Commission (2010). List of NACE Codes. Abgerufen von http://ec.europa.eu/competition/mergers/cases/index/nace_all.html
- FIZ Karlsruhe - Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur GmbH (2017). Wie die Energiewende im Gebäudesektor kosteneffizient erreichbar ist. Abgerufen von <https://projektinfos.energiewendebauen.de/forschung-im-dialog/neuigkeiten-aus-der-forschung/detailansicht/wie-die-energiewende-im-gebaeudesektor-kosteneffizient-erreichbar-ist/>
- Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (2012). Was Strom wirklich kostet: Vergleich der staatlichen Förderungen und gesamtgesellschaftlichen Kosten konventioneller und erneuerbarer Energien. Abgerufen von http://www.foes.de/pdf/2012-08-Was_Strom_wirklich_kostet_lang.pdf
- Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (2013). *Zuordnung der Steuern und Abgaben auf die Faktoren Arbeit, Kapital, Umwelt*. Abgerufen von <http://www.foes.de/pdf/2013-01-Steuerstruktur-2012.pdf>
- Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (2014). Atomrückstellungen für Stilllegung, Rückbau und Entsorgung: Kostenrisiken und Reformvorschläge für eine verursachergerechte Finanzierung. Studie im Auftrag des Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland. Abgerufen von http://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/atomkraft/atomkraft_atom_rueckstellungen_studie.pdf
- Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (2015). Gesellschaftliche Kosten der Braunkohle im Jahr 2015. Kurzstudie im Auftrag von Greenpeace e.V. Abgerufen von <http://www.foes.de/pdf/2015-11-FOES-Gesellschaftliche-Kosten-der-Braunkohle.pdf>
- Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (2017). Energiesteuerreform für Klimaschutz und Energiewende: Konzept für eine sozial- und wettbewerbsverträgliche Reform der Energiesteuern und ein flächendeckendes Preissignal. Abgerufen von <http://www.foes.de/pdf/2017-11-Energiesteuerreform.pdf>
- Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft, & Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz (2012). Bewertung des aktuellen Vorschlags zur Energie- und Stromsteuernovelle vor dem Hintergrund der Energiewende in Deutschland. Abgerufen von <http://www.foes.de/pdf/2012-07-FOES-Deneff-Spitzenausgleich-Hintergrund.pdf>
- Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (2019). Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Abgerufen von <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>
- Geilhausen, M., Bränzel, J., Engelmann, D., & Schulze, O. (2015). *Energiemanagement: Für Fachkräfte, Beauftragte und Manager*. Wiesbaden: Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-02834-3>
- Gillingham, K., Kotchen, M. J., Rapson, D. S., & Wagner, G. (2013). Der "Rebound-Effekt" wird überschätzt. Übersetzung aus dem Englischen. Abgerufen von <https://www.spektrum.de/kolumne/der-rebound-effekt-wird-ueberschaetzt/1181936>
- Global Humanitarian Forum (2009). Human Impact of Climate Change. 2009 Forum. Abgerufen von http://www.gci.org.uk/Documents/GHF_2009_.pdf
- Golove, W. H., & Eto, J. H. (1996). Market barriers to energy efficiency: a critical reappraisal of the rationale for public policies to promote energy efficiency. Abgerufen von <http://eta-publications.lbl.gov/sites/default/files/lbnl-38059.pdf>

- Greenpeace International, Greenpeace EU-Unit (2014). Roadmap for Europe. Abgerufen von https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/greenpeace_eu_pdf.pdf
- Greive, M., & Vitzthum, T. (2014). Die zehn wichtigsten Antworten zur Stromtrasse. Abgerufen von <https://www.welt.de/politik/deutschland/article124593298/Die-zehn-wichtigsten-Antworten-zur-Stromtrasse.html>
- Györi, M. (2014). Electricity Prices and Energy Efficiency-a Regression Discontinuity Approach (Masterarbeit). Lund University, Lund. Abgerufen von <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=4519446&fileOid=4519447>
- Hassett, K. A., & Metcalf, G. E. (1995). Energy tax credits and residential conservation investment: Evidence from panel data. *Journal of Public Economics*, 57, 201–217.
- Hungenberg, H., & Wulf, T. (2006). *Grundlagen der Unternehmensführung* (2., aktualisierte Aufl.). *Springer-Lehrbuch*. Berlin: Springer.
- Ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Prognos, & Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (2009). Potenziale und volkswirtschaftliche Effekte einer ambitionierten Energieeffizienzstrategie für Deutschland: Bericht im Rahmen des Forschungsvorhabens. Abgerufen von https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/Klimaschutz_Energieeffizienz_undBeschaeftigung.pdf
- Ingenieurbüro für Haustechnik Schneider (2010). Brennstoffdaten und Infos für Holzbrennstoffe (Scheitholz, Stückholz, Holzbrikett). Abgerufen von http://energieberatung.ibshlk.de/planholz_dat.htm
- Institut der Deutschen Wirtschaft (2018). Möglichkeiten einer CO₂-Bepreisung im Wärmemarkt. Gutachten für den Zentralen Immobilien Ausschuss. Abgerufen von https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/IW-ZIA-Gutachten_CO2-Bepreisung_2018-5-8.pdf
- Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien, & adelphi consult (2017). Analyse der Entwicklung des Marktes und Zielerreichungskontrolle für gesetzlich verpflichtende Energieaudits: Schlussbericht an das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Abgerufen von <http://www.irees.de/irees-wAssets/docs/publications/projektbericht-report/Schlussbericht-Evaluierung-Energieauditpflicht.pdf>
- Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien, & Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (2014). Evaluation des Förderprogramms „Energieberatung im Mittelstand“: Schlussbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Abgerufen von https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/evaluation-des-foerderprogramms-energieberatung-im-mittelstand.pdf?__blob=publicationFile&v=5
- Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, & adelphi consult (2011). Kritische Rohstoffe für Deutschland: „Identifikation aus Sicht deutscher Unternehmen wirtschaftlich bedeutsamer mineralischer Rohstoffe, deren Versorgungslage sich mittel- bis langfristig als kritisch erweisen könnte“. Abgerufen von <https://www.izt.de/fileadmin/publikationen/54416.pdf>
- International Council on Clean Transportation (2017). Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen neuer PKW in der EU - Prüfstand versus Realität. Abgerufen von https://www.vcd.org/fileadmin/user_upload/Redaktion/Themen/Auto_Umwelt/CO2-Grenzwert/2017_-_ICCT_-_From_Laboratory_to_Road_-_FactSheet_German_2_.pdf
- International Organization for Standardization (2019). ISO 50001 countries: ISO 50001 - Europe. Excel-Datei: Tabellenblatt ISO 50001Countries. Abgerufen von <https://isotc.iso.org/livelink/livelink?func=ll&objId=18809652&objAction=Open&nexturl=%2F%2Flivelink%2F%2Flivelink%3Ffunc%3D%26objId%3D18808772%26objAction%3Dbrowse%26viewType%3D1>

- Jaffe, A. B., & Stavins, R. N. (1994). The energy-efficiency gap: What does it mean? *Energy Policy*, 22(10), 804–810.
- Jaffe, A. B., & Stavins, R. N. (1995). Dynamic Incentives of Environmental Regulations: The Effects of Alternative Policy Instruments on Technology Diffusion. *Journal of Environmental Economics and Management*, 29, 43–63.
- Knorring, E. von (1997). Umweltschutz als politische Aufgabe: Ein leitbildorientierter Überblick. In M. Stengel & K. Wüstner (Hrsg.), *Umweltökonomie: eine interdisziplinäre Einführung* (S.7–33). München: Vahlen.
- Kohler, U., & Kreuter, F. (2017). *Datenanalyse mit Stata: Allgemeine Konzepte der Datenanalyse und ihre praktische Anwendung* (5., aktualisierte Auflage). Berlin/Boston: Walter de Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110469509>
- Kreditanstalt für Wiederaufbau (o.J.). KfW-Energieeffizienz-programm – Energieeffizient Bauen und Sanieren: Energiekosten im Gewerbegebäude senken. Abgerufen von <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/F%C3%B6rderprodukte/EE-Bauen-und-Sanieren-Unternehmen-276-277-278/>
- Kreditanstalt für Wiederaufbau (2018). Anlage zu den Merkblättern Energieeffizient Bauen und Sanieren –Nichtwohngebäude. Abgerufen von <[https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000003418_M_217_218_219_220_276_277_278_EBS_NWG-TMA.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000003418_M_217_218_219_220_276_277_278_EBS_NWG-TMA.pdf)>
- Levine, M. D., Hirst, E., Koomey, J. G., McMahon, J. E., & Sanstad, A. H. (1994). Energy efficiency, market failures, and government policy. Abgerufen von https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/25/056/25056353.pdf?r=1&r=1
- Linz, M. (2015). Suffizienz als politische Praxis: Ein Katalog. Wuppertal Spezial 49. Abgerufen von <https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/5735/file/WS49.pdf>
- Lüken, J., & Schimmelpfennig, H. (2017). Signifikanz und Stichprobenumfang. Abgerufen von <https://www.ifad.de/signifikanz-und-stichprobenumfang/>
- Mai, M., Gebhardt, T., Wahl, F., Dann, J., & Jochem, E. (2014). Transaktionskosten bei Energieeffizienz-Investitionen in Unternehmen: Eine empirische Untersuchung in Energieeffizienz-Netzwerken Deutschlands. *Zeitschrift für Energiewirtschaft*, 38(4), 269–279.
- Naturschutzbund Deutschland (o.J.). Das große Vogelsterben: Weitere tödliche Gefahren für die heimische Vogelwelt. Abgerufen von <https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/voegel/gefaehrdungen/24661.html>
- Nichols, A. L. (1994). Demand-side management: Overcoming market barriers or obscuring real costs? *Energy Policy*, 22(10), 840–847.
- O'Brien, R. M. (2007). A Caution Regarding Rules of Thumb for Variance Inflation Factors. *Quality & Quantity*, 41(5), 673–690.
- PricewaterhouseCoopers GmbH (2018). Evaluierung der Förderprogramme "Energieberatung im Mittelstand" und "Energieberatung für Nichtwohngebäude von Kommunen und gemeinnützigen Organisationen" für das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle: Endbericht. Abgerufen von https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Bundesamt/evaluation_ebm.pdf;jsessionid=92864343C10033A4492929C770953F5C.1_cid371?__blob=publicationFile&v=2
- Prognos (2013). Impulsvortrag Eigenverbrauch. Abgerufen von <https://www.prognos.com/uploads/tx_atwpubdb/130918_Prognos_Vortrag_Jens_Hobohm_Eigenverbrauch.pdf>
- Rahmeyer, F. (1997). Volkswirtschaftliche Grundlagen der Umweltökonomie. In M. Stengel & K. Wüstner (Hrsg.), *Umweltökonomie: eine interdisziplinäre Einführung* (S.35–66). München: Vahlen.
- Rationalisierungs- und Innovationszentrum der Deutschen Wirtschaft e.V. Kompetenzzentrum (o.J.). Produktivität für kleine und mittelständische Unternehmen I: Kapitel: Energieproduktivität verbessern – Energieeffizienz steigern. Abgerufen von <https://www.rkw->

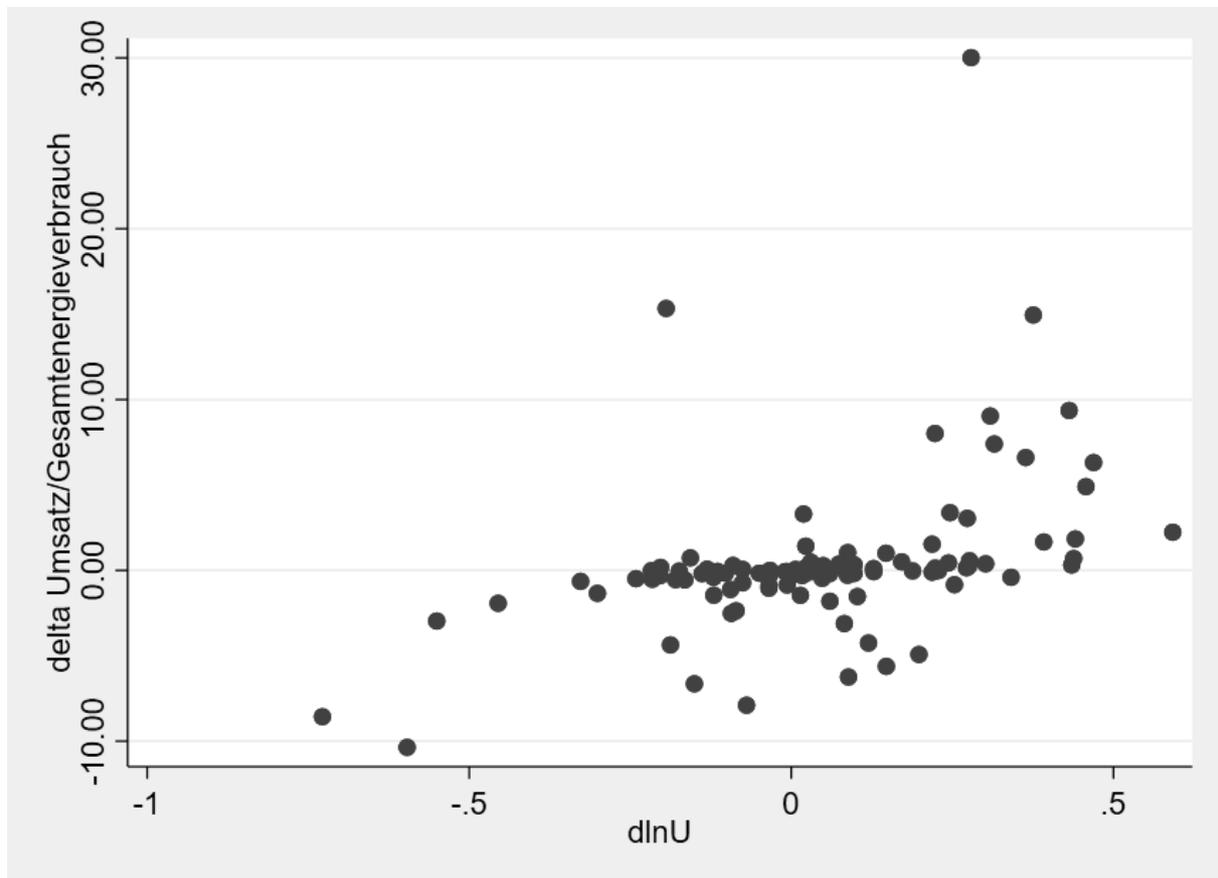
- kompetenzzentrum.de/innovation/leitfaden/produktivitaet-fuer-kleine-und-mittelstaendische-unternehmen-i/produktivitaet-verbessern/energieproduktivitaet-verbessern-energieeffizienz-steigern/
- Rationalisierungs- und Innovationszentrum der Deutschen Wirtschaft e.V. Kompetenzzentrum (2014). Energieeffizienz Impulsgespräche. Abgerufen von <http://www.rkw-energieeffizienz.de/>
- Reichl, J., Kollmann, A., Tichler, R., Pakhomova, N., Moser, S., Görs, S., . . . Kloess, M. (o.J.). Analyse der Wirkungsmechanismen von Endenergieeffizienz-Maßnahmen und Entwicklung geeigneter Strategie für die Selektion ökonomisch-effizienter Maßnahmenpakete. Abgerufen von http://www.energieinstitut-linz.at/v2/wp-content/uploads/2016/05/AWEEMSS-Executive-Summary_74e42.pdf
- Santarius, T. (2012). Der Rebound-Effekt: Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energiee. Abgerufen von <http://www.santarius.de/wp-content/uploads/2012/03/Der-Rebound-Effekt-2012.pdf>
- Sauga, M. (2018). Umweltministerin Schulze begrüßt Pläne für CO2-Steuer. Spiegel Online 01.12.2018. Abgerufen von www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/co2-und-klima-schulze-will-steuervorschlag-pruefen-a-1241445.html
- Schmid, C. (2004). *Energieeffizienz in Unternehmen: Eine handlungstheoretische und wissenschaftsbasierte Analyse von Einflussfaktoren und Instrumenten*. Zürich: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-004691310>
- Simon, H. A. (1986). Rationality in Psychology and Economics. *The Journal of Business*, 59(4), 209–224.
- Sinn, H.-W. (2009). *Das grüne Paradoxon: Plädoyer für eine illusionsfreie Klimapolitik* (2. Aufl.). Berlin: Econ-Verl.
- Sorrell, S. (2004). Understanding Barriers to Energy Efficiency. In S. Sorrell, E. J. O'Malley, J. Schleich, & S. Scott (Hrsg.), *The economics of energy efficiency: Barriers to cost-effective investment* (S.25–93). Cheltenham: Elgar.
- Sorrell, S., O'Malley, E. J., Schleich, J., & Scott, S. (Eds.) (2004). *The economics of energy efficiency: Barriers to cost-effective investment*. Cheltenham: Elgar.
- Sowi-online e.V. (o.J.). Instrumente staatlicher Umweltpolitik. Abgerufen von https://www.sowi-online.de/sites/default/files/konferenzspiel_grosse_mat1_instrumente.pdf
- Statistisches Bundesamt (2007). Ermittlung der Bruttowertschöpfung: Kostenstruktur der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden. Abgerufen von https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/bar_ermittlung_bruttowertschoepfung.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- Statistisches Bundesamt (2019a). Inflationsrate in Deutschland von 1992 bis 2018 (Veränderung des Verbraucherpreisindex gegenüber Vorjahr). Abgerufen von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1046/umfrage/inflationsrate-veraenderung-des-verbraucherpreisindex-zum-vorjahr/>
- Statistisches Bundesamt (2019b). Preise: Daten zur Energiepreisentwicklung. Abgerufen von https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Publikationen/Energiepreise/energiepreisentwicklung-pdf-5619001.pdf;jsessionid=7F29299B47BB2451B8D36A49C1DCBF05.internet731?__blob=publicationFile&v=5
- Sutherland, R. J. (1991). Market Barriers to Energy-Efficiency Investments. *The Energy Journal*, 12(3), 15–34.
- Tischler, K. (1994). *Umweltökonomie*. München: Oldenbourg.
- Umweltbundesamt (2010). Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbaren Quellen. Abgerufen von

- https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/energieziel_2050.pdf
- Umweltbundesamt (2014a). Energie aus Wasserkraft. Abgerufen von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/energie-aus-wasserkraft#textpart-1>
- Umweltbundesamt (2014b). Windenergie. Abgerufen von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/windenergie#textpart-4>
- Umweltbundesamt (2015). Kernenergie und Reaktorsicherheit. Abgerufen von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energieversorgung/kernenergie-reaktorsicherheit>
- Umweltbundesamt (2016a). Häufige Fragen zu Quecksilber: Wie kommt das Quecksilber in die Umwelt? Abgerufen von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinfluesse-auf-den-menschen/chemische-stoffe/haeufige-fragen-zu-quecksilber#textpart-1>
- Umweltbundesamt (2016b). Luftqualität 2015: Auswertung der Feinstaubwerte; endgültige Daten - Stand Dezember 2016. Abgerufen von https://www.youtube.com/watch?time_continue=98&v=vbUFEo4yBJw
- Umweltbundesamt (2016c). Rebound-Effekte: Empirische Ergebnisse und Handlungsstrategien. Abgerufen von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rebound-effekte_empirische_ergebnisse_und_handlungsstrategien_hintergrundpapier.pdf
- Umweltbundesamt (2018a). Bioenergie. Abgerufen von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/bioenergie#Anbaubiomasse>
- Umweltbundesamt (2018b). Carbon Capture and Storage. Abgerufen von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/grundwasser/nutzung-belastungen/carbon-capture-storage#textpart-1>
- Umweltbundesamt (2018c). Der Europäische Emissionshandel. Abgerufen von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/der-europaeische-emissionshandel#textpart-1>
- Umweltbundesamt (2018d). Energiebedingte Emissionen. Abgerufen von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energiebedingte-emissionen#textpart-1>
- Umweltbundesamt (2018e). Indikator: Energieproduktivität. Abgerufen von <https://www.umweltbundesamt.de/indikator-energieproduktivitaet#textpart-1>
- Umweltbundesamt (2018f). Indikator: Energieverbrauch für Wärme. Abgerufen von <https://www.umweltbundesamt.de/indikator-energieverbrauch-fuer-waerme#textpart-1>
- Umweltbundesamt (2018g). Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Abgerufen von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/kraft-waerme-kopplung-kwk#textpart-1>
- Umweltbundesamt (2018h). Stromverbrauch. Abgerufen von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/stromverbrauch>
- Umweltbundesamt (2019a). Biogasanlagen. Abgerufen von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/industriebereiche/biogasanlagen#textpart-1>
- Umweltbundesamt (2019b). Primärenergieverbrauch. Abgerufen von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/primaerenergieverbrauch#textpart-1>
- Universität Regensburg, Lehrstuhl für Ökonometrie (2012). Interpretation der Regressionskoeffizienten. Abgerufen von <https://www.uni-regensburg.de/wirtschaftswissenschaften/vwl-tschernig/medien/mitarbeiter/rameseder/interpretation.pdf>
- Verbeek, M. (2017). *A guide to modern econometrics* (Fifth edition). Wiley custom. Hoboken, NJ: Wiley.

- Weber, M., & Hey, C. (2012). Effektive und effiziente Klimapolitik: Instrumentenmix, EEG und Subsidiarität. *Wirtschaftsdienst*, 92(Supplement 1), 43–51.
- Weimann, J. (2017). Der verschwiegene Protest. Abgerufen von <https://background.tagesspiegel.de/der-verschwiegene-protest>
- Wicke, L., & Blenk, L. (1993). *Umweltökonomie: Eine praxisorientierte Einführung* (4., überarbeitete, erweiterte und aktualisierte Auflage). *Vahlers Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften*. München: Vahlen.
- Wigger, B. U. (2004). *Grundzüge der Finanzwissenschaft. Springer-Lehrbuch*. Berlin: Springer.
- World Wide Fund - United Kingdom (2018). Wildlife in a warming world: The effects of climate change on biodiversity in WWF's Priority Places. Abgerufen von <http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF-Report-Wildlife-in-a-Warming-World.pdf>
- Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (2008). Definition Energieeffizienz. Abgerufen von https://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/energieeffizienz_definition.pdf
- Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (2018). Final quantification report. Abgerufen von https://combi-project.eu/wp-content/uploads/D2.7_COMBI_quantification_report.pdf

8 Anhang

8.1 Grafische Ausreißer-Ermittlung



Die dargestellte Abbildung, die in *Stata/IC 15.1* erzeugt wurde, zeigt die abhängige Variable in Verbindung mit $d\ln U$. Gut erkennbar ist der in der folgenden Analyse ausgeschlossene Ausreißer-Datensatz mit $dUG=30$.

8.2 Fragebogen (ohne Briefkopf und Anschreiben)

Ich erkläre mich einverstanden mit der Auswertung meiner Daten durch das RKW Kompetenzzentrum und Herrn Feldmeier.

1 | Lautet der Name Ihres Unternehmens wie folgt?

Ja Nein

2 | Wenn Sie die vorherige Frage mit „Nein“ beantwortet haben: Wie lautet der Name Ihres Unternehmens?

3 | Wie heißen Sie?

Diese Information ist hilfreich für uns im Falle einer erneuten Kontaktaufnahme. Die Beantwortung dieser Frage ist freiwillig.

4 | Bitte füllen Sie die folgende Tabelle zu den Energieverbräuchen Ihres Unternehmens aus.*

Gefragt sind sowohl die Verbräuche als auch die jeweiligen Kosten Ihres Unternehmens. Felder zu Energieträgern, die Ihr Unternehmen nicht verbraucht, lassen Sie bitte frei.

Beziehen Sie sich auf die Verbräuche und Kosten im gesamten Jahr 2017. Sollte noch keine Abrechnung für 2017 vorliegen, tragen Sie bitte die Daten für 2016 ein und vermerken dies. Die Verbräuche für den Fuhrpark werden nicht erfasst.

Die Einheit unterscheidet sich je nach Energieträger (z.B. kWh oder l, siehe Angabe in der Tabelle).

Auf welches Jahr beziehen sich die folgenden Daten?

2016 2017

Energieträger	Verbrauch	Mengen- einheit	Kosten €/Jahr
Strom 1:		kWh/Jahr	
Strom 2:		kWh/Jahr	
Heizung und Wärme: Erdgas:		kWh/Jahr	
Heizöl:		l/Jahr	
Fernwärme:		kWh/Jahr	
Holzpellets:		t/Jahr	
Hackgut:		srm/Jahr	
Stückholz:		Rm/Jahr	

5 | Hat sich die Branche Ihres Unternehmens seit 01.01.2012 geändert?

a. Ja Nein

b. Falls Sie die vorherige Frage mit „Ja“ beantwortet haben: Zu welcher Branche gehört Ihr Unternehmen?

6 | Wie hoch war die Mitarbeiterzahl Ihres Unternehmens am 31.12.2017? *

7 | Welchen Jahresumsatz erzielte Ihr Unternehmen im Jahr 2017? *

8 | Hat Ihr Unternehmen über das RKW Energieeffizienz Impulsgespräch hinaus im Zeitraum 01.01.2012 bis 31.12.2017 eine Energieberatung abgeschlossen? *

Ja Nein

a. Falls Sie eine Energieberatung durchgeführt haben. Um welchen Typ handelte es sich dabei? *

Energieberatung Mittelstand

Gebäudeenergieberatung, z.B. im Rahmen des KfW-Programms „Energieeffizient Bauen und Sanieren“

Energieaudit nach Energiedienstleistungsgesetz

Beratung zur Einführung eines Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001

Alternatives System im Rahmen der Spitzenausgleich Effizienzsystemverordnung (SpaEfV)

Andere Energieberatung, welche?

b. Wann wurde(n) diese (jeweils) abgeschlossen? *

	Energie- beratung Mittel- stand (KfW/BAF A)	Ge- bäu- de- ener- gie- bera- tung	Energie- audit nach Energie- dienstlei- stungsge- setz	Beratung zur Einführung eines Energema- nagement- systems nach DIN EN ISO 50001	Alterna- tives System im Rahmen der SpaEfV* *	Andere Ener- gie- bera- tung
2012						
2013						
2014						
2015						
2016						
2017						

** SpaEfV = Spitzenausgleich-Effizienzsystem-Verordnung

9 | Haben Sie in den Jahren 2012-2017 Zuschüsse zur Steigerung der Energieeffizienz erhalten?* z.B. über eines der folgenden Programme: BAFA-Querschnittstechnologien, BAFA-Heizungsoptimierung, BAFA-Heizen mit Erneuerbaren Energien, Klima- und Kälteanlagen, Mini-KWK-Anlagen, Elektrofahrzeuge, KfW-Abwärmekonzepte (Tilgungszuschuss)

a. Wenn ja, wann wurden diese ausbezahlt?*

2012, Name des/der Förderprogramms/-e

2013, Name des/der Förderprogramms/-e

2014, Name des/der Förderprogramms/-e

2015, Name des/der Förderprogramms/-e

2016, Name des/der Förderprogramms/-e

2017, Name des/der Förderprogramms/-e

a. Wenn ja, in welcher Höhe?*

Name des Förderprogramms, ausgezahlter Betrag

10 | Ist Ihr Unternehmen nach einem der folgenden Standards zertifiziert?

Wenn ja, seit welchem Jahr?*

DIN EN ISO 50001, seit (Jahr): _____

EMAS, seit: _____

DIN EN ISO 14001, seit: _____

Anderes Energie- oder Umweltmanagementsystem, welches:
_____, seit: _____

Nein