ENERGIEEFFIZIENZ IN





ENERGIEEFFIZIENZ IN DEUTSCHLAND

Die Studie behandelt die Energieeffizienz in Deutschland marktseitig in den Segmenten Gebäude und Industrie.

Date: November 2014
Language: German
Number of pages: 59
Author: Oliver Vollrath

Other architectural Reports: Are you interested in other architectural Reports for other sectors and countries? Please find more Reports here: www.switzerland-ge.com/reports

Inhaltsverzeichnis

1. EXECUTIVE SUMMARY	8
2. WORTABGRENZUNG UND ZIELSETZUNG	10
3. ENERGIEEFFIZIENZPOLITIK UND	
RAHMENBEDINGUNGEN	11
4. ENERGIEEFFIZIENZ IN GEBÄUDEN	14
4.1. Aktuelle Marktstruktur und -treiber	
4.2. Potenziale	17
4.3. Hemmnisse	
4.4. Trends und Prognosen	28
5. ENERGIEEFFIZIENZ IN DER INDUSTRIE	30
5.1. Aktuelle Marktstruktur und -treiber	30
5.2. Potenziale	33
5.3. Hemmnisse	45
5.4. Trends und Prognosen	47
6. HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	49
7. FAZIT	50
8. ANHANG	51
8 1 Quellenverzeichnis	51

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Produkte und Dienstleistungen im Energieeffizienzmarkt	17
Tabelle 2: Szenarien zur Entwicklung der Zusammensetzung der Wärmeerzeugung im Gesamtbestand	
Tabelle 3: Prognose für den Wärmepumpenmarkt	
Tabelle 4: Prognosen für den Solarthermieanlagenabsatz	
Tabelle 5: Bestand und Kennzahlen von Fenstern in Deutschland	
Tabelle 6: Energieeffizienzpotenziale der Ouerschnittstechnologien	38

Abbildungsverzeichnis

Applicating 1. I i marver bracen pro Eminera Brattonnanasprodukt in europaisenen vergieten 2012	12
Abbildung 2: Energieentwicklung Deutschlands	
Abbildung 3: Energieverbrauch nach Sektoren im Jahr 2012	13
Abbildung 4: Endenergieverbrauch der privaten Haushalte und des GHD-Sektors nach Energieträger	
in Deutschland im Jahr 2012	14
Abbildung 5: Endenergieverbrauch der privaten Haushalte sowie des GHD-Sektors nach Anwendungsbereichen	
in Deutschland im Jahr 2012	15
Abbildung 6: Entwicklung der Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes in Deutschland in den Jahren 1975 bis 201	316
Abbildung 7: Bestand zentraler Wärmeerzeuger für Heizungen in Deutschland nach Kategorie im Jahr 2012	18
Abbildung 8: Verteilung der Beheizungssysteme im Wohnungsneubau in Deutschland im Jahr 2013	18
Abbildung 9: Anteil der Gebäude mit Wärmedämmung in Deutschland	22
Abbildung 10: Marktanteile am Dämmstoffmarkt in Deutschland	23
Abbildung 11: Strompreisentwicklung in der Industrie	31
Abbildung 12: Endenergieverbrauchentwicklung in der Industrie	31
Abbildung 13: Entwicklung der Energieintensitäten in der Industrie	32
Abbildung 14: Gesamtpotenzial der energieintensiven Industrie 2020 und 2035	33
Abbildung 15: Endenergieverbrauch nach Branchen 2011	34
Abbildung 16: Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen	34
Abbildung 17: Branchenspezifische Einsparpotenziale	36
Abbildung 18: Einsparpotenziale elektrischer Antriebe	38
Abbildung 19: Unerschlossenes Einsparpotenzial	39
Abbildung 20: Ursachen für Energieverluste bei Druckluftsystemen	40
Abbildung 21: Energieverbrauch der Beleuchtung	40
Abbildung 22: Umsatz im Bereich Trocknungstechnik nach Branchen	42
Abbildung 23: Energieverbrauchsanteile einer Pulverlackieranlage	42
Abbildung 24: Integration eines Energiemanagementsystems	44
Abbildung 25: Hemmnisse in der Industrie	45
Abbildung 26: Diffusionstheorie nach Rogers	45
Abbildung 27: Effizienzpfad der Industrie	
Abbildung 28: Potenzial der Industrie im Vergleich mit den Zielen der Bundesregierung bis 2020	48

Abkürzungsverzeichnis

ABB Asea Brown Boveri

AGEB Arbeitsgemeinschaft Energiebilanz

B2B Business-to-Business

BAFA Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

BDEW BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V

BDH Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelt e.V.

BIP Bruttoinlandsprodukt

BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

BMVI Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BP British Petroleum

BSW Bundesverband Solarwirtschaft e.V.
BWP Bundesverband Wärmepumpe e.V.

Dena Deutsche Energie-Agentur

DENEFF Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz

DIN Deutsches Institut für Normung

EN Europäische Norm

ISO International Organization of Standardization

EDL-RL Richtlinie über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen

EEP Institut für Energieeffizienz in der Produktion

EEWärmeG Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz

EnEV Energiesparverordnung
EnMS Energiemanagementsystem
ETS Emissionshandelssystem

Fraunhofer IPA Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung

GDI Gesamtverband Dämmstoffindustrie e.V.
GHD Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

GJ Gigajoule

GuD Gas- und Dampfturbinen
IEA Internationale Energieagentur

IEKP Integriertes Energie- und Klimapaket

IER Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung

Abkürzungsverzeichnis

Esys Energiesysteme

Ifeu Institut für Energie- und Wirtschaftsforschung

IHK Industrie- und Handelskammer

IREES Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien
ISI Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung

IuK Informations- und Kommunikationstechnik

IWO Institut für Wärme und Öl

IZES Institut für Zukunfts-Energie-Systeme

KfW Kreditanstalt für Wiederaufbau

KMU Klein- und mittelständische Unternehmen

kWh Kilowattstunde

KWK Kraftwärmekopplung

LED Leuchtdiode

LfU Bayerisches Landesamt für Umwelt

MJ Megajoule

NE-Metalle Nichteisenmetalle

OLED Organische Leuchtdioden
ORC Organic Rankine Cycle

PJ Petajoule

RWE Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG

THG Treibhausgas-Emissionen

UBA Umweltbundesamt

UNFCCC Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen VDMA Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer

VFF Verband Fenster und Fassade

WP Wärmepumpe

XPS Polystyrol-Extruderschaumstoff

1. Executive Summary

Die Themen Energieeffizienz und nachhaltiges Wirtschaften gewinnen in der heutigen Zeit aufgrund von fortschreitendem Klimawandel, starkem Weltbevölkerungswachstum und immer knapper werdenden Ressourcen zunehmend an Bedeutung. Dabei nimmt Deutschland auf diesem Gebiet eine führende Rolle im internationalen Umfeld ein und fokussiert sich in seiner Energiepolitik auf eine umfassende Wende bis 2022. Ziel der Bundesregierung ist es, den Primärenergieverbrauch bis zum Jahr 2020 um 20%, bis 2050 sogar um 50% zu reduzieren. Jedoch werden für das Erreichen der Energieeffizienzziele neben Zeit auch erhebliche Investitionen in innovative Technologien benötigt.

In Deutschland konnte die Energieintensität, definiert als Energieverbrauch je Einheit Bruttoproduktionswert, im Zeitraum von 1990 bis 2012 um mehr als 30% gesenkt werden. Faktoren, die dies ermöglichten, sind zum einen die Modernisierung der Industrieanlagen in Ost-Deutschland und zum anderen die Optimierung von Unternehmensprozessen und Gebäudeheizsystemen.

Energieintensive Industrien wie die Metallverarbeitung oder die Chemiebranche haben das enorme Potenzial nachhaltiger Technologien und effizienter Produktionsprozesse bereits erkannt, so dass den steigenden Energiekosten mit jahrzehntelangen Anlageninvestitionen entgegengewirkt werden konnte. Folglich konnte die Energieintensität der Industrie in den letzten 20 Jahren mit Hilfe von universell einsetzbaren Querschnittstechnologien um fast 30% gesenkt werden. Allerdings wurden diese Einsparungen überwiegend im Brennstoffsektor erreicht, da die zunehmende Automatisierung der Produktionsprozesse häufig die Ersparnisse im Stromsektor kompensierte. Zukünftig können durch die korrekte Anlagendimensionierung, -auslastung und wartung, aber auch durch Energieverlustvermeidung sowohl bei thermischen als auch bei elektrischen Energieformen weitere erhebliche Einsparpotenziale realisiert werden.

Oftmals werden Investitionen in hocheffiziente Technologien jedoch nur zögerlich getätigt, da Informationen zur eigenen Energiesituation und möglichen Potenzialen fehlen. Abhilfe sollen dabei sogenannte Energiemanagementsysteme schaffen. Diese sehen eine systematische Erfassung der Energieströme sowie technische und organisatorische Maßnahmen zur Optimierung der Energieeffizienzpolitik in Unternehmen vor. Basierend darauf sollen nicht nur neue Betriebsstrukturen geschaffen, sondern auch bereits bestehende Bereiche und Schnittstellen identifiziert und miteinander verknüpft werden, um so eine Entscheidungsgrundlage für zukünftige Technologieinvestitionen zu schaffen.

Damit die Energiewende in Zukunft nicht nur von der Industrie getragen wird, setzt die Bundesregierung verstärkt auch auf den Gebäudesektor. Während in den vergangenen Jahrzehnten vor allem Unternehmen für eine Steigerung der Energieeffizienz sorgten, wächst nun auch das ökologische Bewusstsein der Endverbraucher. So ist das Bau- und Sanierungsgewerbe heute für die Effizienzsteigerung im Bereich der Endenergie von besonderer Relevanz. Gerade deshalb soll der Wärmebedarf von Gebäuden mit Hilfe entsprechender Förderprogramme, wie das der staatlichen KfW-Bankengruppe, reduziert werden. Dieser Bereich hat in Anbetracht der Tatsache, dass nur etwa jeder zehnte Altbau eine Wärmedämmung besitzt, enorme Einsparpotenziale. Fossile Brennstoffe wie Gas und Öl spielen bei der Gebäudebeheizung nach wie vor eine tragende Rolle. Für eine effizientere Wärmenutzung werden jedoch innovative Hybridheizsysteme basierend auf alternativen Energiequellen wie z.B. Biomasse immer bedeutender. "Grüne" Gebäude benötigen außerdem intelligent vernetzte Infrastrukturen, innovative Lösungen für die elektrische Installationstechnik und Gebäudeautomatisierung. So können neben der Effizienzsteigerung zusätzlich auch CO2-Emissionen reduziert werden.

Abschließend kann festgehalten werden, dass Deutschland sich in den vergangenen Jahren erfolgreich als Innovationsführer im Bereich der Energieeffizienz positionieren konnte und zu den stabilsten Märkten Europas zählt. So ermöglicht beispielsweise die "Exportinitiative Energieeffizienz" ausländischen Firmen, Kontakt zu deutschen Unternehmen herzustellen, Know-how auszutauschen und von den gemeinsamen Geschäftsbeziehungen zu profitieren. Das ist sicher eine interessante Opportunität für viele Schweizer KMU.



Oliver Bertschinger Regional Director Europe



Vincent WildLeiter Exportförderung Swiss Business Hub
Deutschland

2. Wortabgrenzung und Zielsetzung

In Zeiten des Klimawandels, der Energiewende und der immer knapper werdenden Ressourcen spielt die Nachhaltigkeit in allen Bereichen des alltäglichen Lebens eine entscheidende Rolle. Dem Begriff "Energieeffizienz" fällt dabei im Rahmen der in Deutschland viel diskutierten Energiewende besondere Aufmerksamkeit zu. Um zu verstehen, was eine effiziente Nutzung der Energie ausmacht, gilt es, zunächst mögliche Energieformen näher zu erläutern. Es wird zwischen vier verschiedenen Formen der Energiegewinnung und -verwendung unterschieden. Natürliche Rohstoffe oder Energieträger, wie z.B. Kohle, Gas, Wasser, Wind etc., werden unter dem Begriff Primärenergie zusammengefasst und können regenerativer, fossiler oder nuklearer Natur sein. Werden diese zu Briketts, Kraftstoffen oder Ähnlichem weiterverarbeitet, spricht man von Sekundärenergie, die wiederum in Endenergie umgewandelt wird. Darunter versteht man die tatsächlich vom Konsumenten verwendete Energie, wie beispielsweise der Strom aus der Steckdose oder das Heizöl im Tank. Mit Hilfe von Energiewandlern wird im letzten Schritt Nutzenergie in Form von Licht, Wärme, Strahlung etc. erzeugt.¹

Der Begriff der "Energieeffizienz" ist in der heutigen Zeit allgegenwärtig und in jeder der vier Energieformen von besonderer Bedeutung. Dennoch existiert in der aktuellen Literatur bislang keine einheitliche Definition.² Während Effektivität die Wirksamkeit, also das Verhältnis des tatsächlich erreichten Ziels zum vorgegebenen Ziel, beschreibt, handelt es sich bei Effizienz um die Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit. 2006 wurde in der Richtlinie über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen (EDL-RL) eine Definition der Energieeffizienz als "Verhältnis von Ertrag an Leistung, Dienstleistungen, Waren oder Energie zu Energieeinsatz" vorgenommen³. Die Relation von Energienutzen und -aufwand steht in der vorliegenden Studie im Vordergrund und wird mit der Produktivität des Energieeinsatzes⁴ gleichgesetzt. Laut Umweltbundesamt kann die Energieeffizienz an den beiden Werten "Energieintensität" und "Energieproduktivität" gemessen werden. Während die Energieproduktivität das Verhältnis von Bruttoinlandsprodukt (BIP) zum Energieverbrauch darstellt, beschreibt die Energieintensität, wie viele Energieeinheiten benötigt werden, um eine Einheit des BIP zu produzieren.⁵ Im Zuge der globalen Erwärmung als größte Herausforderung der nahen Zukunft6 und der damit einhergehenden Preissteigerung soll je Energieeinheit ein größtmögliches Ergebnis erreicht7 und die Energieproduktivität, welche kurzfristig starken Schwankungen unterliegt, langfristig erhöht werden. Ziel ist es, nicht nur die Energiekosten, sondern auch die Energienachfrage zu senken, um die Abhängigkeit von Energiemporten zu minimieren und somit Deutschlands Wirtschaft und Wettbewerbsfähigkeit zu steigern. Dabei ist es besonders wichtig, die unterschiedlichen Segmente Gebäude, Haushalte, Gewerbe und Industrie miteinzubeziehen.⁸

Im Folgenden wird die Energieeffizienz auf dem deutschen Markt näher beleuchtet, um diesen und besonders auch die einzelnen Segmente besser zu verstehen und somit den Schweizer Unternehmen eine transparente Darstellung potenzieller Anwendungs- und Geschäftsfelder zu gewährleisten. Im ersten Schritt wird die Energieeffizienzpolitik und -umwelt in Deutschland allgemein anhand rechtlicher, wirtschaftlicher und politischer Aspekte beschrieben (Kapitel 3). Anschließend werden die beiden Segmente "Gebäude" und "Industrie" analysiert, wobei der Aufbau der Kapitel sich an folgenden Punkten orientiert:

- Aktuelle Marktstruktur und -treiber
- Potenziale
- Hemmnisse
- Trends und Prognosen

Hauptaugenmerk dieser Studie liegt auf der deskriptiven Beschreibung und analytischen Aufbereitung der Energieeffizienz in Deutschland.

¹ Blesl et al. (2013)

² Patterson (1996)

³ EU Richtlinie 2006/32/EG

⁴ Erdmann et al. (2008)

⁵ UBA (2012)

⁶ Notz (2010)

Bauernhansl et al. (2013)

⁸ BMWi (2014)

3. Energieeffizienzpolitik und Rahmenbedingungen

Anfang des 20. Jahrhunderts wurde der wirtschaftliche Fokus ohne Rücksicht auf natürliche Energieressourcen auf die Gewinn- und Wohlstandsmaximierung gelegt. Seit 1970 spielt Nachhaltigkeit jedoch eine zunehmend wichtigere Rolle in der Wirtschaft, der Politik, der Technologie und auch im privaten Bereich. Die Weltwirtschaft und damit auch die Energienachfrage wuchsen in den letzten zwanzig Jahren nominal um etwa 150%. Der Stromverbrauch hat sich von 1990 bis 2010 verdoppelt und dieselbe Entwicklung wird von Experten bis zum Jahr 2030 vorhergesagt, was laut der "Internationalen Energieagentur" (IEA) unter anderem auf den wirtschaftlichen Aufstieg Südostasiens zurückzuführen sein wird ⁹. Der Anstieg der Strompreise zwischen 2000 und 2010 für private Haushalte um fast 85%, in der Industrie sogar um 130%, ist nur eine der zahlreichen Folgen von Ressourcenknappheit, steigenden Abgaben und Steuern sowie des enormen CO2-Ausstoßes der fossilen Brennstoffe als Haupttreiber des Klimawandels¹⁰. Folglich wird es in Zukunft, aber auch schon heute, unerlässlich sein, den Energiebedarf möglichst ressourcenschonend zu decken. Ziel ist es, eine nachhaltige Steigerung der Energieeffizienz in den Bereichen Verkehr, Gebäude und Industrie zu erreichen und schnellstmöglich auf erneuerbare Energien umzusteigen.

Um die Energieeffizienz zu steigern, wurden in den vergangenen zwanzig Jahren zahlreiche politische Maßnahmen sowohl auf globaler als auch europäischer und nationaler Ebene ergriffen. 1994 trat die "Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen" (UNFCCC) in Kraft, in der eine Reduktion der Treibhausgas-Emission (THG) bis 2000 auf den Stand von 1990 vereinbart wurde. 1997 wurde diese Konvention um das sogenannte Kyoto-Protokoll ergänzt, welches eine Senkung der EU-THG-Emission von 2008 bis 2012 um 8% im Vergleich zu 1990 vorsah. Um die ambitionierten Ziele und Vorgaben der Energieeffizienzsteigerung erfüllen zu können, mussten auf EU-Ebene rechtliche Regelungen entwickelt werden, die anschließend von den einzelnen Mitgliedsstaaten auf nationaler Ebene gesetzlich und technisch in die Umsetzung begleitet werden sollten¹¹. So wurde im Jahr 2003 neben der "Richtlinie für Energieeffizienz in Gebäuden" auch das europäische "Emissionshandelssystem" (ETS) eingeführt. Dieses verpflichtet energieintensive Unternehmen zur jährlichen Zertifizierung jeder ausgestoßenen Tonne CO₂. Zunächst erhalten die Unternehmen eine bestimmte Menge an Zertifikaten kostenlos. Sollten diese nicht ausreichen, können sie zusätzlich käuflich erworben werden. Ziel ist es, die THG-Emissionen bis 2020 um 21% gegenüber 2005 durch Investitionen in effizientere Technologien oder die Nutzung emissionsärmerer Energiequellen zu senken¹². Des Weiteren wurde im Juni 2005 die "Ökodesign-Rahmenrichtlinie" eingeführt¹³. Dabei handelt es sich um verbindliche Minimalvorschriften zur umweltschonenden Gestaltung von energieverbrauchsrelevanten Produkten¹⁴, welche die Energieeffizienzstandards vereinheitlichen sollen. 2006 wurde im ersten "EU-Aktionsplan" für Energieeffizienz eine regelmäßige Berichterstattung der Effizienzmaßnahmen und -fortschritte nach Brüssel und eine nationale Anpassung des Rechtswesens an EU-Richtlinien verein-

Wie Abbildung 1 deutlich macht, weist Deutschland im Vergleich zu anderen europäischen Staaten einen unterdurchschnittlichen Primärenergieverbrauch auf und nimmt dank der beschlossenen Energiewende eine führende Rolle in der EU-Energiepolitik ein. So sollen bis zum Jahr 2021 weitere deutsche Kernkraftwerke abgeschaltet und somit gänzlich auf Kernkraft verzichtet werden. Stattdessen setzt die Bundesregierung neben dem Bau neuer Anlagen zur Gewinnung umweltfreundlicher Energie auch auf das Schaffen von neuen Arbeitsplätzen, die ressourcenschonende Erzeugung von Gütern und Dienstleistungen, die verbesserte Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Deutschland und nicht zuletzt den Umweltschutz.

⁹ BP (2012)

¹⁰ BDEW (2010)

¹¹ Blesl et al. (2013)

¹² EU-Kommission (2014)

¹³ EU-Rahmenrichtlinie 2005/32/EG

¹⁴ EVPG (2009)

¹⁵ Blesl et al (2013)

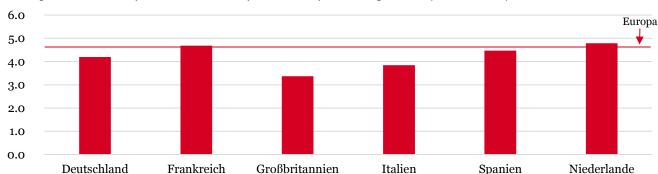


Abbildung 1: Primärverbrauch pro Einheit Bruttoinlandsprodukt im europäischen Vergleich 2012 (in GJ/1.000 US-\$)

Quelle: BMWi-Energiedaten, Tabelle 32

Aktuell liegt die Energiewende zwar noch hauptsächlich auf der Seite der Erzeuger, jedoch bemüht sich die Bundesregierung auch die Anwenderseite gezielt in diesen Prozess zu integrieren¹6. 2007 beschloss Deutschland mit Hilfe des "Integrierten Energie- und Klimapakets" (IEKP) zahlreiche Maßnahmen zur Reduktion der CO₂-Emission und Effizienzsteigerung. Darauf basierend wurde 2010 zusätzlich ein nationales Energiekonzept der Bundesregierung verabschiedet, welches 2011 durch einen europaweiten Energieeffizienzplan ergänzt wurde. Dabei sollten beispielsweise mit Hilfe von Energieeinsparverordnungen, ökologischen Steuerreformen und Förderprogrammen¹¹ folgende Hauptziele¹8 erfüllt werden:

- Reduktion des Primärenergieverbrauchs
 - o um 20% von 2008 bis 2020
 - o um 50% bis 2050
- Steigerung der Energieproduktion
 - o um 100% bis 2020
 - o anschließend jährliches Wachstum von 2,1% bis 2050
- Reduktion des Stromverbrauchs
 - o um 10% bis 2020
 - o um 25% bis 2050

Diese Instrumente sollen nicht nur zu einer erhöhten Energieeffizienz beitragen, sondern auch das Bewusstsein für dieses Thema steigern. In vielen Haushalten und Unternehmen herrscht große Skepsis gegenüber Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz, da damit überwiegend erhöhte Ausgaben und Investitionen einhergehen¹⁹. Obwohl Deutschland auf dem Gebiet der erneuerbaren Energien, wie Wind- und Solarenergie, eine Führungsrolle²⁰ einnimmt und mit einer Energieintensität von 4,7 Megajoule (MJ)/US-Dollar BIP (globaler Durchschnitt: 10,5 MJ/US-Dollar BIP)²¹ zu den führenden Nationen zählt, sind tatsächliche Einsparungen so bisher nur bedingt realisierbar. Trotz einer Primärenergieproduktionssteigerung von 39% von 1990 bis 2012 wurde lediglich eine 6%-Ersparnis des Primärenergieverbrauchs verzeichnet, da auch das BIP im selben Zeitabschnitt um 29% gestiegen ist (s. Abbildung 2).

¹⁶ Bauernhansl et al. (2013)

¹⁷ BMWi (2010 c)

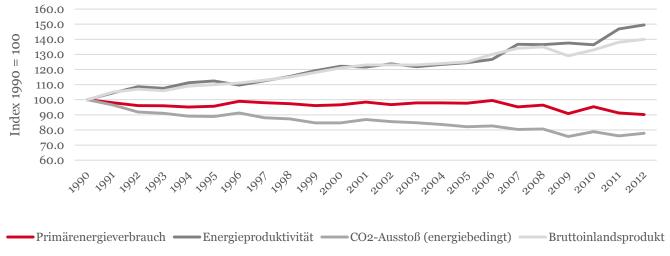
¹⁸ BMWi (2007)

¹⁹ BMWi (2013 a)

²⁰ BMWi (2010 b)

²¹ BMWi (2013 a)

Abbildung 2: Energieentwicklung Deutschlands



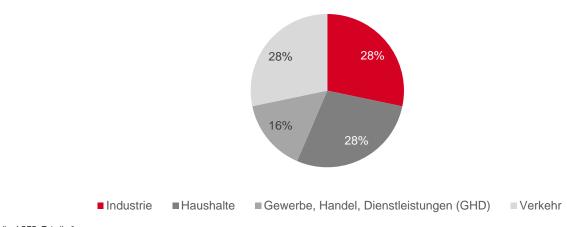
Quelle: BMWi-Energiedaten, Tabelle 1 und 8

Um das vollständige Potenzial auszuschöpfen, sollen Anreize geschaffen, erleichterter Informationszugang gewährt, Einsparpotenziale aufgezeigt und Erfolge sichtbar dargestellt werden²². Laut der IEA sind dafür allgemein folgende Grundsätze²³ zu beachten:

- Aufzeigen des ökonomischen Nutzens und Optimierung der Messung
- Erhöhung der Bedeutung der Energieeffizienz auf allen Ebenen der Gesellschaft
- Schaffen von Anreizsystemen und Förderprogrammen
- Entwicklung und Einführung von effizienten Technologien
- Kontrolle, Überprüfung und Durchsetzung von Energieeinsparungen
- Erhöhung der Investitionen in Governance- und Verwaltungskapazitäten

So sollen Effizienzmaßnahmen in jedem Energiesektor ermöglicht und realisiert werden, um den jeweiligen Bedarf (s. Abbildung 3) zu senken.

Abbildung 3: Energieverbrauch nach Sektoren im Jahr 2012



Quelle: AGEB, Tabelle 6

²³ IEA (2012)

Bauernhansl et al. (2013)

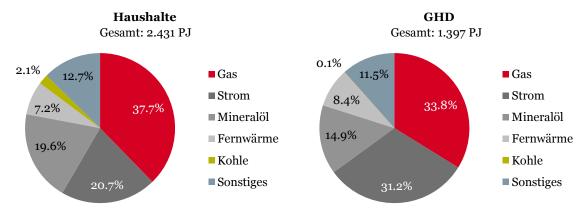
4. Energieeffizienz in Gebäuden

4.1. AKTUELLE MARKTSTRUKTUR UND -TREIBER

Im Rahmen des Zensus im Jahr 2011 wurden in Deutschland rund 19 Mio. Gebäude mit Wohnraum und insgesamt knapp 41,3 Mio. Wohnungen gezählt. Von den Gebäuden mit Wohnraum sind rund 18,3 Mio. reine Wohngebäude und mehr als 670.000 sonstige Gebäude mit Wohnraum, also vorwiegend Gebäude des GHD-Sektors.²⁴ Die Gebäude mit Wohnraum verteilen sich wie folgt auf die unterschiedlichen Altersklassen. Der Bestand an Altbauten, die vor 1974 erbaut wurden, beläuft sich auf rund 12,2 Mio., die Anzahl junger Gebäude mit Baujahren zwischen 1974 und 2004 auf rund 6 Mio. und die Anzahl an Neubauten, die ab 2005 errichtet wurden, auf rund 800.000 Gebäude.²⁵

Um Aussagen über das Energieeffizienzpotenzial treffen zu können, gilt es, den Endenergieverbrauch im Gebäudebereich näher zu analysieren. Im Jahr 2012 betrug dieser in Deutschland 8.998 Petajoule (PJ). Davon entfielen 2.431 PJ auf private Haushalte und 1.397 PJ auf den GHD-Sektor. Im Folgenden werden diese beiden Sektoren zusammen unter der Kategorie Gebäude betrachtet, da sich die Energieverwendung der Sektoren Haushalte und GHD nicht grundlegend unterscheidet. Mit insgesamt 42,5% ist der Sektor Gebäude damit der größte Energienachfrager vor der Industrie mit 28,9% und dem Sektor Verkehr mit 28,6% der Gesamtendenergieverwendung²⁶. Wie in Abbildung 4 dargestellt, sind sowohl bei den privaten Haushalten als auch im GHD-Sektor mehr als drei Viertel der eingesetzten Energieträger Gas, Strom und Mineralöl.

Abbildung 4: Endenergieverbrauch der privaten Haushalte und des GHD-Sektors nach Energieträger in Deutschland im Jahr 2012



Quelle: Statista (2014 a); Schlomann et al. (2014)

Der größte Anwendungsbereich von Endenergie ist sowohl in privaten Haushalten als auch im GHD-Sektor die Raumwärmeerzeugung (Abbildung 5). Zwar konnten private Haushalte die Endenergieaufwendungen für Raumwärme zwischen 2005 und
2012 um 8,4% senken, der Stromverbrauch hingegen ist in den vergangenen Jahren deutlich angestiegen. Grund ist vor allem
eine anwachsende Anzahl von Elektrogeräten einhergehend mit einer zunehmenden Nutzungsdauer. Insgesamt konnte der
Bruttoendenergieverbrauch jedoch seit 2005 um 4,8% gesenkt werden²⁷. Im GHD-Sektor konnte der Endenergieverbrauch
zwischen 2006 und 2012 durch einen reduzierten Brennstoffeinsatz um 9,3% gesenkt werden. Im gleichen Zeitraum ist der
Stromverbrauch um 2,3% angestiegen. Dies ist primär auf die Zunahme von Informations- und Kommunikationstechnik sowie
der Klimatisierung von Gebäuden, insbesondere von Serverräumen, zurückzuführen²⁸. Aufgrund der heterogenen Branchenstruktur variieren Höhe und Anwendungszwecke der Endenergie innerhalb des GHD-Sektors signifikant. Dabei hängt der

²⁴ Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2014)

²⁵ Statistisches Bundesamt (2013)

²⁶ AGEB (2013)

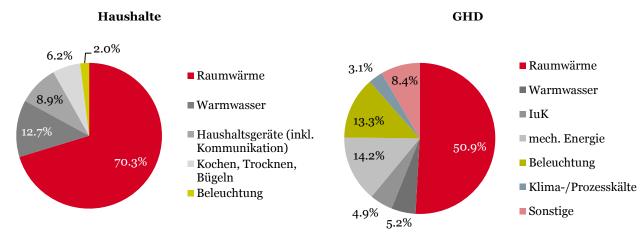
²⁷ Statista (2014 b)

²⁸ Schlomann et al. (2014)

Energieverbrauch von einer Reihe unterschiedlicher Faktoren ab. Die wesentlichen Parameter werden im Folgenden analysiert²⁹:

- *Klimatische Bedingungen:* Bei einem kalten Winter ist die Energieaufwendung für die Wärmeerzeugung höher als bei einem vergleichsweise milden Winter. Entsprechend steigt der Energieverbrauch für die Klimatisierung bei einem heißen Sommer.
- Kompaktheit des Gebäudes: Der Energieverbrauch steigt, je größer das Verhältnis zwischen den wärmeübertragenden Außenflächen und dem beheizten Gebäudevolumen ist.
- *Alter und Zustand der Heizungsanlage:* Mit modernen Heizungsanlagen kann der Energieverbrauch um 30 bis 40% gesenkt werden.
- Wärmedämmstandard des Gebäudes: Ein durchschnittlich gedämmter Neubau kann im Vergleich zu einem nichtmodernisierten Altbau der 60er Jahre Energieeinsparungen in Höhe von 35 bis 50% generieren.
- Nutzerverhalten: Durch unsachgemäßes Heizen und Lüften seitens der Mieter steigt der Energieverbrauch.

Abbildung 5: Endenergieverbrauch der privaten Haushalte sowie des GHD-Sektors nach Anwendungsbereichen in Deutschland im Jahr 2012



Quelle: Statista (2014 c); Schlomann et al. (2014)

Im Folgenden werden die Punkte drei und vier der oben genannten Faktoren näher analysiert. Dazu werden Technologien, Verlustquellen sowie Einsparpotenziale bei der gebäudebezogenen Anwendung von Endenergie identifiziert. Die Energieaufwendungen für die Wärmeerzeugung bilden bei den privaten Hauhalten genau wie bei Unternehmen des GHD-Sektors den größten Anwendungsbereich von Endenergie. Im Rahmen der Effizienzanalyse von Heizungsanlagen werden die Bereiche Wärmeerzeugung, Brennstoffe und Gebäudeschutz betrachtet.³⁰

Abbildung 6 zeigt die Bestandsentwicklung einzelner Beheizungssysteme ab 1975. Gasbasierte Heizanlagen sind ab den 1995er Jahren mit knapp 50% die meist verbauten Heizungsanlagen, gefolgt von Öl-Heizanlagen. Es ist allerdings klar erkennbar, dass die Verbreitung von ölbasierten Heizanlagen seit 1975 kontinuierlich abnimmt. Seit 2000 stagniert der Bestand an strombetriebenen Heizanlagen, wohingegen kohlebetriebene Beheizungssysteme keine Rolle mehr spielen. Bei Fernwärme und sonstigen Heizungssystemen wie der Feststofffeuerung ist eine Bestandserweiterung erkennbar.

²⁹ EnergieAgentur.NRW (2010)

³⁰ Bauernhansl et al. (2013)

60.0% 50.0% -Gas 40.0% Heizöl **★**Fernwärme 30.0% -Strom 20.0% Kohle Sonstige 10.0% 0.0% 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2011 2012 2013

Abbildung 6: Entwicklung der Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes in Deutschland in den Jahren 1975 bis 2013

Quelle: Statista (2014 d)

Wie bereits erläutert, ist der Sektor Gebäude für mehr als 40% des Energieverbrauchs sowie rund einem Drittel der CO2-Emissionen in Deutschland verantwortlich. Aufgrund dessen ist es von essenzieller Bedeutung, vorhandene Potenziale zu nutzen, um langfristige Energieeinsparungen zu generieren. Neben klimapolitischen Zielen wird eine Unabhängigkeit Deutschlands von Energieimporten angestrebt. Um die Erreichung dieser Ziele voranzutreiben, werden in der Energieeinsparverordnung (EnEV) energetische Mindestanforderungen für beinahe ausnahmslos alle Gebäude festgelegt. Ihre Vorgaben beziehen sich zum einen auf die Heizungs- und Klimatechnik und zum anderen auf die Wärmedämmung eines Gebäudes. Seit dem 1. Mai 2014 ist eine neue Fassung in Kraft getreten und hat damit die EnEV aus 2009 abgelöst. Im Zuge der EnEV-Anpassung werden die Anforderungen an Neubauten aufgrund technologischer Entwicklungen am Markt ab 2016 weiter verschärft. Ferner wurden die Regelungen zum Energieausweis angepasst.³¹ Neben Anforderungen an Neubauten bezieht sich das EnEV zudem auf den derzeitigen Gebäudebestand. So besteht beispielsweise eine Nachrüstungspflicht von alten Heizkesseln sowie die Pflicht zur nachträglichen Dämmung von nichtgedämmten Rohrleitungen und der obersten Geschossdecken und somit Marktpotenzial im Bereich der Gebäudesanierung.³²

Um die Energieeffizienz und den Einsatz von erneuerbaren Energien im Bereich der Gebäude voranzutreiben, bestehen neben gesetzlichen Vorgaben auf Länder-, Bundes- und europäischer Ebene entsprechende Förderprogramme, die energieeffizientes Bauen und Sanieren unterstützen. Zu den wichtigsten zählt an dieser Stelle das CO2-Gebäudesanierungsprogramm des Kreditinstituts für Wiederaufbau (KfW). Neben den Neubauten von Energiesparhäusern wird ebenfalls die energieeffiziente Sanierung von Bestandsgebäuden gefördert. Grundsätzlich richtet sich die Förderhöhe dabei nach der Höhe der eingesparten Energie³³.

³¹ Verbraucherzentrale NRW (2014)

³² Dena (2012 a)

³³ BMVI (2012)

4.2. POTENZIALE

Der deutsche Markt bietet Unternehmen und Dienstleistern der Energieeffizienzbranche ein breites Spektrum an Geschäftschancen und attraktiven Möglichkeiten zur Erweiterung der Geschäftsfelder. Vor allem der Bestand an Altbauten und Altanlagen bietet erheblichen Modernisierungsbedarf. Primär können Unternehmen mit Produkten oder Dienstleistungen der nachfolgenden Bereiche im deutschen Energieeffizienzsektor profitieren.

Tabelle 1: Produkte und Dienstleistungen im Energieeffizienzmarkt

PRODUKTE	DIENSTLEISTUNGEN
Fenster, Türen, Rolltore etc.	Gebäudeenergieberatung
Dämmstoffe/energieeffiziente Baustoffe	Gebäudeplanung, Baubegleitung
Heizungsanlagen/Wärmeerzeuger	Energiemanagement im Gebäude
Klima- und Lüftungsanlagen	Einspar- und Liefercontracting
Wärmepumpen	Handwerksleistungen Neubau/Renovierung/Wartung
Gebäuderegelungs- und Automatisierungstechnik	Finanzierung
LED/effiziente Beleuchtung	

Quelle: Bründl et al. (2014)

Im Folgenden werden Absatzpotenziale für die wichtigsten Technologien und Produkte für die gebäudebezogene Anwendung von Endenergie analysiert.

4.2.1. Wärmeerzeugung

Der Gesamtbestand an zentralen Wärmeerzeugern beträgt 2013 laut dem Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (BDH)³⁴ ungefähr 20,5 Mio. Anlagen. Abbildung 7 zeigt den Bestand an unterschiedlichen Heizungssystemen im Jahr 2012. Es ist ersichtlich, dass der Gaskessel mit 8,9 Mio. Anlagen der am weitesten verbreitete Wärmeerzeuger ist. Bei Neubauten wird ebenfalls in knapp jedem zweiten (46,5%) Wohngebäude eine gasbetriebene Heizungsanlage verbaut. Neben Erdgas zählen Wärmepumpen, Fernwärme und Feststofffeuerung in 2013 zu den bevorzugten Beheizungssystemen, während ölbetriebene Heizungsanlagen nur in 0,7% der Neubauten vorhanden sind (s. Abbildung 8).³⁵

Um die Zusammensetzung der Wärmeerzeuger im zukünftigen Gebäudebestand Deutschlands zu prognostizieren, hat das Institut für Wärme und Öl (IWO) drei Szenarien entwickelt³⁶. Alle drei Szenarien orientieren sich an Energiesparzielen der Bundesregierung. Szenario 1 beschreibt die Trendfortführung, während sich die Szenarien 2 und 3 auf unterschiedlich optimistische Annahmen hinsichtlich der Sanierungsraten des Gebäudebestands stützen. Die Ergebnisse dieser Studie sind in Tabelle 2 veranschaulicht. Es ist erkennbar, dass alle drei Szenarien für die Zusammensetzung der Wärmeerzeugung bis 2020 ein übereinstimmendes Ergebnis liefern. Die Anteile an Wärmeerzeugung durch Nah- und Fernwärme inklusive Blockheizkraftwerke werden bis 2020 ebenso steigen wie der Anteil an Wärmepumpen und Holzpelletkessel. Bis 2050 bleibt in allen Szenarien der Heizkessel mit Brennwertkessel trotz eines rund 30%igen Rückgangs mit knapp 60% Gesamtanteil der wichtigste Wärmeerzeuger. Darüber hinaus wird die Wärmeerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung in Verbindung mit (Mikro/Mini)Blockheizkraftwerken künftig zunehmen. Zusammen mit Nah- und Fernwärme werden diese Kleinstkraftwerke im Jahr 2050 für rund ein Viertel der erzeugten Wärme in Wohngebäuden verantwortlich sein. Ferner wird die Wärmeerzeugung durch Wärmepumpen und Holzpellets deutlich steigen, während Einzelöfen und Strom-Nachtspeicher-Heizungen im Jahr 2050 keine Rolle mehr spielen werden.³⁷

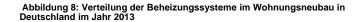
³⁴ BDH (2013)

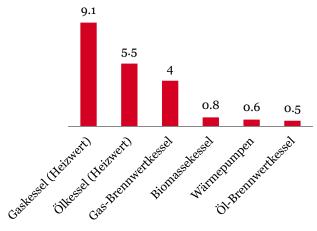
³⁵ BDH (2013)

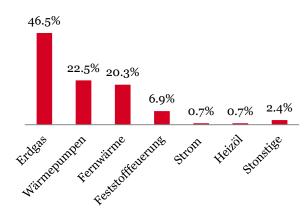
³⁶ IWO (2013)

³⁷ IWO (2013)

Abbildung 7: Bestand zentraler Wärmeerzeuger für Heizungen in Deutschland nach Kategorie im Jahr 2012 (in Mio.)







Quelle Statista (2014 e) Quelle Statista (2014 f)

Tabelle 2: Szenarien zur Entwicklung der Zusammensetzung der Wärmeerzeugung im Gesamtbestand

		SZENARIO 1		SZENARIO 2		SZENARIO 3	
	2010	2020	2050	2020	2050	2020	2050
Nah-/Fernwärme, Blockheizkraftwerk	6,6%	8,8%	18,1%	8,8%	21,6%	8,8%	22,0%
Wärmepumpe (Strom)	1,7%	4,7%	11,4%	4,7%	12,7%	4,7%	12,7%
Direkte Strom-Heizung	1,8%	1,0%	0,0%	1,0%	0,0%	1,0%	0,0%
Holz/Kohle/Gas-Ofen	4,0%	2,0%	0,0%	2,0%	0,0%	2,0%	0,0%
Holz-Pelletkessel	0,9%	3,0%	6,7%	3,0%	7,6%	3,0%	7,5%

Quelle: IWO (2013)

Nachfolgend werden die wichtigsten Technologien zur Wärmeerzeugung hinsichtlich ihrer derzeitigen Verbreitung, ihres zukünftigen Marktpotenzials und ihres Sanierungspotenzials näher untersucht.

Gas und ölbefeuerte Heizsysteme

In Deutschland sind rund 14,6 Mio. Gas- und Ölkessel in Betrieb, von denen mehr als die Hälfte älter als 15 Jahre ist. Insgesamt entspricht dies 9,3 Mio. Altanlagen mit Sanierungsbedarf. Davon sind 5,7 Mio. Gaskessel und 3,6 Mio. Ölkessel. Diese Altanlagen (Konstant- und Niedertemperaturkessel) sind im Vergleich zu moderneren Anlagen (Brennwert-Anlagen) weit weniger effizient.³⁸ Bei einem Kesselaustausch können laut BDH 10 bis 15% an Energie eingespart werden³⁹.

Bei einer Anzahl von 40,6 Mio. Haushalten in Deutschland ist durchschnittlich jeder 7. Haushalt im Besitz eines Gas-Heizwertkessels und jeder 11. Haushalt im Besitz eines Öl-Heizwertkessels, der älter als 15 Jahre ist. Die meisten Gasheizungen mit Sanierungsbedarf sind primär im Nordwesten und Westen Deutschlands vorhanden. Überdurchschnittliches Sanierungspotenzial bei Öl-Heizwert-Anlagen ist vor allem in den südwestlichen und südlichen Bundesländern vorhanden.

In den kommenden Jahren werden weiterhin gasbefeuerte Heizsysteme bei Wohnungsneubauten das größte Absatzpotenzial innehaben, während ölbefeuerte Heizungsanlagen kaum noch Relevanz in Bezug auf das künftige Absatzpotenzial aufweisen. Abbildung 8 zeigt, dass knapp die Hälfte (46,5%) der Neubauten in 2013 mit gasbefeuerten Heizsystemen ausgerüstet wurden. Lediglich in 0,7% der Wohnungsneubauten befinden sich ölbefeuerte Heizungsanlagen.

³⁸ Märtel (2014)

³⁹ Adolf et al. (2013)

⁴⁰ Märtel (2014)

Wärmepumpenheizungen

Wärmepumpen gewinnen in dem Markt für effiziente Wärmeerzeugung zunehmend an Bedeutung. Derzeit verzeichnen Wärmepumpenheizungen exponentielle Absatzzahlen. Allein in 2012 wurden in Deutschland 59.600 Wärmepumpen installiert. Insgesamt schätzt der Bundesverband Wärmepumpe e.V. (BWP)⁴¹ den Bestand an Wärmepumpen in Deutschland auf rund 500.000 Anlagen. Der BWP hat zwei Prognoseszenarien mit konservativen Annahmen in Szenario 1 und optimistischeren Parametern in Szenario 2 entwickelt, um das Marktpotenzial für Wärmepumpen zu quantifizieren (Tabelle 3). Die Szenarien unterscheiden sich primär im Marktanteil der Wärmepumpen am Gesamtmarkt für Wärmeerzeuger und in der Austauschrate von ineffizienten Wärmeerzeugern. Für die kommenden Jahre wird ein kontinuierliches Wachstum erwartet, wobei der Wärmepumpenabsatz pro Jahr in Szenario 1 bis 2030 bei knapp unter 100.000 Wärmepumpen stagniert. Der Feldbestand für 2030 wird auf 1,8 Mio. Anlagen geschätzt. In Szenario 2 steigt der prognostizierte Absatz pro Jahr dagegen auf rund 235.000 verkaufte Wärmepumpen in 2030 an. Ende 2030 wird der Bestand an Wärmepumpen schätzungsweise rund 3 Mio. Anlagen betragen.⁴²

Tabelle 3: Prognose für den Wärmepumpenmarkt

		SZENA	ARIO 1	SZENARIO 2		
	2012	2020	2030	2020	2030	
Gesamtmarkt Heizung	554.000	722.000	536.000	871.000	850.000	
Anteil WP an Gesamtmarkt	11%	11%	17%	19%	28%	
Anteil WP im Neubau*	26%	45%	55%	51%	71%	
Anteil WP im Altbau*	4,5%	8%	11%	15%	27%	
Feldbestand WP (netto)	500.000	1,1 Mio.	1,8 Mio.	1,4 Mio.	3,0 Mio.	
Absatz WP (brutto)	59.600	78.000	90.000	162.500	235.000	

*Stand 2010

Quelle: BWP (2013); Stawiarski (2013)

Bei dem Marktpotenzial für die unterschiedlichen Wärmepumpentypen zeichnet sich in Szenario 1 ein deutliches Absatzwachstum bei Luft/Wasser-Wärmepumpen ab, während die Absatzzahlen von Wasser/Wasser-Wärmepumpen und Sole/Wasser-Wärmepumpen tendenziell stagnieren. Im Vergleich zum ersten Szenario können im zweiten Szenario alle drei Wärmepumpentypen Absatzsteigerungen generieren. Die Absatzzahlen von Luft/Wasser-Wärmepumpen werden von 37.400 (in 2012) um den Faktor 4,5 auf 170.000 verkaufte Anlagen in 2030 steigen. Bei Sole/Wasser-Wärmepumpen verdreifacht sich der Absatz von 19.400 im Jahr 2012 auf rund 62.000 Stück in 2030. Für Wasser/Wasser-Wärmepumpen wird ebenfalls ein Absatzwachstum von 2.800 abgesetzten Anlagen in 2012 auf 4.050 im Jahr 2030 prognostiziert. 43

Aktuelle Wärmepumpensysteme arbeiten vorwiegend mit dem entflammbaren Propan (R290) oder mit synthetischen Kältemitteln (R134a, R407C). Mit CO2 als Kältemittel können jedoch Effizienzsteigerungen generiert werden. Zudem ist es u.a. preisgünstiger und nicht entflammbar. Jedoch erfordern CO2-Wärmepumpen aufgrund der höheren Drücke eine erhöhte Komponentenqualität. Gleichwohl wird für CO2-Wärmepumpen ein enormes Marktpotenzial prognostiziert. ⁴⁴ Darüber hinaus wirken sich Förderprogramme der Bundesregierung, die explizit den Einbau von Wärmepumpen bzw. Hybridanlagen fördern, positiv auf deren Absatzentwicklung aus⁴⁵.

Feststofffeuerung

Grundsätzlich kann zwischen einer Einzelfeuerung, die i.d.R. einen Raum beheizt, und einer Holzzentralheizung, welche Wärme sowie Warmwasser bereitstellt, unterschieden werden⁴⁶. Pro Jahr werden in Deutschland zwischen 300.000 und 400.000 Einzelfeuerstätten wie offene Kamine oder Kachelöfen verkauft. Seit einigen Jahren gewinnen Holzzentralheizungen auf Basis

⁴¹ BWP (2013)

⁴² BWP (2013)

⁴³ BWP (2013)

⁴⁴ Kosowski et al. (2008)

⁴⁵ BAFA (2012)

⁴⁶ Adolf et al. (2011)

von Scheit- bzw. Stückholz, Holzpellets oder Hackschnitzel zunehmend an Attraktivität. Für diesen Trend ist u.a. eine Wirkungsgradsteigerung von 30% seit den 1980er Jahren mitverantwortlich. So wurde beispielsweise in knapp 7% aller Wohnungsneubauten in 2013⁴⁷, also in rund 8.000 Wohngebäuden⁴⁸, eine Feststoff-Heizungsanlage installiert. Insgesamt sind derzeit zwischen 700.000 und 1 Mio. Holzentralheizungen in Betrieb. Somit heizen ca. 10 bis 15 Mio. Haushalte in Deutschland unter anderem mit dem Brennstoff Holz. Künftig werden Holzheizungen verstärkt mit Solaranalagen zu ressourcen- und klimaschonenden Hybridanlagen kombiniert⁴⁹.

Elektrische Heizungssysteme

Grundsätzlich existieren zwei verschiedene Typen von elektrischen Heizungen, zum einen die Stromdirektheizung und zum anderen die Speicherheizung. Beide Heizungsformen sind zwar günstig einzubauen und wartungsarm, allerdings sind die Betriebskosten im Vergleich zu anderen Heizungstechnologien deutlich höher und es findet eine Entwertung der Energie statt (Exergie in Anergie)⁵⁰. Wie in der vorhergegangenen Abbildung 6 dargestellt, ist die Anzahl an strombetriebenen Heizungssystemen seit 1995 rückläufig. Sowohl mittel- als auch langfristig besteht kaum Marktpotenzial für elektrische Heizungssysteme als primäre Wärmeerzeuger. Neue Möglichkeiten entstehen allerdings zurzeit bei der Kopplung mit eigenen PV-Systemen.

Solarthermie

Solarthermieanlagen wandeln Sonnenenergie in thermische Energie um. Diese Energie wird zur Warmwassergewinnung und derzeit verstärkt zur Heizungswassererwärmung verwendet. Diese Heizungsunterstützungsanlagen sind deutlich teurer und größer, da ein Pufferspeicher für Heizungswasser in das bestehende Heizsystem integriert werden muss. Berechnungen zufolge müsste die Kollektorfläche ein Viertel der beheizten Wohnfläche eines Gebäudes sowie das Speichervolumen mehrere Kubikmeter betragen, um ca. 20 bis 30% der jährlichen Wärmeaufwendungen eines durchschnittlichen Gebäudes zu decken⁵¹. Ende 2013 waren in Deutschland rund 1,9 Mio. Solarwärmeanlagen mit einer gesamten Kollektorfläche von 17,5 Mio. m² installiert. In Tabelle 4 sind unterschiedliche Szenarien für das Absatzwachstum von Solarwärmeanlagen bis 2020 bzw. 2030 abgebildet. Im günstigsten Szenario (3) kann der Absatz von derzeit 1,02 Mio. auf rund 20,4 Mio. m² Kollektorenfläche in 2030 gesteigert werden. ⁵² Es sei erwähnt, dass in allen drei Szenarien steigende Absatzzahlen ab 2011 prognostiziert wurden. Tatsächlich sind die jährlichen Absatzzahlen seit 2011 jedoch rückläufig.⁵³

Tabelle 4: Prognosen für den Solarthermieanlagenabsatz

	SZENARIO 1		SZENARIO 2		SZENARIO 3	
	2020	2030	2020	2030	2020	2030
Absatz p.a. in Tsd. m ²	1.547	2.005	3.661	8.108	6.153	20.388
Installierte Fläche in Mio. m²	28,1	46,3	39,0	98,7	47,3	177,0

Quelle: BSW (2012)

Fernwärme

Bei einem Fernwärme System wird Wärme, statt in einem Gebäude selbst, außerhalb und zentral, primär in Biogas- oder Biomasseheiz(kraft)werken erzeugt und über ein Transportmedium, i.d.R. Wasser, zu den Wärmeabnehmern transportiert. Entsprechend der Entfernung zwischen Wärmeerzeuger und Wärmeempfänger wird zwischen Nah- und Fernwärme differenziert. Nahwärme zeichnet sich gegenüber Fernwärme durch geringere Transportverluste (bis zu 10%) aus. Rund 50% der produzierten Fernwärme gehen an private Haushalte. Insgesamt beziehen derzeit 13,3% aller Haushalte in Deutschland Fernwärme. Dabei gibt es signifikante regionale Unterschiede. So sind Wohnungen im Osten mit einem Anteil von 30% deutlich häufiger als Wohnungen im Westen (9%) an ein Fernwärmenetz angebunden. Das künftige Marktpotenzial hängt von unterschiedlichen Faktoren ab. Wird der Fernwärmenetzausbau weiter vorangetrieben, so besteht ein relativ großes Zuwachspotenzial. Allerdings wirken sich der Bevölkerungsrückgang sowie die zunehmende Gebäudeeffizienz negativ auf den Netzausbau aus und folglich negativ auf das zukünftige Marktpotenzial von Fernwärmen.⁵⁴

⁴⁷ Adolf et al. (2011)

⁴⁸ Statistikportal (2014)

⁴⁹ Adolf et al. (2011)

⁵⁰ IZES (2007)

⁵¹ Adolf et al. (2011)

⁵² BSW (2012)

⁵³ BSW (2012)

⁵⁴ Adolf et al. (2011)

Kraftwärmekopplung

Mit Hilfe einer Kraftwärmekopplung kann sowohl Wärme als auch Elektrizität gleichzeitig erzeugt werden. Meist wird dabei ein Verbrennungs- oder Stirlingmotor verwendet. Zukünftig ist auch der Einsatz von Brennstoffzellen denkbar. Kraftwärmekopplungen (KWK) können sowohl lokal im Gebäude als auch dezentral als Fernwärmeerzeuger eingesetzt werden und erreichen Wirkungsgrade von bis zu 90%. Der Anteil des KWK-Stroms soll mit Hilfe des IEKP bis 2020 auf 25% verdoppelt werden. Mittel- sowie langfristig wird der Anteil von regenerativen Energieträgern wie Sonne, Wind, Geothermie und Umgebungswärme an der Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung steigen. Aufgrund dessen ist es von essenzieller Bedeutung, Kraftwärmekopplungen zukünftig verstärkt mit regenerativen Brennstoffen zu betreiben.⁵⁵

Grundsätzlich lässt sich keine allgemeingültige Aussage darüber treffen, welche der oben genannten Wärmeerzeugungstechnologien im Vergleich effizienter ist. Vielmehr sind gebäude- und projektbezogene Faktoren entscheidend für ein effizientes (hybrides) Wärmeerzeugungskonzept. So können durch Solarthermie in Kombination mit Luft-Wasser-Pumpen bei bestehenden Gebäuden Effizienzgewinne realisiert werden. Leistungsschwankungen und Lastspitzen können beispielsweise durch eine Holzpellet-Heizung oder einen Brennwertkessel kompensiert werden. Zu den treibhausgasarmen Wärmeerzeugungstechnologien zählen primär hybride Konzepte aus der Kombination von Solarthermie, Wärmepumpe, Kraftwärmekopplung, Scheitholzund Pelletbefeuerung oder regenerative Fernwärme. ⁵⁶ Der deutsche Markt für Wärmeerzeugung wird von hiesigen, globalagierenden Unternehmen geprägt. Zu den größten deutschen Heizungsherstellern zählen Bosch Thermotechnik (Buderus und Junkers), Vaillant, Viessmann, Stiebel Eltron sowie Glen Dimplex Deutschland⁵⁷.

4.2.2. Wärmedämmung

Im Folgenden wird nun das Marktpotenzial für effiziente Technologien in den Bereichen Wärmschutz und -dämmung, Verglasung und Beleuchtung untersucht. Im Bereich Gebäudesanierung hat die Bundesregierung attraktive Förderprogramme wie das KfW CO2-Gebäudesanierungsprogramm und ausgeweitete Anreizprogramme wie steuerliche Abschreibungen für energetische Sanierungsmaßnahmen initiiert. Damit sollen zusätzliche Anreize für Gebäudeeigentümer geschaffen werden, die sich positiv auf deren Investitionen in die Gebäudesanierungen auswirken sollen.⁵⁸

Durch eine entsprechende Dämmung eines Gebäudes wird der Wärmeaustausch zwischen dem Gebäudeinneren und -äußeren reduziert. Das Ziel von Dämmstoffen ist es, durch den Einschluss von Luft in Poren die Konvektion größtenteils zu unterbinden, um eine gewünschte Temperatur im Gebäudeinneren aufrechtzuerhalten. Folglich kann durch eine effiziente Dämmung die Energie für die Erzeugung von Raumwärme im Winter und der Kühlungsbedarf im Sommer reduziert werden. 59 Von den rund 19 Mio. Gebäuden in Deutschland wurden mehr als 80% der Gebäude vor 1995 und somit vor Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung erbaut. Davon sind schätzungsweise 65% aktuell noch immer energetisch sanierungsbedürftig. 60

⁵⁵ Erdmann et a. (2010)

⁵⁶ Bauernhansl et al. (2013)

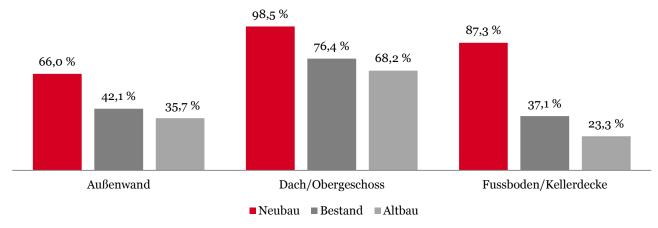
⁵⁷ Statista (2014 g)

⁵⁸ VFF (2014)

⁵⁹ Adolf et al. (2011)

⁶⁰ GDI (2014)

Abbildung 9: Anteil der Gebäude mit Wärmedämmung in Deutschland



Quelle: Diefenbach et al. (2010)

Abbildung 9 gibt einen detailierteren Aufschluss über die aktuelle Wärmedämmung von Wohngebäuden in Deutschland. Zu den Neubauten zählen alle ab 2005 errichteten Wohngebäude. Aufgrund von Energiesparverordnungen wie dem EnEV und zahlreichen Normen ist die Wärmedämmung von Neubauten deutlich besser als bei älteren Gebäuden.

Das folglich größere Potenzial für Wärmedämmung bieten Bestandsgebäude, die zwischen 1979 und 2004 gebaut wurden und Altbauten (vor 1975). Lediglich 42,1% der Bestandsgebäude und 35,7% der Altbauten besitzen eine ausreichende Außenwanddämmung. Auch die Fußboden-/Kellerdeckendämmung birgt mit einem Wärmedämmungsanteil von 37,1% bzw. 23,3% deutliches Potenzial.⁶¹ Um das Marktpotenzial für den nachträglichen Einbau von Dämmungen für Bestandsgebäude und Altbauten quantifizieren zu können, werden Umfrageergebnisse zur geplanten Sanierungsvorhaben herangezogen. Laut Statista⁶² planen 2,13 Mio. Personen in Deutschland im Jahr 2014 ihre Wärmedämmung zu modernisieren.

Wird der Markt auf Produktebene betrachtet, ist das Potenzial für neue Dämmstoffe relativ gering. Grund dafür sind die technologisch ausgereiften und effizienten Dämmstoffe, die sich bereits am Markt etabliert haben. Abbildung 10 zeigt die Marktanteile der wichtigsten Dämmstoffe in Deutschland, die im Rahmen einer Baumarktstudie des Gesamtverband Dämmstoffindustrie e.V. (GDI)⁶³ aus dem Jahr 2005 publiziert wurden. Mineralwolle ist mit 54,6% klarer Marktführer vor EPS-Hartschaumdämmstoffen mit einem Marktanteil von 30,5%. Insgesamt betrug im Jahr 2005 das produktionsbedingte Marktvolumen in Deutschland knapp 24,4 Mio. m³. Aus kartellrechtlichen Gründen kommuniziert der Verband seither keine aktuelleren Marktzahlen.⁶⁴ Nichtsdestotrotz kann diese Statisitk weiterhin als Referenz herangezogen werden. Die Haltung des GDI ist ein Indikator dafür, dass der Wettbewerb stagniert und neue Technologien kaum Wettbewerbsrelevanz aufweisen.⁶⁵

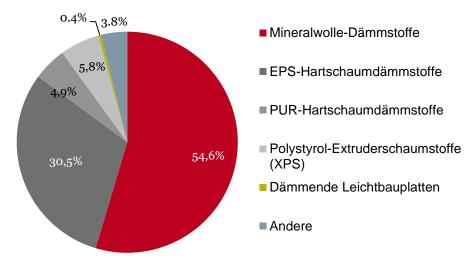
⁶¹ Diefenbach et al. (2010)

⁶² Statista (2014 h)

⁶³ GDI (2014) ⁶⁴ BMU (2014)

⁶⁵ Lohde et al. (2013)

Abbildung 10: Marktanteile am Dämmstoffmarkt in Deutschland



Quelle: GDI (2014)

Eine Studie von Trendresearch⁶⁶ zeigt, dass der Markt für Wärmedämmestoffe mittelfristig steigen wird. So soll das jährliche Markvolumen im Jahr 2020 järlich 2,3 Mrd. Euro betragen. Zum Vergleich: das Marktvolumen im Jahr 2010 betrug knapp 1,8 Mrd. Euro. Als primäre Gründe für die postive Marktentwicklung von Wärmedämmstoffen werden einerseits die verschärften Energieeffizienzanforderungen und andereseits der verringerte CO2-Ausstoß genannt. Auf Produktebene werden Dämmstoffe aus Mineralwolle den Markt in den kommenden Jahren weiterhin dominieren. Aufgrund des gestiegenen Umweltbewusstseins der Bevölkerung bestehen allerdings für Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen wie Holzwolle, Zellulose oder Hanf zukünftig Möglichkeiten, den Marktanteil zu steigern.

Zu den wichtigsten Marktteilnehmern in Deutschland zählen die weltweit agierende deutsche Knauf Insulation GmbH mit einem Umsatz von über einer Mrd. Euro, die URSA Deutschland, eine Tochtergesellschaft des Spanischen Baustoffkonzerns uralita, die deutsche Steico SE sowie der weltweit größte Hersteller von Dämmstoffen aus Steinwolle, die dänische Rockwool International A/S.

4.2.3. Verglasung

Fenster besitzen gegenüber Außenwänden, Dach oder Kellerdecke deutlich geringere Wärmedämmwerte. Durchschnittlich werden 25 bis 30% der Innenraumwärme eines Gebäudes über die Fenster verloren⁶⁷. Grundsätzlich sind in Deutschland fünf unterschiedliche Verglasungsarten verbaut: Fenster mit Einfachglas, Verbund- und Kastenfenster, Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas, Fenster mit Zweischeiben-Wärmedämmglas und Fenster mit Dreischeiben-Wärmedämmglas. In Tabelle 5 sind die wichtigsten Kennzahlen der unterschiedlichen Verglasungsarten gegenübergestellt.

23

⁶⁶ Energieportalinfo (2012)

⁶⁷ LfU (2012)

Tabelle 5: Bestand und Kennzahlen von Fenstern in Deutschland

		FENSTERBESTAND IN DEUTSCHLAND 2013 (MIO. FE*)	HAUPTSÄCHLICH VERBAUT	DURCHSCHN. Uw-WERT IN W/(M ² K)**	JÄHRLICHER WÄR- MEVERLUST IN LITER HEIZÖL***
1.	Fenster mit Einfachglas	21 (3,5%)	bis 1978	4,7	67
2.	Verbund- und Kastenfenster	48 (8,1%)	bis 1978	2,4	33
3.	Fenster mit un- beschichtetem Isolierglas	220 (37,0%)	1978-1995	2,7	29
4.	Fenster mit Zweischeiben- Wärmedämm- glas (Low-E)	274 (46,1%)	1995-2008	1,5	14
5.	Fenster mit Dreischeiben- Wärmedämm- glas (Low-E)	32 (5,4%)	ab 2005	1,1	8
	Gesamt:	595			

^{* 1}FE = 1,3m x 1,3m; ** Die angegebenen Werte sind als Durchschnittswerte des Bestands dieser Baujahre berechnet. Der Bestand setzt sich aus Fenstern mit Rahmen unterschiedlicher Bautiefe und Wärmedämmleistung sowie aus Verglasungen mit verschiedenen Wärmedurchgangskoeffizienten und g-Werten zusammen; *** Jährlicher Wärmeverlust pro Quadratmeter Fensterfläche unterschiedlicher Fenstertypen umgerechnet in Liter Heizöl

Quelle: LfU (2012); VFF (2014)

Insgesamt beträgt der Bestand an Fenstern in Deutschland im Jahr 2013 rund 595 Mio. Fenstereinheiten. Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas und Fenster mit Zweischeiben-Wärmedämmglas sind mit einem prozentualen Bestand von 37,0% bzw. 46,1% die am meisten verbauten Verglasungsarten. Trotz einer Reihe von Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen besteht in 2013 noch ein Restbestand an einfachverglasten Fenstern von 21 Mio. Fenstereinheiten. Einfachverglaste Fenster weisen mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten bzw. Uw-Wert (misst den Wärmeverlust je m²) von 4,7 W/(m²K) den vergleichsweise deutlich ineffizientesten Faktor auf. Durch einen Austausch dieses Restbestandes könnten jährlich schätzungsweise rund 10 Mrd. Kilowattstunden und rund 2,5 Mio. Tonnen CO2 eingespart werden.⁶⁸ Die Energieeffizienz von dreifachverglasten Fenstern im Vergleich zu einfachverglasten Fenstern wird zudem durch den jährlichen, in Liter Heizöl umgerechneten Wärmeverlust pro Quadratmeter Fensterfläche deutlich. Während der Wärmeverlust von Dreischeiben-Wärmedämmglas lediglich 8 Liter Heizöl je m² Fensterfläche beträgt, ist der Wärmeverlust von Fenstern mit Einfachglas nahezu 8-fach so hoch: 67 Liter Heizöl⁶⁹. Neben einfachverglasten Fensterscheiben weisen zudem Verbund- und Kastenfenster sowie Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas energetisches Austauschpotenzial auf. Allerdings muss die Wirtschaftlichkeit eines Austauschs der Verglasungstypen 2 und 3 gebäudebezogen eruiert werden. Oftmals ist ein Austausch der eben genannten Fenster im Zuge einer Außenwandmodernisierung sinnvoll. Zusammenfassend bietet der Restbestand an einfachverglasten Fenstern mit rund 21 Mio. Fenstereinheiten das größte Absatzpotenzial für Fensterhersteller. Verglasungen der Typen 2 und 3, mit derzeit zusammen 268 Mio. Fenstereinheiten, werden mittelfristig für zunehmendes Absatzpotenzial von Zwei- bzw. Dreischeiben-Wärmedämmverglasung sorgen. Darüber hinaus kann weiteres Marktpotenzial im Bereich des Neubaus generiert werden. Gemäß dem EnEV dürfen hierbei Fenster mit einem maximalen Uw-Wert von 1,3 verbaut werden.70

Zu den bekanntesten deutschen Fensterherstellern zählen Roto, Velux, Schüco, Ritter Fenster & Türen und Bayerwald Fenster & Haustüre.

⁶⁸ VFF (2014)

⁶⁹ LfU (2012)

⁷⁰ VFF (2014)

4.2.4. Beleuchtung

Beleuchtung ist im GHD-Sektor für 13% des Energieverbrauchs und lediglich für 2% der Energieverwendung von privaten Haushalten verantwortlich. Von dem im Dezember 2008 ratifizierten Klima- und Energiepaket der Europäischen Kommission ist ebenfalls die Beleuchtung von Gebäuden betroffen. So wurde durch die Verordnung (EG) 244/2009 vom April 2009 die stufenweise und vollständige Substitution der Glühbirne bis Ende 2012 beschlossen. Ab dem 1. September 2016 verschärfen sich diese Anforderungen weiter. Die EU-Ökodesign-Verordnung (EU) 1194/2012 legt in 3 Stufen bis 2016 verschärfte Mindestanforderungen für die gerichtete Beleuchtung sowie LEDs fest. So müssen u.a. Mindestwerte für die mittlere Lampenlebensdauer, den Lichtstromerhalt, die Schaltfestigkeit, die Zündzeit/Anlaufzeit und die Farbwiedergabe, differenziert nach der Lampentechnologie erfüllt werden. Ferner müssen seit dem 1. September 2013 mit dem Inkrafttreten der EU-Label-Verordnung für Lampen und Leuchten (EU) 874/2012 alle Leuchten und Lampen in den Verkaufsstellen mit einem EU-Energieeffizienz Label gekennzeichnet sein. Ziel ist es, mehr Transparenz hinsichtlich der Energieeffizienz unterschiedlicher Beleuchtungstechnologien für den Verbraucher zu schaffen. Im Vergleich zur Glühlampe sind dabei drastische Einsparpotenziale vorhanden. Das Energieeinsparpotenzial von Halogenlampen liegt beispielsweise bei 20-30%, bei LED-Beleuchtung sogar bei 80% gegenüber einer Glühlampe⁷¹. Durch den flächendeckenden Einsatz von LED-Beleuchtungstechnik könnten in Deutschland jährlich rund 7,5 Mrd. Kilowattstunden (kWh) in Privathaushalten und 3,2 Mrd. kWh bei der Bürobeleuchtung eingespart werden. Dies entspricht einer Kosteneinsparung von 1,1 Mrd. Euro bzw. 0,4 Mrd. Euro⁷². Es ist davon auszugehen, dass der Absatz von LED-Lampen stetig wachsen wird. Im ersten Tertiär 2013 wurden rund 2,75 Mio. LED-Lampen verkauft. Dies entspricht einem Anteil von rund 7% an verkauften Lampen und rund 23% des Gesamtumsatzes für Beleuchtung in diesem Zeitraum. Im Vergleich dazu entsprach der Anteil am Gesamtumsatz im Jahr 2009 lediglich 2,5%73. Auch wenn es für LED-Lampen aus Sicht der Energieeffizienz derzeit kaum Alternativen gibt, sind die Anschaffungskosten für viele Verbraucher in ihrem subjektiven Empfinden derzeit noch zu teuer. Ziel muss die mittelfristige, kostengünstige Bereitstellung und klare Kommunikation der Differenzierungsmerkmale von LED-Lampen sein. Ferner werden zukünftig organische Leuchtdioden (OLED) und weitere innovative, energieeffiziente und kostengünstige Beleuchtungstechnologien Marktpotenzial aufweisen.

Grundsätzlich unterscheidet sich die Wettbewerbssituation je nach Segmenten und Bestandteilen der Wertschöpfungsketten. Der Markt für traditionelle Lampen und Steuergeräte ist durch einen relativ hohen Konzentrationsgrad mit drei führenden Unternehmen Philips, Osram und General Electric gekennzeichnet. Zusammen kommen diese drei Unternehmen auf einen Marktanteil von über 50%. Der Markt für Allgemeinbeleuchtung ist hingegen hochfragmentiert⁷⁴. Insgesamt waren im Jahr 2013 140 Betriebe in der Beleuchtungsindustrie in Deutschland tätig. Im Vergleich zu 2005 hat die Anzahl der Betriebe um 11 abgenommen⁷⁵. Aufgrund der realisierbaren Skaleneffekte der drei großen Wettbewerber liegt das Marktpotenzial für Schweizer klein- und mittelständische Unternehmen (KMU) vorranging in der Produktion von Kleinserien und Spezialanfertigungen.

⁷¹ Dena (2013 a)

⁷² Statista (2014 i)

⁷³ Dena (2013 b)

⁷⁴ Osram (2013)

⁷⁵ Statista (2014 j)

4.3. HEMMNISSE

Unter Hemmnisse werden Mechanismen verstanden, die Entscheidungen oder Verhaltensweisen unterbinden, welche sowohl energieeffizient als auch wirtschaftlich sinnvoll wären⁷⁶. Im Folgenden wird zwischen marktbasierten, informatorischen, finanziellen und verhaltensbasierten Hemmnissen unterschieden.⁷⁷

Marktbasierte Hemmnisse

Den Energieeffizienzmarkt kennzeichnet neben der hohen Marktunsicherheit die hohen Investitionskosten in Forschung und Entwicklung. Die Entwicklung der letzten Jahre hat gezeigt, dass es an Strukturen und erfolgversprechenden, künftigen Technologien fehlt. Selbst Konzerne mit jahrelanger Erfahrung in der Energiebranche und entsprechenden Ressourcen schaffen es derzeit nicht, die Erwartungen des Energieeffizienzmarkts zu befriedigen⁷⁸.

Es ist erkennbar, dass erneuerbare Energien und damit verbundene Technologien wie Kraftwärmekopplung, Wärmepumpen oder Solarthermie mittel- bis langfristig eine zunehmende Bedeutung im Bereich der Wärmeerzeugung spielen werden. Nichtsdestotrotz wird zukünftig die Heizenergie weiterhin vorrangig durch fossile Brennstoffe wie Öl und Gas gewonnen. Grund dafür ist primär die ausgereifte Technik von Öl- und Gasheizsystemen sowie die breite Etablierung am Markt⁷⁹. Darüber hinaus existieren nur wenige große Anbieter, die den Markt für Gebäudetechnologie und Heizsysteme dominieren. Dies ist vorrangig auf den großen Investitionsaufwand zurückzuführen, der bei einem Markteintritt unerlässlich ist. Jedoch existieren viele kleine bis mittelgroße Unternehmen, die in der Zulieferindustrie für große Heizungsanlagenbauer tätig sind.

Ferner hat der hohe Diversifikationsgrad in der Energieeffizienzbranche zu einer Bildung von Unternehmen als Untergruppe einer vorhandenen Energiesparte (z.B. Siemens Building Technologies) geführt. Der neu entstehende Markt richtet sich vielmehr an Dienstleistungen wie Installation, Wartung und Kontrolle von Wärmeerzeugern. 80

Informatorische Hemmnisse

Studien haben gezeigt, dass sowohl privaten Haushalten als auch Unternehmen des GHD-Sektors Informationen hinsichtlich ihrer Energieeinsparpotenziale fehlen. Somit fällt es den Konsumenten schwer, Möglichkeiten für die Einsparung und den Bedarf zur Steigerung der Energieeffizienz zu erkennen und aktiv tätig zu werden. Durch Mess- und Zähleinrichtungen für den Energieverbrauch sowie durch eine qualifizierte Energieberatung kann dem entgegengewirkt werden. Ziel muss es sein, die Endenergieverbraucher für Energieeffizienz zu sensibilisieren. Gerade im Rahmen der Energieberatung ist ein gut ausgebildetes Fachpersonal von essenzieller Bedeutung. Entsprechende Qualifizierungsprogramme der Industrie- und Handelskammern, oder der KfW Akademie, fördern die Eignung des Fachpersonals und erhöhen die Transparenz hinsichtlich Energieberatungsdienstleistern.⁸¹

Finanzielle Hemmnisse

Finanzielle Hemmnisse ergeben sich aus den fehlenden Finanzierungsmöglichkeiten bzw. den langen Amortisationszeiten von privaten Haushalten und Unternehmen des GHD-Sektors. Zudem wirkt sich die aktuelle Unsicherheit des Kapital- und Arbeitsmarkts negativ auf die Vergabe von Krediten aus. Risikoaverse Verbraucher schieben aufgrund dessen Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen auf. Neben den Finanzierungskosten sind vor allem die Vertragslaufzeiten von teilweise bis zu 7 Jahren im Bereich Contracting ein nicht zu unterschätzendes Hemmnis. Lange Laufzeiten und die damit einhergehende Bindung an den Contractor und das damit verbundene Risiko könnten potentielle Kunden abschrecken. Für den Contractor erhöht sich durch lange Laufzeiten wiederum das Ausfallrisiko des Contracting-Partners.⁸² Auf der anderen Seite gilt es, das Mietrecht anzupassen, um die Finanzierung von Energiesparmaßnahmen in Wohngebäuden durch Contracting zu erleichtern.⁸³

Ein weiteres Hemmnis sind Transaktionskosten. Je komplexer das Produkt und je weniger vertrauenswürdig die Informationsquelle erscheint, desto höher sind die Transaktionskosten⁸⁴. Die Transaktionskosten sind bei Energiedienstleistungen am

⁷⁶ Sorrell (2014)

⁷⁷ Mayer (2009)

⁷⁸ Lohde et al. (2013)

⁷⁹ BDH (2013)

⁸⁰ Lohde et al. (2013)

⁸¹ BMWi (2011)

⁸² BMWi (2011)

⁸³ Care Energie (2014)

⁸⁴ Mayer (2009)

größten. Die Einbeziehung von spezialisierten Dritten wie Berater, Versorger oder Contractoren können bei geplanten Energieeffizienzmaßnahmen von Vorteil sein, da diese Energieeinsparpotenziale aufzeigen und realisieren können. Allerdings entstehen bei dieser Dienstleistung Transaktionskosten, die sich bei kleinen Objekten nicht durch die Einsparungen refinanzieren lassen. 85

Verhaltensbasierte Hemmnisse

Energieeffizienz ist eine nicht greifbare, unsichtbare Eigenschaft. Menschliches Handeln ist dabei oft nicht immer objektiv und rational. So neigen Käufer tendenziell dazu, sich für ein Produkt mit geringeren (Anschaffungs-) Kosten und höherer Leistung zu entscheiden, statt für ein energieeffizientes Produkt mit niedrigeren Betriebskosten, welches langfristig rentabler wäre. Ratiber hinaus besteht im Bereich der Mietwohnungsbauten ein "Mieter-Vermieter-Dilemma". Der Vermieter hat meist nur ein geringes Interesse in die Energieeffizienz seines Objektes zu investieren, da die Aufwendungen für Energie von den Mietern getragen werden. Nichtdestotrotz bietet das Gesetz Immobilienbesitzern die Möglichkeit, Kosten einer Modernisierung auf den monatlichen Mietpreis zu übertragen. Allerdings gilt es zu beachten, dass abhängig von dem regionalen Immobilienmarkt Mietpreiserhöhungen zu Refinanzierung nicht überall umgesetzt werden können. Produkt mit geringeren (Anschaffungs-) Kosten und höherer Leistung zu entscheiden, welches langfristig rentabler wäre. Produkt mit niedrigeren Betriebskosten, welches langfristig rentabler wäre

85 BMWi (2011)

⁸⁶ Mayer (2009)

⁸⁷ BMWi (2011)

4.4. TRENDS UND PROGNOSEN

Im Folgenden wird auf Basis unterschiedlicher Szenarien die Erreichung der Energiesparziele der Bundesregierung eruiert. Dies erfordert eine differenzierte Betrachtung der Sektoren Haushalte und GHD.

Die Bundesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2020 rund 300 PJ und bis 2050 rund 1.100 PJ an thermischer Energie (Energie zur Raumwärme- und Warmwassererzeugung) im privaten Haushaltssektor einzusparen. Allerdings scheint dieses Ziel derzeit nicht erreicht zu werden. 88 Unter den bestehenden Rahmenbedingungen sowie der Annahme einer konstanten Sanierungsrate von 1% können bis 2020 lediglich rund 200 PJ an thermischer Energie eingespart werden. Das Einsparpotenzial wird hingegen auf rund 400 PJ beziffert. Um die Ziele der Bundesregierung zu erreichen, ist zum einen die Erhöhung der Sanierungsrate von derzeit 1% auf 2% notwendig. Dazu müssten die jährlichen Investitionen in die Gebäudemodernisierung auf insgesamt 5 Mrd. Euro steigen. Zum anderen ist eine Steigerung der Austauschrate von Heizanlagen sowie eine effiziente Wärmespeicherung und -verteilung von essenzieller Bedeutung.⁸⁹

Neben den Zielen zur Einsparung von thermischer Energie hat die Bundesregierung ebenfalls Einsparziele für elektrische Energie festgesetzt. So sollen bis 2020 Einsparungen an elektrischer Energie in Höhe von 30 PJ und bis 2050 in Höhe von 170 PJ realisiert werden. Auch dieses Ziel scheint gemäß aktueller Entwicklungen nicht erreichbar zu sein. Statt 30 PJ wird voraussichtlich lediglich eine Einsparung von 9 PJ im Jahr 2020 erreicht werden können⁹⁰. Die Hauptgründe dafür liegen in der Zunahme von IuK-Geräten sowie der steigenden Anzahl an strombetriebenen Wärmepumpen⁹¹. Das größte Einsparpotenzial liegt im Bereich der Beleuchtung. Durch den Austausch von Halogenlampen durch LED-Lampen könnte eine Einsparung in Höhe von 10 PJ erreicht werden. Auch die zunehmende Verdrängung von Desktop-PCs sowie die steigende Nachfrage und technologische Weiterentwicklung von energieeffizienteren Haushaltsgeräten und Fernsehern wirken sich positiv auf die Erreichung der Energiesparziele der Bundesregierung aus.92

Gewerbe, Handel, Dienstleistung

Im GHD-Sektor verfolgt die Bundesregierung das Ziel, bis ins Jahr 2020 230 PJ und bis 2050 580 PJ an thermischer Energie einzusparen. Wie im Sektor der Privathaushalte scheint eine Erreichung dieser Ziele derzeit ausgeschlossen. Schätzungen zufolge werden bis 2020 lediglich Einsparungen in Höhe von rund 105 PJ erreicht. Dies wird allerdings nur durch Einsparungen im Bereich der Brennstoffe realisiert. Die von der Bundesregierung gesetzten Einsparziele bei Prozesswärme, Warmwasser sowie Kraftstoffen werden nicht erreicht. Das größte Potenzial für Energieeinsparungen liegt in der Erzeugung von Raumwärme. Weitere Potenziale existieren im Bereich der energieeffizienten Gebäudesanierung, bei Effizienzsteigerungen im Bereich der Prozesswärme und Warmwassererzeugung sowie bei der effizienten Nutzung von Abwärme.93

Neben den Einsparzielen für thermische Energie sind die Ziele zur Energieeinsparung im Bereich der elektrischen Energie von der Bundesregierung klar definiert. Bis 2020 sollen 30 PJ und bis 2050 90 PJ elektrische Energie eingespart werden. Derzeit scheint bis 2020 lediglich eine Energieeinsparung von 6 PJ möglich. Grund dafür ist der steigende Stromverbrauch im IuK-Bereich sowie im Bereich der Raumlufttechnik. Das größte Einsparungspotenzial kann mit rund 30 PJ bis 2020 im Bereich der Beleuchtung generiert werden. Effizientere Elektromotoren, Pumpen und Drucklufterzeugung wirken sich ebenfalls positiv auf die Zielerreichung aus. Weiteres Potenzial in Höhe von 10 PJ besteht im Bereich der Wärmerückgewinnungsanlagen.94

Zusammenfassend ist ein erhebliches Energieeinsparungspotenzial im Bereich der Raumwärmeerzeugung sowohl im Haushalts- als auch im GHD-Sektor vorhanden. Im Rahmen dessen ist ein Trend zur Hybridisierung von Heizungsanlagen erkennbar. Dabei kommen verstärkt mehrere Wärmeerzeuger zum Einsatz. Aufgrund des Hybridisierungstrends und des steigenden ökologischen Denkens der Gesellschaft erlangen erneuerbare Technologien wie Wärmepumpen, Solarthermie oder Feststofffeuerung zunehmende Bedeutung. Nichtsdestotrotz zeichnet sich derzeit ab, dass die von der Bundesregierung gesetzten Energiesparziele bis 2020 bzw. 2050 derzeit nicht erreichbar sind. Um diese Ziele zu erreichen, besteht sowohl in der Politik als auch bei Gebäudeeigentümern Handlungsbedarf, um die Sanierungsrate sowie die Gebäudeeffizienz zu steigern. Um eine lang-

⁸⁸ Schlesinger et al. (2010)

⁸⁹ Dena (2012)

⁹⁰ Schlesinger et al. (2010)

⁹¹ Dena (2012)

⁹² Schlesinger et al. (2010)

⁹³ Dena (2012)

⁹⁴ Dena (2012)

fristige Reduktion des Energieverbrauchs sicherzustellen, ist die Sanierung des aktuellen Gebäudebestands von essenzieller Bedeutung, denn das größte Potenzial zur Energieeinsparung liegt primär im Bestandsgebäudebereich und nur sekundär in der Errichtung von energieeffizienten Neubauten. 95 Entsprechend den Energiezielen der Bundesregierung ist eine Verdopplung der Investitionen% sowie der Sanierungsraten von Heizanlagen auf 1,2 Mio. Stück pro Jahr notwendig%. Die potentiellen Handlungsfelder der Politik zur Steigerung der Sanierungsraten sind vielfältig. So könnten beispielsweise die Mindestanforderungen für die Gebäudesanierung verschärft, die Kommunikation von Fördermöglichkeiten und Anreizsysteme verstärkt und deren Komplexität reduziert werden.98

⁹⁵ RWE Effizienz (2012)

⁹⁶ Adolf et al. (2011)

⁹⁷ RWE Effizienz (2012)

⁹⁸ Adolf et al. (2011)

5. Energieeffizienz in der Industrie

5.1. AKTUELLE MARKTSTRUKTUR UND -TREIBER

Die deutsche Industrie zeichnet sich durch hohe Qualität und Zuverlässigkeit in der Produktion von Gütern aus und zählt zu den führenden Industrienationen weltweit. Mit über fünf Mio. Beschäftigten in etwa 22.500 verschiedenen Unternehmen erwirtschaftete der Industriesektor im Jahr 2011 ca. 22% der Gesamtbruttowertschöpfung und liegt damit über dem EU-Durchschnitt von 15,1%. 99 2012 sorgte eine Exportquote von 46,9% für einen Rekordumsatz von 1.637 Mrd. Euro. 100 Der starke Außenhandel ist in erster Linie auf die herausragende Innovationsfähigkeit der Unternehmen und deren gezielte Orientierung an bestehenden Kundenbedürfnissen zurückzuführen. Aber auch das Portfolio der "Made in Germany"-Produkte trägt zur Leistungskompetenz des verarbeitenden Gewerbes bei und erstreckt sich von hochwertigen Konsumgütern (Automobile, Haushaltsgeräte etc.) bis hin zu qualitativen Produktionsmaschinen und -anlagen. Ein weiterer Schlüsselfaktor ist die eng verzahnte Wertschöpfungskette deutscher Unternehmen mit ihren Zulieferern. Eine besondere Rolle nehmen hierbei die energieintensiven Industriebranchen, wie z.B. Keramik, Zement, Chemie, Stahl, Aluminium, Papier und Glas ein. So mussten 83% der deutschen Industrie mit unentbehrlichen Produkten der energieintensiven Unternehmen versorgt werden. 101

Die deutsche Industrielandschaft weist einen hohen Grad an Heterogenität auf. Neben den sogenannten "Big Playern", global agierenden Großkonzernen, wie z.B. in der Automobilbranche, existiert eine hohe Anzahl an KMU, die zwar weniger bekannt, aber auf ihrem Gebiet Weltmarktführer sind, wie z.B. im Maschinenbau. Gerade diese Mischung sorgt für die notwendige Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Wirtschaftsstandorts und den guten Ruf auf dem globalen Markt. Um diese starke Positionierung zu halten und auszubauen, bedarf es eines zuverlässigen Energieversorgungsnetzwerks, da bereits kleine Engpässe oder gar Ausfälle der Energieversorgung zu erheblichen wirtschaftlichen Schäden führen können. Deshalb ist die Gewährleistung der Versorgungssicherheit, aber auch angemessene Energiepreise von oberster Priorität. Letzteres erweist sich aufgrund des steigenden Konkurrenzdrucks der aufstrebenden Entwicklungsländer als eine der größten Herausforderungen des Industriesektors. Laut der Industrie- und Handelskammer (IHK) ist in Anbetracht einer Strompreiserhöhung um 103% von 2000 bis 2013¹⁰² (s. Abbildung 11) und einer Steigerung der Energiekosten von 21,1 Mrd. Euro in 2000 auf 37,8 Mrd. Euro in 2012¹⁰³ auch mit einem zukünftigen enormen Wachstum des Energiekostenanteils an den Gesamtkosten zu rechnen¹⁰⁴. Bei einem Stromverbrauchsanteil von 42% und einem Endenergieverbrauchsanteil von 29% ist die Industrie nach dem Gebäudesektor der zweitgrößte Energiekonsument¹⁰⁵.

99 BMWi (2014)

Bauernhansl et al. (2013)

¹⁰¹ Bauernhansl et al. (2013)

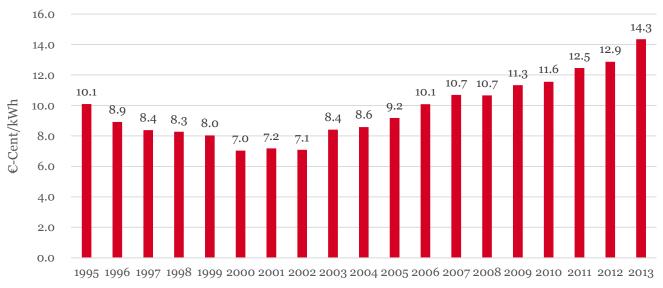
¹⁰² BMWi (2013 a)

¹⁰³ Bauernhansl et al. (2013)

¹⁰⁴ IHK (2009)

¹⁰⁵ UBA (2011 b)

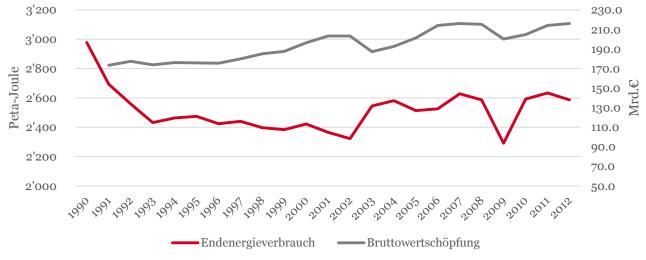
Abbildung 11: Strompreisentwicklung in der Industrie



Quelle: BMWi-Energiedaten, Tabelle 29a

Die Fraunhofer Gesellschaft und das Ministerium für Bildung und Forschung sieht die Lösung für diese Problematik in einem dringenden Einstellungswechsel der Wirtschaft von "maximaler Gewinn aus minimalem Kapital" zu "maximaler Gewinn aus minimalen Ressourcen"¹⁰⁶. Um diese Prämisse zu erfüllen, setzt die Bundesregierung auf die bereits in Kapitel 3 genannten Energieeffizienzmaßnahmen, mit deren Hilfe unter den heutigen Rahmenbedingungen bis zu 10 Mrd. Euro an Energiekosten gespart werden könnten. Eine Senkung der Kosten würde unmittelbar auch zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen führen¹⁰⁷. Aufgrund von fehlenden Informationen zur eigenen Energiesituation und möglichen Potenzialen wurden diese Maßnahmen von vielen Unternehmen bisher nur ansatzweise und gar nicht umgesetzt¹⁰⁸. Dies führte dazu, dass das absolute Endenergieverbrauchsniveau in den letzten 20 Jahren nicht gesenkt werden konnte, sondern vielmehr sogar ein leichter Anstieg auf einem überwiegend konstanten Level zu verzeichnen war (s. Abbildung 12) ¹⁰⁹.

Abbildung 12: Endenergieverbrauchentwicklung in der Industrie



Quelle: BMWi-Energiedaten, Tabelle 8

¹⁰⁹ UBA (2011 a)

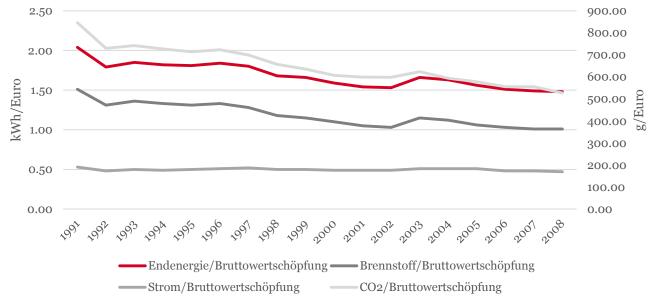
¹⁰⁶ Fraunhofer (2008)

¹⁰⁷ Bauernhansl et al. (2013)

¹⁰⁸ Hirzel et al. (2011)

Abbildung 13 zeigt, dass die Energieeffizienz trotz des nahezu gleichbleibenden Energieverbrauchs gesteigert werden konnte. Zwar hat sich die Stromintensität über den gesamten Zeitverlauf kaum verändert, jedoch konnten sowohl Endenergieintensität als auch Brennstoff- und CO₂-Intensität gesenkt werden. Die Energieproduktivität konnte in den Jahren 1995 bis 2008 laut AG Energiebilanzen e.V. um 1,7% pro Jahr erhöht werden. Dennoch reicht dieses Wachstum nicht aus, um die von der Bundesregierung geplante Verdopplung der Produktivität bis 2020 zu erreichen, da hierfür eine Steigerung von 3,7% jährlich erforderlich wäre¹¹⁰. Es lässt sich also konstatieren, dass zukünftig eine enorme Energieeffizienzsteigerung nötig ist, die nicht einfach zu realisieren sein wird.

Abbildung 13: Entwicklung der Energieintensitäten in der Industrie



Quelle: UBA (2011 a)

¹¹⁰ UBA (2011 a)

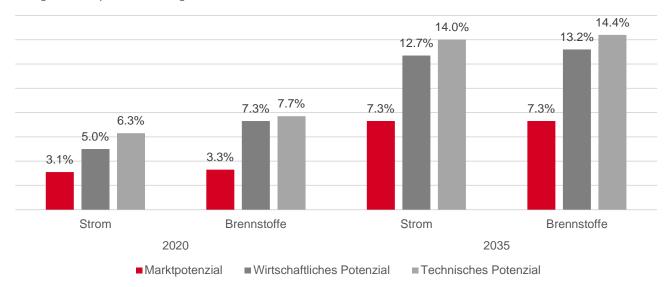
5.2. POTENZIALE

Laut Prognos werden bei der Kategorisierung der Energieeffizienzpotenziale in der Industrie folgende drei Perspektiven differenziert¹¹¹:

- Marktpotenzial = Summe aller Einsparungen
- Wirtschaftliches Potenzial = Summe aller wirtschaftlichen Einsparungen
- Technisches Potenzial = Einsparungen ohne gezielte Wirtschaftlichkeitsüberlegungen

Der Fokus dieses Kapitels liegt überwiegend auf dem technischen Einsparpotenzial, da finanzielle Ersparnisse in der heterogenen Industrielandschaft von unterschiedlichen Faktoren wie Anlagenbeschaffenheit, Amortisationszeit, Integration im Gesamtsystem etc. abhängen.

Abbildung 14: Gesamtpotenzial der energieintensiven Industrie 2020 und 2035



Quelle: Schlomann et al. (2011)

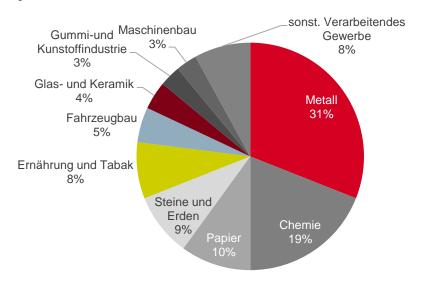
Abbildung 14 prognostiziert in Anlehnung an Schlomann das Gesamtpotenzial der energieintensiven Industrie für die Jahre 2020 und 2035. Laut Schlomann können in der energieintensiven Industrie in einer ersten Phase bis 2020 im Durchschnitt etwa 7% und in der zweiten Phase sogar doppelt so viel an technischen Einsparungen erzielt werden. Auffällig ist bei der Betrachtung des industriellen Energieverbrauchs die dominante Positionierung einiger weniger Branchen. 2011 verursachten diese bereits erwähnten energieintensiven Industrieunternehmen etwa 65% des industriellen und somit 12% des gesamtwirtschaftlichen Endenergieverbrauchs (s. Abbildung 15). 113

¹¹¹ Prognos (2009)

¹¹² Schlomann et al. (2011)

¹¹³ AGEB (2011)

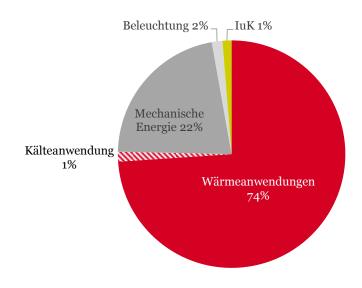
Abbildung 15: Endenergieverbrauch nach Branchen 2011



Quelle: AGEB (2011)

Zusätzlich existiert eine Unterteilung des Endenergieverbrauchs im industriellen Sektor in zwei übergeordnete Anwendungsbereiche. Auf der einen Seite wurden drei Viertel der Energie für brennstoffbasierte Wärme- und Kälteanwendungen (s. Abbildung 16) verbraucht. ¹¹⁴ In diesem Sektor sind die Einsparpotenziale überwiegend von den branchenspezifischen Technologien abhängig ¹¹⁵. Dem gegenüber stehen strombasierte Querschnittstechnologien, die nur geringfügig von branchenspezifischen Anwendungen abhängen.

Abbildung 16: Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen



Quelle: BMWi, Tabelle 7

¹¹¹⁴ AGEB (2011)

¹¹⁵ Pehnt et al. (2011)

Im Folgenden werden zunächst die wichtigsten Branchen näher betrachtet, um anschließend in Kapitel 5.2.2 relevante Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz zu beleuchten.

5.2.1. Relevante Branchen

Aus einer Studie des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung (ISI) wird ersichtlich, dass die energieintensiven Unternehmen im Vergleich zu den weniger intensiven ein geringeres relatives Einsparpotenzial aufweisen. Die größeren absoluten Einsparungen werden jedoch nach wie vor in den energieintensiven Branchen erzielt werden, da dort die Energiekosten seit jeher einen größeren Stellenwert einnehmen und somit bereits Investitionen in energieeffiziente Prozesse getätigt worden sind. ¹¹⁶

5.2.1.1. Energieintensive Branchen

Stahl - und Metallindustrie

Mit etwa 30% des gesamten Brennstoffverbrauchs ist die Metallbranche der energieintensivste Sektor der Industrie und setzt sich aus den zwei Bereichen "Metallerzeugung und -bearbeitung" und "Herstellung von Metallerzeugnissen" zusammen¹¹⁷. Aufgrund der hohen Komplexität und der Breite dieses Wirtschaftszweigs lassen sich auch die Einsparpotenziale nicht gänzlich vereinheitlichen. Zu unterscheiden sind hier u.a. Stahlindustrie, Nichteisen-Metallindustrie, Stahl- und Metallverarbeitung und Gießereiindustrie¹¹⁸, wobei letzteres die größten Einsparpotenziale aufweist. Effiziente Maschinen und Anlagen für Vorgänge des Schmelzens und Gießens sowie der Erwärmung und Warmhaltung, aber auch optimierte Verfahrensprozesse sorgen für zusätzliche Energieeffizienz¹¹⁹.

Steine-Erden-Industrie

Zu den energieintensivsten Branchen in Deutschland zählt neben der Metallindustrie auch die Steine-Erden-Industrie und wird in die drei Bereiche Zementindustrie, Kalkindustrie und Ziegelindustrie eingeteilt. Ein Fünftel des Energiebedarfs der Steine-Erden-Branche wird durch Strom und der Rest durch Brennstoff gedeckt¹²⁰. Dabei ist die Herstellung von Zement für knapp die Hälfte des Endenergieverbrauchs dieses Industriesektors verantwortlich¹²¹. Aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung der Zementsorten lassen sich die Einsparpotenziale in dieser Branche laut dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) insbesondere durch die Reduktion des Klinkeranteils im Zement, die Einsatzsteigerung von Sekundärbrennstoffen und die Optimierung von Maschinen und Anlagen erreichen.¹²² Die Kalkindustrie weist innerhalb der Steine-Erden-Industrie mit 22% den größten Energiekostenanteil am Bruttowertschöpfungswert auf (Zement 16%, Ziegel 14%)¹²³. Elektrische Einsparungen können hier durch verbesserte Mahlbereiche und thermische Einsparungen durch den substituierten Ersatz von Drehöfen durch Schachtöfen erreicht werden¹²⁴. Der Energieverbrauch im Ziegelbereich lässt sich in erster Linie über die produktionsinduzierte thermische Abwärmeenergie beeinflussen, in dem diese für Trocknungs- und Kühlungsprozesse genutzt wird¹²⁵.

Glas- und Keramikindustrie

Mit einem Produktionsvolumen von 7,3 Mio. t Glas und einem Umsatz von 9,3 Mrd. € im Jahr 2010¹²6 ist die Glasindustrie eine besonders energieintensive Branche und benötigt etwa 65 bis 75% der aufgewendeten Energie für Schmelz- und Läuterungsvorgänge¹²7. Glas wird in großtechnischen Anlagen produziert, welche aufgrund der hohen Temperaturen und Anforderungen überwiegend mit keramischen Stoffen ummantelt sind. Die Keramikindustrie basiert wiederum selbst auf Trockenund Brennprozessen mit hohem thermischen Energieaufwand¹²²8. Es lässt sich also feststellen, dass in beiden Sektoren die

¹¹⁶ Schröter (2009)

Bauernhansl et al. (2013)

¹¹⁸ BMWi (2014)I

EnergieAgentur.NRW (2009)

¹²⁰ Blesl et al. (20013)

Schlomann et al. (2011)

¹²² BMWi (2010 e)

¹²³ Blesl et al. (2013)

¹²⁴ Schlomann et al. (2011)

¹²⁵ Schlomann et al. (2011)

¹²⁶ Destatis (2009)

¹²⁷ VDMA (2009)

¹²⁸ UBA (2007)

höchsten Energieeinsparpotenziale durch bessere Öfen, Trockner und Verbrennungsanlagen und -prozesse zu erreichen sind¹²⁹.

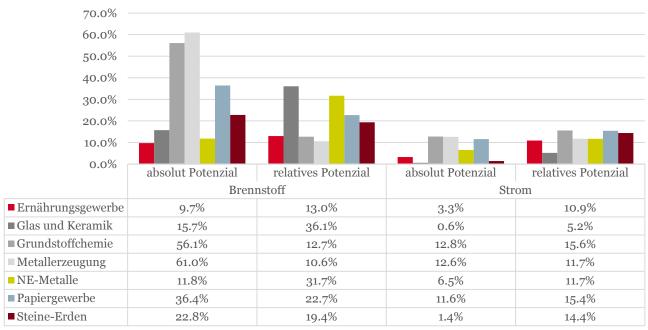
Papierindustrie

Laut BMWi belegte Deutschland 2013 mit 22,4 Mio. t europaweit den ersten und global den vierten Platz in der Papierproduktion und erwirtschaftete einen Umsatz von 14,3 Mrd. Euro¹³⁰. Mit 40.000 Mitarbeitern in etwa 164 Unternehmen ist die Papierindustrie einer der größten fünf Energiekonsumenten in Deutschland und unterteilt sich in die vier Hauptprozesse Halbstofferzeugung (Zell-, Holz- oder Altpapierstoff), Stoffaufbereitung, Papiermaschine und Veredelung. Trotz eines sehr hohen Stellenwerts des nachhaltigen Umgangs mit Ressourcen und einer Altpapiereinsatzquote von 74% beträgt der Energiekostenanteil in Bezug auf den Umsatz rund 10%¹³¹. Die Trocknung von Papierbahnen macht dabei etwa zwei Drittel des Energieverbrauchs aus und weist somit das größte Einsparpotenzial auf. Aber auch Prozessschritte, wie die Rohstoffverarbeitung, Stoffaufbereitung¹³² und insbesondere die Energierückgewinnung durch Abwärme können in Zukunft durch technische Optimierungen in Kraftwerken und Papiermaschinen zur Steigerung der Energieeffizienz beitragen¹³³.

Chemische Industrie

Die deutsche Chemieindustrie ist mit 25% des gesamteuropäischen Umsatzes für 8% der globalen Chemieproduktion verantwortlich¹³⁴. Obwohl sich der Energieverbrauch zwar größtenteils auf eine geringe Produktanzahl konzentriert, zählt dieser Sektor aufgrund der hohen produktionsspezifischen Verfahren und der großen Produktmengen dennoch zu den energieintensiven Branchen. So ist zum Beispiel die Produktion von Ethylen, Chlor und Ammoniak für etwa 37% des Endenergieverbrauches der deutschen chemischen Industrie verantwortlich¹³⁵. Einsparpotenziale offenbaren sich in der Chemieindustrie insbesondere in der Verbesserung der Extraktionsanlagen und der Elektrolysetechnologien¹³⁶.

Abbildung 17: Branchenspezifische Einsparpotenziale



Quelle: Schlomann et al. (2011)

¹²⁹ Schlomann et al. (2011)

¹³⁰ BMWi (2014)

¹³¹ Blesl et al. (2013)

¹³² Pehnt et al. (2009)

¹³³ EnergieAgentur.NRW (2010)

¹³⁴ Schlomann et al. (2011)

¹³⁵ Blesl et al. (2013)

¹³⁶ Pehnt et al. (2009)

Insgesamt lassen sich allein in den Branchen Grundstoffchemie und Metallerzeugung über 50% des Brennstoffverbrauchs absolut einsparen. Relative Einsparungen sind in den beiden Branchen jedoch unter dem Branchendurchschnitt von knapp 21% (s. Abbildung 17). 137

5.2.1.2. Nicht energieintensive Branchen

Fahrzeugbau

Mit über 756.000 Beschäftigten und einem Jahresumsatz von etwa 360 Mrd. Euro im Jahr 2013 ist die deutsche Automobilindustrie hinter Japan, China und den USA die viertgrößte kraftfahrzeugproduzierende Nation¹³8. Diese Branche weist eine vielfältige Struktur auf und ist deshalb auf ein breites Zulieferernetzwerk für Komponenten und Rohstoffe angewiesen¹³9. Folglich sind auch automobilferne Branchen, wie beispielsweise die chemische Industrie, der Maschinen- und Anlagenbau, aber auch die Textilindustrie am Fahrzeugbau beteiligt und profitieren vom starken Wachstum des Automobilsektors. Trotz des Wachstums der Automobilindustrie und den stetig steigenden Produktionsmengen erhöhte sich der Endenergieverbrauch im Zeitraum von 1995 bis 2012 um lediglich ca. 9%. Auffällig dabei ist jedoch die Verlagerung von Brennstoff- zu Stromenergie. Während der Stromverbrauch einen Anstieg von etwa 30% verzeichnete, sank der Brennstoffverbrauch um 10%. Somit bezieht der Fahrzeugbausektor über die Hälfte seines Gesamtenergiebedarfs (52%) aus Stromanwendungen, was auf eine erhöhte Automatisierung und die damit verbundene Produktionsoptimierung zurückzuführen ist. 140

Maschinen- und Anlagenbau

Bei etwa 87 % der 6.227 Unternehmen mit weniger als 250 Mitarbeitern ist das Segment des Maschinen- und Anlagenbaus stark mittelständisch geprägt. 978.000 Mitarbeiter sind in dieser Branche tätig und erwirtschafteten einen Umsatz von rund 207 Mrd. Euro im Jahr 2012. Im Gegensatz zum Fahrzeugbau, wo große Produktionsserien notwendig sind, ist der Maschinen- und Anlagenbau der wichtigste Zulieferer von komplexen und technologischen Einzel- und Kleinserienprodukten für alle Wirtschaftsbranchen Deutschlands. Ahnlich wie in der Automobilindustrie stiegen auch hier die Produktionsmengen in den letzten 20 Jahren. Jedoch konnte der Gesamtenergiebedarf in diesem Zeitraum durch effizientere Produktionsprozesse sogar leicht gesenkt werden (6%). Da der Maschinenbau an eine große Anzahl elektrischer Antriebe gebunden ist, hat auch hier eine Verlagerung zur Stromenergie (+30%) stattgefunden, so dass diese nun ebenfalls die Hälfte des Endenergieverbrauchs (50%) ausmacht. Lauf der Gesamtenergie (+30%) stattgefunden, so dass diese nun ebenfalls die Hälfte des Endenergieverbrauchs (50%) ausmacht.

Kunststoffindustrie

303.000 Beschäftigte erwirtschafteten im Jahr 2013 in den 2.849 überwiegend mittelständischen Unternehmen, von denen sich 21% in Nordrhein-Westfalen befinden, einen Umsatz von 57,6 Mrd. Euro und produzierten bzw. verarbeiteten 13,2 Mio. t Kunststoff. Diese Industrie ist für den Fahrzeug- und Maschinenbau aufgrund ihrer breiten Produktpalette besonders interessant¹⁴³. Als Zulieferer von Platten, Folien und Schläuchen, Verpackungsmitteln und Baubedarfsartikeln, aber auch technischen Teilen und Fertigerzeugnissen ist dieser hochinnovative Sektor eine treibende Kraft des industriellen Wirtschaftszweigs. Bei der Betrachtung der letzten Jahre ist jedoch kaum eine Veränderung des Energieverbrauchs zu erkennen. Strom ist in dieser Branche mit über 60% der wichtigste Energieträger, da die Stromenergie hier sowohl für mechanische Prozessvorgänge, wie z.B. Mischen oder Mahlen, aber auch für thermische Herstellungs- und Trocknungsprozesse in großem Maße aufgewendet wird¹⁴⁴. Das größte Einsparpotenzial ist demnach in den strombasierten Technologien zu finden.

¹³⁷ Schlomann et al. (2011)

¹³⁸ BMWi (2014)

¹³⁹ Prognos (2009)

¹⁴⁰ AGEB (2013)

¹⁴¹ BMWi (2014)

¹⁴² AGEB (2013)

¹⁴³ EnergieAgentur NRW (2010)

¹⁴⁴ AGEB (2013)

5.2.2. Relevante Technologien

Aufbauend auf dem Grundverständnis der wichtigsten Branchen in Kapitel 5.2.1 werden nun konkrete Einsparpotenziale mit Hilfe von Querschnittstechnologien aufgezeigt. Diese sind für etwa 75% des industriellen und rund 40% des gesamtwirtschaftlichen Stromverbrauchs in Deutschland verantwortlich¹⁴⁵. Tabelle 6 zeigt Einsparungen der Querschnittstechnologien in Bezug auf zwei verschiedene Referenzenszenarien. Das erste Szenario beschreibt dabei die Situation gegenüber dem tatsächlich vorhandenen Marktpotenzial unter optimalen Rahmenbedingungen. Demgegenüber existiert das sogenannte "Frozen Efficiency"-Szenario, welches die potenzielle Entwicklung gegenüber dem aktuellen Stand ohne zukünftige Veränderung aufzeigt. ¹⁴⁶

Tabelle 6: Energieeffizienzpotenziale der Querschnittstechnologien

Einsparpotenzial in PJ	2020	2030	2020	2030
Querschnittstechnologie	•	enüber otenzial	Gegenüber aktuellem Stand	
Elektromotoren	6,5	12,5	8,1	15,8
Druckluft	16,2	18,9	23,0	27,1
Pumpensysteme	18,9	23,3	26,9	33,6
Lüftungssysteme	15,9	19,9	22,6	28,6
Kältebereitstellung	3,6	4,4	5,2	6,4
Übrige Motorensysteme	27,2	39,8	38,6	56,5
Beleuchtung	9,0	10,7	12,4	15,1
Summe	97,3	129,5	136,8	183,1
Gesamtpotenzial	109,0	151,5	160,0	226,8

Quelle: Pehnt et al. (2011)

5.2.2.1. Strombasierte Querschnittstechnologien

Elektrische Motoren und Antriebe

Nahezu alle industriellen Produktionsprozesse basieren auf elektrischen Motoren und Antrieben. Diese elektrischen Anlagenelemente verursachen laut der Deutschen Energie-Agentur (Dena) 70% des industriellen Stromverbrauchs¹⁴⁷ und sind somit
besonders prädestiniert für eine Steigerung der Energieeffizienz. Dabei gibt es diverse Ansatzpunkte. Das größte Optimierungspotenzial mit 60% offenbart sich in den mechanischen Systemen selbst (s. Abbildung 18)¹⁴⁸. Hier soll vor allem darauf
geachtet werden, die Anlagen und Motoren nicht zu überdimensionieren und deren Betriebszeiten anzupassen. Des Weiteren
sollten hocheffiziente Motoren und Getriebe eingesetzt werden. Veraltete Motoren sollten mit Hilfe von Substitutionen gegen
moderne Motoren mit einem verbesserten Wirkungsgrad, also mindestens Effizienzklasse IE2, wenn nicht sogar IE3, ausgetauscht werden, da die möglichen Einsparungen die Investitionskosten nach kurzer Zeit ausgleichen werden. Auch die Verwendung von Frequenzumrichtern und Drehzahlreglern, insbesondere bei dynamischen Anwendungen, können nicht nur zu
Energieeinsparungen verhelfen, sondern minimieren dabei zusätzlich den mechanischen Verschleiß und den Geräuschpegel. ¹⁴⁹

Abbildung 18: Einsparpotenziale elektrischer Antriebe



¹⁴⁵ Pehnt et al. (2009)

¹⁴⁶ Pehnt et al. (2009)

¹⁴⁷ Dena (2010 a)

¹⁴⁸ Pehnt et al (2009)

¹⁴⁹ Blesl et al. (2013)

Ventilatoren und Pumpensysteme

Ventilatoren sind für die Industrie aufgrund ihrer Einsatzfähigkeit für die Gebäudeklimatisierung und die Kühlung verschiedener Bauteile von besonderer Bedeutung. Deren Stromverbrauch wird vom Bayerischen Landesamt für Umwelt auf etwa 14% des Gesamtverbrauchs geschätzt¹⁵⁰. Mögliche energetische Optimierungen sind dabei seit langem bekannt und wurden bereits Anfang der 90er Jahre vom Schweizer Bundesamt für Konjunkturfragen einer umfangreichen Untersuchung unterzogen¹⁵¹. Die Einhaltung der europäischen Ökodesign-Richtlinie (EuP-Verordnung 2011/327/EU), welche bereits in Kapitel 3 erwähnt wurde, ist beim Einsatz von Ventilatoren gesondert zu beachten. In Anlehnung an die Dena können für die Realisierung von Einsparpotenzialen folgende Handlungsfelder definiert werden¹⁵². Im ersten Schritt sollten, ähnlich wie bei elektrischen Motoren und Antrieben, die Wirkungsgrade der Ventilatoren geprüft und ggf. durch effizientere Geräte ersetzt werden. Dabei sollte mit Hilfe von Energiemanagementsystemen, die in Kapitel 5.2.2.3 näher beschrieben werden, auf höhere Drehzahlen, größere Toleranzwerte bei Temperatur und Luftfeuchte und auf energieeffiziente Steuerung geachtet werden. Außerdem sollten die Anlagen jährlich gewartet werden, um verschleißanfällige Bauteile rechtzeitig austauschen zu können.

Auch Pumpen sind in der Industrie unentbehrlich und werden in erster Linie für das Fördern von Flüssigkeiten, wie z.B. von chemischen Mittel, Kühlflüssigkeiten, Abwasser oder Öl verwendet¹⁵³. Ein Viertel des weltweiten Stromverbrauchs (in Deutschland ca. 30%) werden durch Pumpensysteme verursacht¹⁵⁴. Diese lassen sich überwiegend in Kreisel- und Verdrängerpumpen unterteilen und unterliegen ebenfalls der Ökodesign-Richtlinie. Erstere, welche etwa 73% aller Pumpensysteme ausmachen, sind in den meisten Fällen überdimensioniert und weisen somit ein hohes Einsparpotenzial auf¹⁵⁵. Folglich sollte diese Ursache zuerst ausgemerzt werden, um anschließend das Gesamtsystem, also Motoren, Antriebe, Leitungen und Regelungsanlagen zu optimieren. So werden beispielsweise durch Drehzahlregler Energieeinsparungen von ca. 70% erreicht. Energiemanagementsysteme sorgen für eine effizientere Regelung und bringen eine weitere Ersparnis von ca. 20% ein. ¹⁵⁶ Trotz der bereits bekannten Einsparpotenziale in diesem Bereich ist die Technologie der Hocheffizienzpumpen weit entfernt von der vollen Ausschöpfung ihres ganzen Potenzials. Laut Schröter sind bis 2009 lediglich 10% des Nutzungspotenzials erschlossen worden ¹⁵⁷.

Abbildung 19: Unerschlossenes Einsparpotenzial



Quelle: Schröter (2009)

Druckluftsysteme

Im Bereich der Druckluftsysteme werden grundsätzlich die drei Anwendungsbereiche Arbeitsluft, Aktivluft und Prozessluft unterschieden. Arbeitsluft wird vor allem für drehende und schlagende Werkzeuge verwendet, da dabei im Gegensatz zum elektrischen Antrieb keine Funken entstehen und somit explosionsgefährdete Güter bearbeitet werden können. Aktivluft wird für Reinigungs-, Transport-, Lager- und Produktionsvorgänge benötigt und Prozessluft wird ausschließlich in verfahrenstechnischen Prozessen als chemischer Reaktionspartner gebraucht. ¹⁵⁸ Da die Drucklufterzeugung sehr energieintensiv ist und bis zu 20 bis 80% der Gesamtbetriebskosten ausmachen kann, ist auch diese Querschnittstechnologie ein wichtiger Potenzialträ-

¹⁵⁰ LfU (2009)

¹⁵¹ Fischli et al. (1993)

¹⁵² Dena (2010 b)

¹⁵³ Blesl et al. (2013)

¹⁵⁴ Bauernhansl et al. (2013)

¹⁵⁵ BMWi (2010 a)

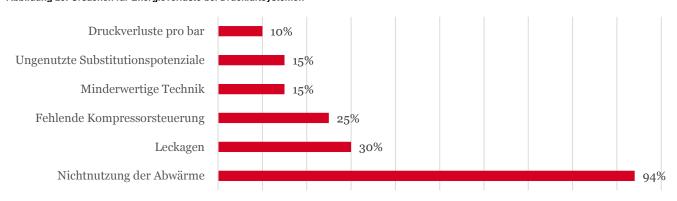
¹⁵⁶ Blesl et al. (2013)

¹⁵⁷ Schröter (2009)

¹⁵⁸ Bauernhansl et al. (2013)

ger in der Industrie¹⁵⁹. Dabei können die Gesamtenergiekosten laut Dena um bis zu 50% reduziert werden¹⁶⁰. Notwendig dafür ist primär die Nutzung der Abwärme für Wasser- oder Raumtemperierung mit Hilfe einer verbesserten Leitungsgeometrie, aber auch die Reduktion der Leckagen, eine optimierte Kompressorsteuerung, der Einsatz hocheffizienter Kompressoren und Drehzahlregler und die regelmäßige Wartung der Anlagen¹⁶¹.

Abbildung 20: Ursachen für Energieverluste bei Druckluftsystemen

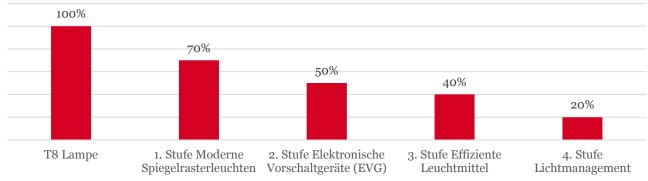


Quelle: EnergieAgentur.NRW (2010)

Beleuchtung

Der Stromverbrauch der Beleuchtung in Betrieben und die damit einhergehenden Einsparmöglichkeiten werden grundsätzlich unterschätzt. Beleuchtung verursacht nur etwa 5% des deutschen und rund 20% des weltweiten Stromverbrauchs, jedoch trägt diese Querschnittstechnologie je nach Branche bis zu einem Fünftel zu den industriellen Stromkosten bei und weist laut der Energieagentur Nordrhein-Westfalen ein Kosten- und Energieeinsparpotenzial von 60% auf¹⁶². So können sich Effizienzmaßnahmen trotz der geringen Gesamtbedeutung aufgrund ihrer kurzen Amortisationszeit auszahlen. Vor allem in Betriebsbereichen mit erhöhten Sichtanforderungen, wie beispielsweise der Qualitätskontrolle, oder in gekühlten Räumen können Investitionen in effiziente Leuchtmittel und Beleuchtungs- und Steuerungssysteme zur Steigerung der Energieeffizienz beitragen.

Abbildung 21: Energieverbrauch der Beleuchtung



Quelle: EnergieAgentur.NRW (2010)

Hierbei konnten vier relevante Handlungsfelder identifiziert werden. Zunächst sollten Spiegelreflektoren sowie Tageslichtlenkungen zur besseren Lichtverteilung verwendet werden, um den Energiebedarf um 30% zu senken. Elektronische Vorschaltgeräte sparen weitere 20% der Energie ein und können in Verbindung mit alternativen Leuchtmitteln, wie z.B. T5 Lampen, den Strombedarf noch stärker reduzieren. Im letzten Schritt ist eine Optimierung des Lichtmanagements von Nöten, beispielsweise durch Tageslicht- oder Präsenzsensoren. So kann mit Hilfe dieser Maßnahmen die Anzahl der betrieblichen Leuchtmittel etwa halbiert werden 164.

¹⁵⁹ BMWi (2010 a)

¹⁶⁰ Dena (2010 b)

¹⁶¹ Dena (2010 c)

¹⁶² EnergieAgentur.NRW (2010)

¹⁶³ EnergieAgentur.NRW (2010

¹⁶⁴ EnergieAgentur.NRW (2010)

5.2.2.2. Querschnittstechnologien zur Wärme- und Kälteerzeugung

Abwärmerückgewinnung und -nutzung

Laut Besl et al. kann die in der Industrie entstehende Abwärmeenergie mit unterschiedlichen Verfahren sowohl in elektrischer als auch thermischer Form wiederverwendet werden. Für beide Prozesse existieren in der Praxis unterschiedliche Techniken. Das Einsparpotenzial dieser Querschnittstechnologien kann jedoch nicht allgemein beziffert werden, da dieses durch unterschiedliche Faktoren wie vorhandene Abwärmequellen, Temperaturniveau, Medium, Zeitprofil und Verschmutzungsgrad des Mediums beeinflusst wird. Eine beispielhafte Betrachtung von Wärmepumpen mit einem Temperaturniveau von 140° C zeigt auf, dass diese bis zu 560 PJ zusätzliche Nutzwärme jährlich bereitstellen könnten, was wiederum etwa 16% des Gesamtenergiebedarfs und 33% des Nutzwärmebedarfs der deutschen Industrie in 2010 entspricht¹⁶⁵. Obwohl diese Art der Energienutzung schon seit Jahrzehnten bekannt ist, wird bis heute nur ein kleiner Anteil des vorhandenen Potenzials tatsächlich genutzt. Um dem entgegenzuwirken, können Unternehmen nun im Rahmen des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG) auf staatliche Fördermittel zurückgreifen, da Abwärme zu den erneuerbaren Energien zählt. Die elektrische Energie kann entweder im Unternehmen selbst verbleiben und beispielsweise für den Maschinenantrieb genutzt werden oder ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Dabei werden vor allem Organic Rankine Cycle (ORC)-Anlagen, Dampfturbinen sowie motoren eingesetzt. Während Erstere einen elektrischen Wirkungsgrad, definiert als das Verhältnis von gewonnener mechanischer Leistung und zugeführtem Wärmestrom, von gerade mal 15% aufweisen, können Dampfturbinen bei ähnlicher Leistung einen höheren Wirkungsgrad von 20 bis 35% erreichen 166. Beide Technologien sind jedoch nur bei einer hohen Auslastung der Anlagen sinnvoll und wirtschaftlich. Dampfmotoren sind aufgrund eines Wirkungsgrades von 10% nicht effektiv und konnten sich deshalb bisher nicht durchsetzen. Noch ist die entsprechende Technik in der Entwicklung und ist häufig nicht wirtschaftlich genug. Jedoch gewinnt der Einsatz der Abwärmeverstromung besonders in großen Industrieunternehmen mit hohen Anlagenleistungen und -auslastungen, wie z.B. in der Metall- und Stahlverarbeitung, in der Zementindustrie, der Papierbranche und der Chemieindustrie, zunehmend an Bedeutung. Trotz der hohen Investitionen sprechen die unterschiedlichen Anwendungsfelder der so erzeugten elektrischen Energie für die Abwärmerückgewinnung, 167 Die thermische Energie kann für Wärme- und Kälteanwendungen verwendet werden. Für diese Nutzungsart existieren die Alternativen Wärmenetze, Wärmespeicher, Wärmepumpen und Kältemaschinen, die sich durch die jeweiligen Einsatzmöglichkeiten bei verschiedenen Abwärmetemperaturen voneinander unterscheiden. Im Vergleich zur elektrischen Wiederverwendung ist diese Form der Abwärmenutzung kostengünstiger und mit weniger betrieblichem Aufwand verbunden, was auch auf die verminderten Anforderungen hinsichtlich der notwendigen Leistung für eine derartige Nutzung der Abwärme zurückzuführen ist. Problematisch an der thermischen Weiterverwendung der Energie ist jedoch, dass die Nutzung der Wärme häufig nicht mit dem Zeitpunkt des Wärmeanfalls übereinstimmt und somit die Anlagen über das gesamte Jahr starken Schwankungen unterliegen. Des Weiteren rentieren sich solche Systeme laut Besl et al. nur bei langfristig angelegten Prozessen wie beispielsweise in der Metallindustrie, da diese einer starken Individualisierung und einer hohen Amortisationszeit von etwa 8 bis 10 Jahren unterliegen 168,

Trocknung

Dieser Prozess ist in nahezu allen Industriebranchen von hoher Relevanz und sorgt bei der Produktion und Aufbereitung von Produkten für die gewünschten Eigenschaften der Werkstoffe. Schätzungen zufolge verursachen Trocknungsvorgänge bis zu 12% des industriellen Energieverbrauchs, sind zeitintensiv und finden Anwendung in Industrien zur Verarbeitung von Holz, Kohle, Ziegel, Papier, Lacken und Farben, Keramik, Lebensmitteln und Textilien¹69. Eine besondere Bedeutung haben die Branchen Textil und Chemie, in denen über 50% der Trocknungstechnik umgesetzt werden (s. Abbildung 22). Die dabei verwendeten Verfahren lassen sich grundsätzlich in thermische, sorptive und mechanische Prozesse unterteilen. Während thermische Prozesse meist auf Wärme- und Kälteverfahren basieren, sind mechanische Abtrennprozesse um das 100-fache energieeffizienter¹70 und geschehen in der Regel durch Druck, Filtern oder Zentrifugen. Um das Energieeinsparpotenzial von 14% bei Trocknungsprozessen voll auszuschöpfen, sollte zunächst immer eine mechanische Vorentfeuchtung durchgeführt werden, wenn der Feststoff dies zulässt. Eine weitere Möglichkeit zur Energieeffizienzsteigerung ist die Verbesserung der thermischen Trocknungssysteme hinsichtlich Beheizung und Dämmung. Die Einführung eines Energiemanagementsystems und eine optimierte Prozesssteuerung können hier zusätzliche Potenziale aufzeigen und ermöglichen so möglicherweise den Einsatz innovativer Technologien wie die Trocknung mit überhitztem Dampf, Strahlungstrocknung oder Vakuumverdampfung. ¹⁷¹

¹⁶⁵ Blesl et al. (2013)

¹⁶⁶ Blesl et al. (2013)

¹⁶⁷ Blesl et al. (2013)

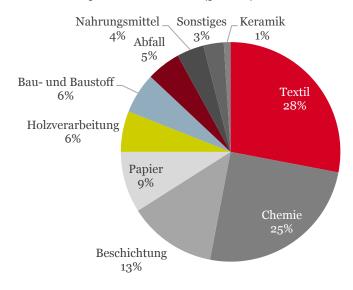
¹⁶⁸ Pehnt et al. (2010)

¹⁶⁹ Prognos (2007)

¹⁷⁰ LfU (2009)

¹⁷¹ Blesl et al. (2013)

Abbildung 22: Umsatz im Bereich Trocknungstechnik nach Branchen (geschätzt)



Quelle: Blesl et al. (2013)

Lackierung

Im Jahr 2009 wurde die Anzahl der lackverarbeitenden Unternehmen auf rund 100.000 geschätzt¹⁷², was auf eine substantielle Relevanz der Lackierprozesse für viele Anwendungsfelder und Produkte deutet. Diese Prozesse lassen sich grob in Vorbehandlung, Lackauftrag, Trocknung und Nachbereitung unterteilen. Die dabei anfallenden Energiekosten sind für bis zu 15% der Lackierkosten verantwortlich. Wie Abbildung 23 zeigt, entfällt ein besonders großer Anteil der Energiekosten auf die Nachbereitung und Reinigung der Lackiervorrichtungen. Beim Lackiervorgang selbst wird zwischen Pulverlackierung und Nasslackierung unterschieden. Beide Verfahren benötigen sowohl brennstoffbasierte, thermische Energie für Brenn- und Trocknungsvorgänge als auch Strom für das Betreiben von Motoren, Pumpen und Anlagen¹⁷³. Der hohe Energiebedarf kann jedoch mit Hilfe von neuen Technologien und Maßnahmen zur Effizienzsteigerung um rund 25% gesenkt werden¹⁷⁴. Zunächst sollte geprüft werden, ob die bestehenden Techniken und Anlagen durch bessere Verfahren wie Laserreinigung oder Bandlackierung ersetzt werden sollten. Dies hängt in erster Linie von den individuellen Betriebsanforderungen ab und kann mit Hilfe des eigens dafür entwickelten Prognosemodells des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA Einheitsblatt 24378) analysiert werden. Anschließend sollten die Prozessschritte Vorbehandlung, Auftrag und Trocknung hinsichtlich Dämmung, Temperaturniveau, Technologieeinsatz, Steuerung und Energierückkopplung optimiert werden. Hier kann jedoch keine allgemeine Handlungsempfehlung abgegeben werden, da die Anwendungsfelder in den jeweiligen Industrien zu heterogen und spezifisch sind.

Abbildung 23: Energieverbrauchsanteile einer Pulverlackieranlage



Quelle: Blesl et al. (2013)

¹⁷² Energieeffiziente Produktion (2009)

¹⁷³ LfU (2006)

¹⁷⁴ Energieeffiziente Produktion (2009)

Kraft-Wärme-Kopplung

Unter dem Begriff Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) versteht man "die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme"¹⁷⁵. Dieses Prinzip der Umwandlung von thermischer in elektrische Energie kann mit Hilfe von Generatoren und Motoren für jegliche Art von Energieträgern verwendet werden¹⁷⁶. In der Regel werden dafür Brennstoffzellen, Gas- und Dampfturbinen (GuD), Verbrennungs-, Dampf- und Stirlingmotoren sowie ORC-Anlagen verwendet¹⁷⁷. Zu beachten ist jedoch, dass Wärme und Strom zum gleichen Zeitpunkt anfallen. Sollten beide Formen daher nicht auch zeitgleich weiterverwendet werden können, so zieht dies einen Abfall des Wirkungsgrades der Anlage nach sich¹⁷⁸. Letztere existieren in unterschiedlichen Größenklassen und können in diversen Anwendungsfeldern wie Prozesswärme- oder Raumwärmebereitstellung verwendet werden. Insbesondere die Industriebranchen Papier, Chemie, Lebensmittel, Metall und Fahrzeugbau können von der Kraft-Wärme-Kopplung profitieren, da so etwa 20% des industriellen Stromverbrauchs selbst erzeugt werden können¹⁷⁹. Wesentliche Grundvoraussetzung für eine ideale Nutzung der Primärenergie bei der gemeinsamen Erzeugung von Strom und Wärme ist eine optimale Dimensionierung der Anlagen¹⁸⁰. So können nicht nur der Nutzungsgrad der KWK-Anlagen auf bis zu 90% erhöht, sondern auch Energieeinsparungen von rund 40% realisiert werden¹⁸¹.

Thermoprozessanlagen

Industrielle Thermoprozessanlagen und Industrieöfen zählen zu den sogenannten Wärmeüberträgern und werden zur Werkstofftemperierung sowie Änderung der Stoffeigenschaften verwendet. In den Anwendungsbereichen Brennen, Schmelzen, Erwärmen, Gießen, Sintern oder Kalzinieren verursachen Industrieöfen 30 bis 40% des industriellen Energieverbrauches¹⁸². Um die notwendigen Leistungsanforderungen an diese Anlagen zu ermitteln, müssen zunächst die zu bearbeitenden Werkstoffe in Hinblick auf Stoffart, -menge, Temperaturniveau, Druck, Korrosions- und Schmutzanfälligkeit analysiert werden¹⁸³. Aufgrund der damit einhergehenden, sehr spezifischen Bauart werden Thermoprozessanlagen oftmals für einen langfristigen Zeitraum von bis zu 30 Jahren angefertigt. Häufig werden neue Anlagen auf eine direkte Abwärmenutzung ausgelegt¹⁸⁴. Darüber hinaus bestehen diverse Energieeffizienzpotenziale in den einzelnen Anlagenkomponenten. Laut Irretier können etwa 20% der Energie durch bessere Dämmung der Ofenwände gespart werden. Eine korrekte Steuerung der Gaszusammensetzung könnte Abgasverluste reduzieren und somit den Energiebedarf um 75% senken¹⁸⁵. Weiterer Optimierungsbedarf könnte außerdem je nach Typ und Verfahren in den Bereichen Beheizungs-, Brennertechnik, Luft-, Brennstoffvorwärmung und Energieregelung bestehen.

Kühlung

Neue industrielle Kälteprozesse, steigende Gebäudeklimatisierung und höherer Tiefkühlkostbedarf führten in den letzten Jahren zu einem starken Anstieg des Kühlungsbedarfs auf allen Ebenen. In der Industrie sind Kälteanlagen heute besonders aufgrund ihrer Betriebskosten (bis zu 80% der Lebenszykluskosten¹86) ein erheblicher Energiefaktor. Die individuelle Prozessstruktur der unterschiedlichen Branchen verhindert verallgemeinernde Aussagen über Einsparpotenziale. Jedoch kann festgestellt werden, dass der Kälteenergiebedarf in erster Linie von der benötigten Temperatur und dem Typ des Kältemittels sowie der Anlage abhängt¹87. Die wichtigsten thermodynamischen Kreislaufprozesse, die für Wärmeentzug und -zufuhr zwischen zwei Stoffen verantwortlich sind, lassen sich hierbei in zwei übergeordnete physikalische Vorgänge unterteilen¹88. Kompressionskälteprozesse basieren auf mechanischer Energie und kühlen mit Hilfe von Wasser in verschiedenen Aggregatszuständen. Sorptionskälteprozesse hingegen basieren auf Wärme-Energie und sorgen mit Hilfe von Ab- bzw. Adsorptionsvorgängen für die korrekte Temperierung.¹89 Um die spezifischen Anforderungen der jeweiligen Branche zu erfüllen und die Energieeffizienz zu steigern, sollte primär auf eine verbesserte Dämmung und Abwärmenutzung, eine drehzahlgesteuerte Regelung und den Einsatz von effizienten Kompressoren der Klasse 3 geachtet werden. Weitere Einsparpotenziale offenbaren sich des Weiteren in der regelmäßigen Wartung der Verteilungsanlagen sowie in der Anschaffung von Kältespeichern.¹90

¹⁷⁵ IER Esys 2 (2006)

¹⁷⁶ Schmitz (1995)

EnergieAgentur.NRW (2010)

¹⁷⁸ IER KWK (2009)

¹⁷⁹ Blesl et al. (2013)

¹⁸⁰ IER KWK (2009)

¹⁸¹ EnergieAgentur.NRW (2010)

¹⁸² VDMA Thermoprozesstechnik 2011

¹⁸³ Blesl et al. (2013)

¹⁸⁴ Schmid et al. (2003)

¹⁸⁵ Irretier (2010)

¹⁸⁶ Blesl et al. (2013)

¹⁸⁷ Blesl et al. (2013)

¹⁸⁸ EnergieAgentur.NRW (2010)

¹⁸⁹ EnergieAgentur.NRW (2010)

¹⁹⁰ Blesl et al. (2013)

5.2.2.3. Energiemanagementsysteme

Um die bereits geschilderten Energieeinsparungen der unterschiedlichen Branchen und Technologien zu realisieren, bedarf es primär einer detaillierten Analyse der unternehmenseigenen Situation. Jedoch wurden Potenziale in der Vergangenheit aufgrund von verschiedenen Hindernissen, die in Kapitel 5.3 näher betrachtet werden, nicht genutzt. Abhilfe kann bei dieser Problemstellung ein sogenanntes Energiemanagementsystem (EnMS) leisten. Dieses wird vom Bundesministerium für Umwelt wie folgt definiert:

"Ein Energiemanagementsystem dient der systematischen Erfassung der Energieströme und als Basis zur Entscheidung für Investitionen zur Verbesserung der Energieeffizienz. Ein funktionierendes Energiemanagementsystem versetzt ein Unternehmen in die Lage, die in der Energiepolitik eingegangenen Verpflichtungen einzuhalten und seine energetische Leistung durch einen systematischen Ansatz kontinuierlich zu verbessern."¹⁹¹

Zur Erleichterung eines systematischen Vorgehens bei der Einführung eines solchen EnMS wurde im Jahr 2011 die international anerkannte Norm ISO 50001 verabschiedet. Ziel dieser Vorschrift ist es, Firmen bei der Implementierung von effizienzsteigernden Prozessen und Systemen zu helfen¹⁹². Dabei sollen nicht nur technische, sondern auch organisatorische Hindernisse aufgezeigt und beseitigt werden¹⁹³. Mit Hilfe "expliziter Anforderungen an die Organisation zur Einführung, Umsetzung, Aufrechterhaltung und Verbesserung des Systems"¹⁹⁴ kann das EnMS sowohl als eigenständiges als auch als integriertes Managementelement fungieren¹⁹⁵. Abbildung 24 zeigt eine mögliche Integration eines EnMS in einem Unternehmen dar.

Geschäftsführung

Verwaltung

Einkauf

F&E

Produktion

Vertrieb

UMS

QMS

SMS

EnMS

Qualitätsmanagement

Umweltmanagement

Integration von Zielangaben (z.B. Politik)

Abstimmung der Personalstruktur (z.B. Zuständigkeit)

Integration der operativen Elemente
(z.B. Prozess- und Arbeitsanweisungen)

Abbildung 24: Integration eines Energiemanagementsystems

Quelle: UBA (2012)

Mit Hilfe eines EnMS können auf allen Betriebsebenen neue Strukturen geschaffen, Schnittstellen verknüpft und neue Konzepte implementiert werden, ohne dass strategische Unternehmensziele vernachlässigt werden 196. Dadurch kann die notwendige Unterstützung der Geschäftsführung für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen gesichert werden 197. Folglich realisiert das Unternehmen nicht nur kurzfristige Kostensenkungen, sondern auch eine langfristige und nachhaltige Verbesserung des unternehmenseigenen Energiebedarfs 198. Allerdings ist der Einsatz von EnMS noch nicht flächendeckend etabliert. Etwa die Hälfte aller Firmen mit über 250 Angestellten hat bereits ein solches System installiert. Bei den mittelständischen Unternehmen mit 50 bis 250 Mitarbeitern sind es aktuell 25 % und bei den kleinen Unternehmen mit unter 50 Arbeitnehmern sogar nur 14%.

¹⁹¹ BMU (2012)

¹⁹² DIN EN ISO 50001

¹⁹³ Hirzel et al. (2011)

¹⁹⁴ Bauernhansl et al. (2013)

¹⁹⁵ Fraunhofer IPA (2009)

¹⁹⁶ Bauernhansl et al. (2013)

¹⁹⁷ Hirzel et al. (2011)

¹⁹⁸ BMU (2012)

5.3. HEMMNISSE

Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz werden jedoch oftmals aufgrund von unterschiedlichen Hemmnissen nicht oder nur ansatzweise durchgeführt. Wie bereits in Kapitel 4.3 erklärt, sind Hemmnisse "Faktoren, welche die Implementierung von kosten- und energieeffizienten Technologien behindern oder ihre Diffusion verlangsamen"¹⁹⁹. Dabei lassen sich diese Faktoren grundsätzlich in die vier Hauptkategorien "marktbasierte, informatorische, finanzielle und verhaltensbasierte Hemmnisse" unterteilen²⁰⁰. Abbildung 25 zeigt, welche Gründe Unternehmen oftmals als Hindernisse für die Energieeffizienzsteigerung wahrnehmen.

Abbildung 25: Hemmnisse in der Industrie

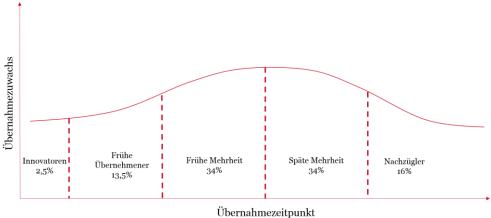


Quelle: BMWi (2006)

Marktbasierte Hemmnisse

Marktbezogene Faktoren erschweren oftmals die Realisierung von Maßnahmen zur Effizienzsteigerung erheblich. Insbesondere die Anschaffungskosten innovativer Technik unterliegt nach Rogers' Diffusionstheorie erheblichen Preisschwankungen²⁰¹. Abbildung 26 zeigt die modellhafte Verbreitung von Technologien. Während "Innovatoren" eine neue Technologie mit hohem Risiko erwerben, kann die "Späte Mehrheit" auf den Erfahrungen anderer aufbauen und so mit vergleichsweise niedrigen Kosten und Risiken denselben Effizienzgewinn verzeichnen²⁰². Diese Risikoaversion beruht zum Teil auf der aktuellen Energiepreisunsicherheit. Ein geringer Anteil der Energiekosten an den Gesamtkosten oder niedrige Abschreibungsraten der Altgeräte können Unternehmen ebenfalls dazu veranlassen, Effizienzmaßnahmen zu vernachlässigen²⁰³.

Abbildung 26: Diffusionstheorie nach Rogers



Quelle: Rogers (2003)

¹⁹⁹ Fleiter et al. (2011)

²⁰⁰ Mayer (2009)

²⁰¹ Rogers (2003)

²⁰² IREES (2011)

²⁰³ Blesl et al. (2013)

Informatorische Hemmnisse

Als einer der Hauptgründe für zurückhaltende Investitionen in energieeffiziente Maßnahmen kann auch die mangelnde Transparenz und Information über die unternehmenseigene Situation genannt werden²⁰⁴. Informationen über potenzielle Einsparungen seien laut einer Befragung der KfW aus dem Jahr 2005 in etwa 25% der Unternehmen nicht vorhanden²⁰⁵. Dies ist zum einen auf die rasche Entwicklung und die damit einhergehende Produktvielfalt im Bereich der Energieeffizienz, zum anderen auf die Zusammensetzung der Potenziale aus zahlreichen Einzelmaßnahmen zurückzuführen. Darüber hinaus müssen auch rechtliche und bürokratische Aspekte bei der Umsetzung berücksichtig werden. Folglich wird die Informationsbeschaffung mit einem hohen personellen und arbeitstechnischen Mehraufwand verbunden und somit als entbehrlich angesehen.²⁰⁶

Finanzielle Hemmnisse

Monetäre Hindernisse, die das Realisieren von Einsparpotenzialen erschweren, basieren häufig auf den heterogenen Organisationsstrukturen und unternehmensspezifischen Aspekten. Große Unternehmen, insbesondere in der energieintensiven Industrie, beschäftigen sich mit dem Thema der Energieeffizienz seit mehreren Jahren und haben zum heutigen Zeitpunkt bereits zahlreiche Investitionen getätigt²⁰⁷. Folglich setzen diese zukünftig auf geringere Ausgaben in diesem Bereich und konzentrieren sich überwiegend auf kurzfristige Amortisationszeiten und kurzfristig sichtbaren Erfolg bei der Umsetzung einzelner Effizienzmaßnahmen. Hinzu kommt die hohe Komplexität der Unternehmensstruktur, welche viele intraorganisatorische Hürden mit sich bringt. ²⁰⁸ KMU hingegen haben häufig weder die personellen noch die finanziellen Mittel für detaillierte Energiebedarfsanalysen und hohe Investitionen in Effizienzmaßnahmen²⁰⁹. Ihre Strategie ist auf einen langfristigen Zeithorizont ausgelegt, weshalb hier auch längere Amortisationszeiten möglich sind²¹⁰.

Verhaltensbasierte Hemmnisse

Unternehmensübergreifend konnte festgestellt werden, dass Rivalität zwischen den einzelnen Abteilungen eines Unternehmens hinsichtlich der Priorisierung von Investitionsgeldern zur Vernachlässigung von Energieeffizienzmaßnahmen führen können²¹¹. Des Weiteren sind Unternehmen der Ansicht, dass Veränderungen den laufenden Betrieb stören und ungewollte Schwächen offenbaren könnten²¹². So werden gemäß dem Motto "ein funktionierendes System sollte nicht geändert werden" negative Konsequenzen und Verluste in Qualität, Stabilität und Ertragsfähigkeit der Produktion befürchtet.

²⁰⁴ EEP (2013)

²⁰⁵ KfW (2005)

²⁰⁶ Blesl et al. (2013)

²⁰⁷ IREES (2011)

²⁰⁸ Schlomann et al. (2011)

²⁰⁹ Schlomann et al. (2011)

²¹⁰ IREES (2011)

²¹¹ Schlomann et al. (2011)

²¹² Blesl et al. (2013)

5.4. TRENDS UND PROGNOSEN

Basierend auf den bereits erreichten Einsparungen im Endenergieverbrauch bis 2010 prognostizierte das Umweltbundesamt eine notwendige, durchschnittliche Effizienzsteigerungsrate von 3,7%, um die für 2020 gesteckten Ziele zu erreichen²¹³. Abbildung 27 zeigt den weiteren Entwicklungsverlauf des industriellen Energieverbrauchs bis 2050.

Abbildung 27: Effizienzpfad der Industrie



Quelle: BMWi (2010 c)

Laut BMWi muss bis 2050 der Brennstoffverbrauch um 41% und der Strombedarf um 32 % reduziert werden. In Bezug auf das Jahr 2008 sind demnach absolute Einsparungen von 360 PJ bis 2020 und bis 2050 weitere 640 PJ vorgesehen. 214 Wie bereits in Kapitel 5.2 geschildert, kann insbesondere die energieintensive Industrie stark zur Steigerung der Energieeffizienz beitragen. Allerdings kann bei Fortführung der aktuellen Bundespolitik lediglich ein Drittel des vorhandenen Potenzials erschlossen werden. Obwohl also Energieeinsparungen möglich wären, haben Unternehmen zum heutigen Zeitpunkt noch nicht alle Möglichkeiten ausgeschöpft. Diese Differenz zwischen tatsächlichem und möglichem Energielevel wird in der Literatur als Energieeffizienz-Lücke oder Energie-Paradoxon bezeichnet²¹⁵. Die Bundesregierung bemüht sich laut einer Untersuchung des Instituts für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu), mit Hilfe von unterschiedlichen Instrumenten, Vorschriften und Gesetzen die Rahmenbedingungen für Energieeffizienzmaßnahmen zu verbessern²¹⁶. Da der industrielle Sektor vergleichsweise weniger von standardisierten Geräten, sondern vielmehr von der Zusammenarbeit einzelner Komponenten abhängt, muss hier zwischen system- und komponentenbezogenen politischen Werkzeugen unterschieden werden²¹⁷. Während Effizienzkennzeichnungen und Mindeststandards für die notwendige Optimierung der einzelnen Anlagenteile sorgen, spielen Steuerungsund Managementsysteme eine entscheidende Rolle bei der Verbesserung der Gesamteffizienz²¹⁸. Speziell ausgebildete Berater und so genannte Energiespar-Contractoren unterstützen anschließend bei der Ermittlung des individuellen Energiebedarfs und der Umsetzung der Effizienzmaßnahmen. So können zusätzlich produktionsunabhängige Elemente wie Beleuchtung, Wärmeschutzfenster etc. optimiert werden²¹⁹. Des Weiteren existieren zahlreiche Darlehen zu vergünstigten Konditionen und Fördermaßnahmen, wie beispielsweise von der KfW-Bankengruppe, für die Anschaffung neuer Geräte²²⁰. Ein weiteres, neues Instrument bilden lokale Netzwerke, so genannte Energieeffizienz-Tische, welche für einen regen Erfahrungs- und Informationsaustausch unter den Unternehmen sorgen und somit die Transaktionskosten senken²²¹. Abschließend lässt sich festhalten, dass Energieeffizienzmaßnahmen immer ganzheitlich betrachtet werden sollten, um eine Optimierung des Gesamtsystems bestehend aus Gebäuden, Maschinen und Ressourcen zu erreichen. Dabei müssen die Investitionen sowohl branchen- als auch energieformübergreifend intensiviert werden. Radikale Innovationen nehmen hier eine besonders wichtige Rolle ein, da die Potenziale vorhandener Technologien aufgrund von physikalischen Eigenschaften heute nahezu gänzlich ausgereizt sind²²². Abbildung 28 fasst die möglichen thermischen und elektrischen Einsparpotenziale der Industrie bis 2020 zusammen.

²¹³ UBA (2011)

²¹⁴ BMWi (2010 c)

²¹⁵ Blesl et al. (2013)

²¹⁶ Ifeu (2009)

²¹⁷ Blesl et al. (2013)

²¹⁸ Ifeu (2009)

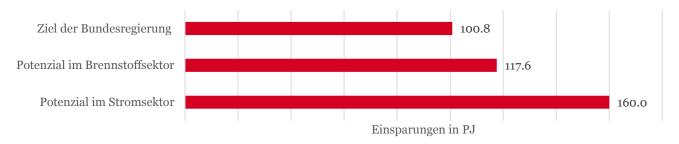
²¹⁹ Blesl et al. (2013)

²²⁰ Ifeu (2009)

²²¹ Ifeu (2009)

²²² Schlomann et al. (2011)

Abbildung 28: Potenzial der Industrie im Vergleich mit den Zielen der Bundesregierung bis 2020



Quelle: BMWi (2010 c)

Die erläuterten Potenziale werden auf dem industriellen Energieeffizienzmarkt in den zwei Kategorien Produkte und Dienstleistungen differenziert. Der Produktmarkt beschäftigt sich in erster Linie mit Mess- und Regeltechnik, effizienten Motoren, Antrieben, Pumpen, Wärmeerzeugern und diversen Anlagentechniken²²³. Die relativ jungen Dienstleistungen beziehen sich auf die Produkte der ersten Kategorie und ergänzen diese durch Energieberatung, Managementsysteme, Umsetzungsbegleitung und Contracting. Laut einer Umfrage der Deutschen Unternehmensinitiative Energieeffizienz (DENEFF) im Jahr 2014 bewerteten Unternehmen den Energieeffizienzmarkt schlechter als noch im Vorjahr. Während der Bereich der Produkte und Dienstleistungen für Gebäudetechnik überwiegend gut eingestuft worden ist, schätzen die Befragten den Markt für Mess-, Steuerund Regelungstechnik als unattraktiv ein. 80% der Marktteilnehmer wünschen sich eine langfristige und ganzheitliche Effizienzstrategie der Bundesregierung mit konkreten Zielen und Gesetzen. Des Weiteren ergab die Befragung, dass Anreize, wie z.B. Steuerentlastungen, geschaffen und die notwendige Qualität und Qualifizierung gewährleistet wird. Auch die Markteintrittsbarrieren werden von rund zwei Dritteln der Unternehmen als mittel bis hoch angesehen, was insbesondere auf die Bereiche Contracting sowie Mess-, Steuer- und Regelungstechnik zutrifft. Außerdem kann konstatiert werden, dass der Markt aktuell bereits eine starke Konkurrenzsituation aufweist und auch zukünftig der Wettbewerb weiterhin steigen wird. Um sich also einen Wettbewerbsvorteil auf dem hart umkämpften Markt zu verschaffen, sollten Anbieter von Energieeffizienzprodukten oder -dienstleistungen in erster Linie auf Individualisierung, kundenspezifische Anpassung und ganzheitliche Angebote in bestmöglicher Qualität achten. ²²⁴ Darüber hinaus haben insbesondere die Faktoren Dimensionierung, Auslastung und Leistung, Effizienz, Verlustvermeidung und Energierückführung in Verbindung mit regelmäßigen Wartungen eine erhebliche Auswirkung auf die Nachfrage der industriellen Effizienzkomponenten²²⁵. Abschließend kann festgehalten werden, dass die Energieeffizienz eines Unternehmens maßgeblich von der Komplexität der zu untersuchenden Prozess- und Produktionsstruktur abhängt, welche wiederum von zahlreichen Aspekten, wie z.B. Qualität, Kosten, Verfahren, Durchlaufzeit, Produktivität etc. beeinflusst wird.

²²³ Bründl et al. (2014)

²²⁴ Bründl et al (2014)

²²⁵ Blesl et al. (2013)

6. Handlungsempfehlungen

Basierend auf den ermittelten Potenzialen und Hemmnissen werden in diesem Abschnitt Handlungsfelder und Maßnahmen für Schweizer Unternehmen empfohlen und diskutiert. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Produkte und Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz sehr stark variieren und aufgrund der großen Vielfalt für einen heterogenen Markt sorgen. Somit können konkrete Handlungsempfehlungen nur schwer formuliert werden und müssen deshalb sowohl branchenspezifisch als auch kundenspezifisch in weiteren Untersuchungen erarbeitet werden. Hocheffiziente Technologien werden die Entwicklung der deutschen Energiepolitik und die dabei gesteckten Ziele maßgeblich beeinflussen.

Zunächst müssen Unternehmen, die auf dem deutschen Energieeffizienzmarkt tätig sein wollen, zahlreiche Informationen einholen. In erster Linie ist das Alleinstellungsmerkmal der eigenen Produkte zu identifizieren. Da Deutschland auf dem Gebiet der Energieeffizienz eine global führende Rolle einnimmt und eine Vielzahl innovativer Unternehmen hier ansässig ist, ist der Mehrwert der Schweizer Angebote klar herauszustellen. Dabei sind nicht nur die Produkteigenschaften von großer Bedeutung, sondern auch das Serviceangebot. Gute Kundenbeziehungen und das Anbieten von "Rund-um-Sorglos"-Paketen mit individueller und kundenspezifischer Produktion, Beratung, Installation und Wartung können in diesem hart umkämpften Segment als Differenzierungsmerkmal angesehen werden.

Hilfreich bei der Steigerung der Marktpräsenz ist das frühzeitige Aufbauen eines Netzwerks von Partnern, die die notwendige Erfahrung auf einem bestimmten Gebiet aufweisen. Diese können oftmals bei der Analyse der Unternehmenssituation im Hinblick auf Professionalität, Management, Finanzen, Know-How, Nachhaltigkeit und den noch ausstehenden Aufwand unterstützend tätig werden und so mögliche Schwächen und Stärken aufdecken. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Kooperation mit deutschen Unternehmen, um das Risiko, aber auch vorhandenes Wissen zu teilen und folglich die Markteintrittsbarrieren zu reduzieren.

Die vorliegende Studie zeigt außerdem, dass der deutsche Gebäudemarkt enormes Potenzial in der Wärmeerzeugung und der energieeffizienten Sanierung aufzeigt. Jedoch dominieren hier primär global agierende Unternehmen, wie Bosch Thermotechnik (Buderus und Junkers), Vaillant oder Viessmann. In beiden Segmenten ist es für die Schweizer KMU daher ratsam, sich durch nachhaltige und gleichzeitig kostengünstige Dämmmaterialien und Anlagen als produktbezogener Nischenanbieter und Zulieferer für Wärmeerzeuger zu positionieren.

Oftmals ist im Hinblick auf den Gebäudesektor nicht die Entwicklung neuer Materialen zielführend, sondern vielmehr die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle, da Immobilienbesitzer Sanierungsmaßnahmen trotz ihrer langfristigen Wirtschaftlichkeit nicht oder nur ansatzweise realisieren. Um der Risikoaversion zu begegnen, wurde das neue Geschäftsmodell Energie Contracting geschafften. Dabei übernimmt der Anbieter die Planung, Durchführung und Finanzierung ganzheitlich selbst und verteilt die Kosten auf die Mieter. Folglich können sich für Schweizer KMU auch hier Chancen für einen Markteintritt offenbaren.

Des Weiteren sorgt die Tendenz zu effizienten Maschinen und Anlagen in allen verarbeitenden und produzierenden Industrien für einen starken Konkurrenzkampf unter den Anbietern. Automatisierung, Abwärmenutzung und effizientes Energiemanagement sind die drei zukunftsträchtigen Aspekte, welche in allen Branchen eine wesentliche Rolle spielen werden. Eine Chance für Schweizer KMU besteht auch in der Industrie vor allem in der Positionierung als Nischenanbieter für individuelle und unternehmensspezifische Komponenten im B2B-Bereich. Großunternehmen, wie ABB, Bosch und Siemens, investieren zwar auch verstärkt in die Erforschung und Entwicklung neuer Techniken, sind jedoch bei kleinen Einzelaufträgen aufgrund von Standardisierung und Massenproduktion als Zulieferer oftmals nicht konkurrenzfähig.

7. Fazit

Die Steigerung der Energieeffizienz auf allen volkswirtschaftlichen Ebenen ist eine der wichtigsten Säulen der deutschen Energiewende. Dabei nimmt Deutschland eine führende Rolle in den Bereichen der Innovation und Nachhaltigkeit ein. Die Industrie sowie auch die Bevölkerung haben das große Potenzial dieses Bereichs schon vor Jahren erkannt. Um allerdings die gesteckten Ziele der Bundesregierung zu erreichen, muss zunächst für mehr Sicherheit und Akzeptanz sowohl auf Anbieter- als auch Verbraucherseite gesorgt werden. Eine ganzheitliche Bundesstrategie samt Regulierungen und Subventionen könnte die bestehenden Barrieren reduzieren und für mehr Transparenz, Qualität und Attraktivität auf dem Energieeffizienzmarkt sorgen. Darauf aufbauend kann die private, öffentliche und industrielle Nachfrageseite eigene Bedürfnisse konkreter definieren und so gezielt Schwachpunkte aus dem Weg räumen. Dadurch kann der Einsatz von hocheffizienten Technologien zunehmend gefördert und langfristig etabliert werden.

Der Gebäudesektor fasst die Bereiche Haushalte und GHD zusammen und ist mit fast 43% der größte Energieverbraucher Deutschlands. Die Hauptlast entsteht insbesondere durch Raumwärme, Warmwasser und Beleuchtung. Allerdings ist der Gesamtenergiebedarf in den letzten Jahren durch die Effizienzsteigerung im Bereich der thermischen Energie stark reduziert worden. Gleichzeitig ist jedoch ein Anstieg des elektrischen Energieverbrauchs im Gebäudebestand zu verzeichnen, was auf die Zunahme der Informations- und Kommunikationsgeräte sowie Wärmepumpen zurückzuführen ist. Weitere Einflussfaktoren sind neben dem individuellen Nutzerverhalten primär äußere Umstände, wie klimatische Bedingungen sowie Alter und Zustand der Gebäude. Trotz der bisher erreichten Einsparungen können die von der Bundesregierung gesetzten Energiesparziele bis 2020 bzw. 2050 unter den bestehenden Rahmenbedingungen nicht erreicht werden. Um dies zu bewerkstelligen, sind weitere Investitionen und Bemühungen notwendig, welche derzeit noch in zu geringem Maße getätigt werden. Eine drastische Reduktion des Energieverbrauchs kann vorwiegend durch Gebäudemodernisierung mit Hilfe von hocheffizienten Hybrid-Heizungsanlagen, optimierter Wärmedämmung und innovativer Beleuchtung- und Steuerungssysteme erreicht werden. An dieser Stelle besteht jedoch noch Handlungsbedarf auf bundespolitischer Ebene. Zielführend wäre hier in erster Linie eine Komplexitätsreduktion hinsichtlich der Fördermöglichkeiten, Subventionierungen und Anreize, wie beispielsweise Steuererleichterungen.

Mit etwa 30% des gesamten deutschen Endenergieverbrauchs ist der Industriesektor der zweitgrößte Energiekonsument und ist für knapp 2.600 PJ verantwortlich. Zwar wurde in den letzten Jahren ein Rückgang des Brennstoffbedarfs verzeichnet, jedoch führte der Einsatz von neuen Techniken und die steigende Prozess- und Produktionsautomatisierung zu einem leichten Anstieg des Stromverbrauchs je Einheit Bruttoproduktionswert. Die Hauptursache für den hohen Energiebedarf liegt in den thermischen und mechanischen Anwendungsfeldern der unterschiedlichen Branchen, wie Schmelzen, Gießen, Beheizen, aber auch der Antrieb von Pumpen, Motoren und Anlagen. Optimierungsbedarf besteht demnach vor allem im Bereich der verschiedenen Querschnittstechnologien, wobei Aspekte wie Dimensionierung, Auslastung, Dämmung und Abwärmegewinnung die größten Einsparpotenziale aufweisen. Um Hindernisse, wie Amortisationszeit, Investitionsrivalität und mangelnde Information, zu beseitigen, sollte mit Hilfe von Energiemanagementsystemen eine detaillierte Analyse der individuellen Unternehmenssituation vorgenommen werden. Ergänzend dazu unterstützen qualifizierte Berater bei der Erstellung und Umsetzung eines ganzheitlichen Energieeffizienzkonzepts. So kann den steigenden Rohstoff- und Strompreisen entgegengewirkt und dem Unternehmen ein Wettbewerbsvorteil verschafft werden.

Obwohl die Situation auf dem Energieeffizienzmarkt in den letzten Jahren durchaus positiv zu bewerten ist und Deutschland im europäischen Vergleich eine Vorreiterrolle einnimmt, existieren in allen betrachteten Sektoren noch immer zahlreiche Hemmnisse, die es zu bewältigen gilt. Um auch in Zukunft mit einer erfolgsversprechenden Entwicklung rechnen zu können, müssen staatliche Effizienzmaßnahmen klarer definiert und abgegrenzt werden. Denn während auf der Anbieterseite aufgrund der Vielzahl von Großunternehmen, KMU, aber auch regionaler Berater, Architekten und Handwerker für einen heterogenen Wettbewerb gesorgt ist, besteht auf der Nachfrageseite oftmals nur geringer Bedarf für Energieeffizienzprodukte und dienstleistungen. Das Aufzeigen der möglichen Potenziale und Mehrwerte für alle Beteiligten muss folglich oberste Priorität haben, um die Energieeffizienz auch zukünftig weiter zu steigern.

8. Anhang

8.1. QUELLENVERZEICHNIS

Adolf et al. 2011

Adolf, J. et al.: Shell Hauswärme Studie - Nachhaltige Wärmeerzeugung für Wohngebäude - Fakten, Trends und Perspektiven. Hamburg, Deutschland: Shell Oil GmbH, 2011.

Adolf et al. 2013

Dr. Jörg Adolf, Dipl.-Ing. Uwe Schabla, Andreas Lücke M.A, Dr. Lothar Breidenbach, Prof. Dr. Michael Bräuninger, Dipl.-Vw. Leon Leschus, Dipl.-Vw. Lars Ehrlich, Prof. Dr. Alkis Otto, Prof. Dr. Bert Oschatz, Dipl.-Ing. Bettina Mailach.: Shell BDH Hauswärme-Studie – Klimaschutz im Wohnungssektor – Wie heizen wir morgen?, Hamburg, Köln, 2013

AGEB 2011

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [Hrsg.]: Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2009 und 2010. Berlin, Deutschland, 2011.

AGEB 2013

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [Hrsg.]:: Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2012 (2013).

Bafa 2012

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle [Hrsg.]: Wärmepumpe - Basis- und Bonusförderung (2012).

Bauernhansl et al. 2013

Prof. Dr.-Ing. Bauernhansl, T., Dr. -Ing. Mandel, J., Dipl.-Wi.-Ing. Wahren, S., Dipl.-Ing. Kasprowicz, R., & M. Sc. Miehe, R.: Energieeffizienz in Deutschland - Ausgewählte Ergebnisse einer Analyse von mehr als 250 Veröffentlichungen. Stuttgart: Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP), Universität Stuttgart, 2013

BDEW 2012

Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. [Hrsg.]: Strompreisanalyse Mai 2012 - Haushalte und Industrie. Berlin, Deutschland, 2012.

BDH 2013

Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. [Hrsg.]: Klimaschutz im Wohnungssektor. Wie heizen wir morgen richtig. Köln, Deutschland, 2013.

Blesl et al. 2013

Blesl, M.; Kessler, A: Energieeffizienz in der Industrie. Stuttgart, Deutschland: Springer, 2013.

BMU 2012

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit [Hrsg.]: Erneuerbare Energien in Zahlen. Berlin, Deutschland, 2012.

BMU 2014

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit [Hrsg.]: Produktgruppeninformation - Dämmstoffe. Berlin, Deutschland, 2014

BMWi 2007

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Nationaler Energieeffizienz-Aktionsplan (EEAP) der Bundesrepublik Deutschland gemäß EU-Richtlinie über "Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen" (2006/32/EG). Berlin, 2007.

BMWi 2010 a

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie [Hrsg.]: Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Berlin, Deutschland, 2010.

BMWi 2010 b

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie [Hrsg.]: Energieeffizienz Made in Germany - Energieeffizienz im Bereich Industrie, Gebäudeanwendungen und Verkehr. Berlin, Deutschland, 2010.

BMWi 2010 c

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie [Hrsg.]: Energie in Deutschland - Trends und Hintergründe zur Energieversorgung. Berlin, Deutschland, 2010.

BMWi 2010 d

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie [Hrsg.]: Energietechnologien 2050 – Schwerpunkte für Forschung und Entwicklung. Berlin, Deutschland, 2010.

BMWi 2011

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie [Hrsg.]: Maritime Technologien der nächsten Generation - Das Forschungsprogramm für Schiffbau, Schifffahrt und Meerestechnik 2011 – 2015. Berlin, Deutschland, 2011.

BMWi 2013 a

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Zahlen und Fakten – Energiedaten – Nationale und internationale Entwicklung (2013).

BMWi 2013 b

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsbereichen in Deutschland (2012).

BMWI 2014

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Gesamtausgabe der Energiedaten. Abgerufen am 10. 08 2014 http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/Binaer/energie-datengesamt,property=blob,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.xls

BMVI 2012

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung [Hrsg]: CO2 Gebäudesanierung. Energetisch Sanieren - Deutschland als Leitmarkt und Leitanbieter. Berlin, Deutschland, 2012

BP 2012

BP p.l.c. [Ed.]: BP Energy Outlook 2030. London, GB, 2012.

Bründl et al. (2014)

Bründl, A., Deutsch, N., Bornholdt, M., & Ruhbaum, C. [Hrsg.]: Branchenmonitor Energieeffizienz 2014. Berlin, Deutschland: Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz e. V. (DENEFF), 2014

BSW 2012

Bundesverband Solarwirtschaft e.V. [Hrsg.]: Fahrplan Solarwärme - Strategie und Maßnahmen der Solarwärme-Branche für ein beschleunigtes Marktwachstum bis 2030. Berlin, Deutschland, 2012.

BWP 2013

Bundesverband Wärmepumpe e.V. [Hrsg.]: BWP-Branchenstudie 2013 - Szenarien und politische Handlungsempfehlungen Berlin, Deutschland, 2013.

Care Energie 2014

Care Energie [Hrsg]: Energieeffizienz - Schlüssel für neue Energiepolitik. Abgerufen am 04. 09 2014 von http://www.care-energy.de/index.php/service/energieeffizienzplan.html?showall=1&limitstart=

Dena 2010 a

Deutsche Energie-Agentur GmbH [Hrsg.]: Elektrische Motoren in Industrie und Gewerbe: Energieeffizienz und Ökodesign-Richtlinie. Berlin, Deutschland, 2010.

Dena 2010 b

Deutsche Energie-Agentur GmbH [Hrsg.]: Vordenker, Vorreiter, Vorbilder - Hervorragende Beispiele zur Steigerung der Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe. Berlin, 2010.

Dena 2012 a

Deutsche Energie-Agentur GmbH [Hrsg.]: Der dena - Gebäudereport 2012. Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand. Berlin, Deutschland, 2012.

Dena 2012 b

Deutsche Energie-Agentur GmbH [Hrsg.]: Steigerung der Energieeffizienz mit Hilfe von Energieeffizienz-Verpflichtungssystemen. Berlin, Deutschland, 2012.

Dena 2013 a

Deutsche Energie-Agentur GmbH [Hrsg.]: Europäische Energieeffizienz-Anforderungen an Beleuchtung. Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH. Berlin, Deutschland, 2013

Dena 2013 b

Deutsche Energie-Agentur GmbH [Hrsg.]: Analyse der Energieeffizienz- und Marktentwicklung von "Allgemeiner Beleuchtung". Berlin, Deutschland, 2013

Dena 2013 c

Deutsche Energie-Agentur GmbH [Hrsg.]: Auswertung von Verbrauchskennwerten energieeffizient sanierter Wohngebäude. Berlin, Deutschland, 2013.

Diefenbach et al. 2010

Diefenbach, N. et al.: Datenbasis Gebäudebestand – Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand. Bremen, Darmstadt, Deutschland: Bremer Energie Institut, Institut Wohnen und Umwelt GmbH, 2010.

DIN EN ISO 50001

Norm DIN EN ISO 50001 2011-12: Energiemanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung.

EnergieAgentur.NRW 2009

Energie Agentur. NRW [Hrsg.]: Innovatives Verfahren in der Metallverarbeitung spart Energie und Rohstoffe - News vom 06.03.2009. Düsseldorf, Deutschland, 2009.

EnergieAgentur.NRW 2010

EnergieAgentur.NRW [Hrsg.]: Potenziale zur Energieeinsparung. Düsseldorf, Deutschland, 2010.

EnergieAgentur.NRW 2014

Energieagentur NRW. (2014). Einflussfaktoren für den Energieverbrauch. Abgerufen am 06. 08 2014 von http://www.energieagentur.nrw.de/haushalt/einflussfaktoren-fuer-den-energieverbrauch-1973.asp

Energieeffiziente Produktion 2009

Energieeffiziente Produktion (2009) [Hrsg.]: Energieeffizienz in Fertigungsprozessen. Abgerufen am 10.08.2014 http://www.energieeffiziente-produktion.de/10 Kompetenzen/Energieeffizienz in Fertigungsprozessen/index.jsp

Energieportalinfo 2012

Energieportal.info. (2012). Der Markt für Wärmedämmstoffe in Deutschland. Abgerufen am 26. 08 2014 von http://www.energieportal.info/technik/fassade-dach/fassade-dach/article/der-markt-fuer-waermedaemmstoffe-indeutschland.html

Erdmann et al. 2008

Erdmann, G.; Zweifel, P.: Energieökonomik - Theorie und Anwendung. Berlin, Deutschland: Springer, 2008. ISBN 978-3-540-70773-8.

Erdmann et al. 2010

Erdmann, G.; Zweifel, P.: Energieökonomik - Theorie und Anwendung. Berlin, Deutschland: Springer, 2010. ISBN 978-3-642-12777-9

EU Commission 2008

Commission of the European Communities [Hrsg.]: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the Committee of the Regions on the Sustainable Consumption and Production and Sustainable Industrial Policy Action Plan. Brussels, Belgium: 2008.

EU-Rahmenrichtlinie 2005

Europäische Union [Hrsg.]: Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte und zur Änderung der Richtlinie 92/42/EWG des Rates sowie der Richtlinien 96/57/EG und 2000/55/EG des Europäischen Parlaments und des Rates. Amtsblatt der Europäischen Union, 2005.

EU-Rahmenrichtlinie 2006

Europäische Union [Hrsg.]: Richtlinie 2006/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. April 2006 über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen und zur Aufhebung der Richtlinie 93/76/EWG des Rates. Amtsblatt der Europäischen Union, 2006.

EU-Rahmenrichtlinie 2009

Europäische Union [Hrsg.]: Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte. Amtsblatt der Europäischen Union, 2009.

Fischli et al. 1993

Fischli, U. et al. [Hrsg]: Elektrizitätsbedarf für Industrielüftungen, Materialien zu RAVEL, Bundesamt für Konjunkturfragen. Bern, Schweiz, 1993.

Fleiter et al. 2013

Fleiter, T.; Schlomann, B.; Eichhammer, W., [Hrsg.]: Energieverbrauch und CO2-Emissionen industrieller Prozesstechnologien – Einsparpotenziale, Hemmnisse und Instrumente. Stuttgart, Deutschland: Fraunhofer: 2013. ISBN 978-3-8396-0515-8

Fraunhofer 2008

Fraunhofer Gesellschaft [Hrsg.]: Energieeffizienz in der Produktion – Untersuchung zum Handlungs- und Forschungsbedarf. München, Deutschland: FhG, 2008.

Fraunhofer IPA 2009

Fraunhofer IPA [Hrsg.]: Total Energy Efficiency Management –Energiemanagementsysteme: Leitfaden zur Umsetzung. Stuttgart, Deutschland: Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, 2009

GDI 2014

Gesamtverband Dämmstoffindustrie e.V. GDI. [Hrsg.]: Wärmedämmung - Schlüssel zur Energiewende, 2014

Hirzel et al. 2011

Hirzel, S.; Sontag, B.; Rohde, B.: Betriebliches Energiemanagement in der industriellen Produktion. Karlsruhe, Deutschland: Fraunhofer ISI 2011.

IEA 2012

International Energy Agency [Ed.]: World Energy Outlook 2012. Paris, France: IEA Publications, 2012.

IER Esys 2 2006

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Uni Stuttgart [Hrsg.]: Skript zur Vorlesung Energiesysteme 2. Stuttgart, Deutschland: IER 2006

IER KWK 2009

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Uni Stuttgart [Hrsg.]: Kraft-Wärme-Kopplung. Stuttgart, Deutschland: IER 2009

Ifeu 2009

Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH [Hrsg.]: Marktanalyse und Marktbewertung sowie Erstellung eines Konzeptes zur Marktbeobachtung für ausgewählte Dienstleistungen im Bereich Energieeffizienz. Heidelberg, Deutschland, 2011.

IHK 2009

Industrie- und Handelskammer Karlsruhe [Hrsg.]: Energiepreise und Unternehmensentwicklung in Baden-Württemberg. Karlsruhe, Deutschland, 2009.

IREES 2011

Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien [Hrsg.]: Untersuchung des Energieeinsparpotenzials für ein Nachfolge-Modell ab dem Jahr 2013ff zu Steuerbegünstigungen für Unternehmen des Produzierenden Gewerbes sowie der Land und Forstwirtschaft bei der Energie- und Stromsteuer. Karlsruhe, Deutschland, 2011.

Irretier 2010

Irretier, O.: Energieeffizienz in Industrieofenbau und Wärmebehandlung – Maßnahmen und Potenziale. Elektrowärme international, Heft 1/2010, 2010

IWO 2013

Institut für Wärme und Oeltechnik e.V. [Hrsg.]: Energetische Gebäudesanierung in Deutschland, Hamburg, 2013

IZES 2007

Institut für Zukunftsenergiesysteme [Hrsg.]: Studie zu den Energieeffizienzpotenzialen durch Einsatz von elektrischem Strom im Raumwärmebereich. Saarbrücken, 2007.

KfW 2005

Kreditanstalt für Wiederaufbau Bankengruppe [Hrsg.]: Energieeinsparpotenziale bleiben Mangels Kapital und Personal ungenutzt. Frankfurt, Deutschland, 2009.

Kosowski et al. 2008

Kosowski, K.; Kühl, L.; Tegethoff, W.; Köhler, J.: CO2-Wärmepumpe für hochwärmegedämmte Wohngebäude. In: KI Luftund Kältetechnik, Deutsche Kälte-Klima-Tagung 2007, Deutscher Kälte- und Klimatechnischer Verein e.V. [Hrsg.], Hannover 2008), S. 28-33.

LfU 2012

Bayrisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.]: Energiesparfenster mit 3 Scheiben – Heizkosten senken und Lärm vermindern, Augsburg. 2012.

Lohde et al. 2013

Lohde, P., & Praller, S.: Die deutsche Cleantech Industrie, Switzerland, Global Enterprise [Hrsg.], 2013

Maertel 2014

Märtel, C. (2014). Der Heizungsfinder Sanierungsatlas für Deutschland. Abgerufen am 11. 08 2014 von http://www.heizungsfinder.de/heizung/sanierungsatlas

Mayer 2009

Mayer, I.: Energieeffizienzen in privaten Haushalten im internationalen Vergleich. Eine Policy Wirkungsanalyse mit QCA, Universität Konstanz - Fachbereich Politik- und Verwaltungswissenschaften, Konstanz, 2009

Notz 2010

Notz, R.J.: CO_2 -Abtrennung aus Kraftwerksabgasen mittels Reaktivabsorption. Berlin, Deutschland: Logos Verlag Berlin GmbH, 2010. ISBN 978-3-8325-2386-2.

Osram 2013

Osram Licht AG [Hrsg.]: Geschäftsbericht 2013, München, 2013

Patterson 1996

Patterson, M.G. [Hrsg]: What is energy efficiency? Energy Policy. 1996

Pehnt et al. 2009

Pehnt, M. et al.: Klimaschutz, Energieeffizienz und Beschäftigung - Potenziale und volkswirtschaftliche Effekte einer ambitionierten Energieeffizienzstrategie für Deutschland. Berlin, Deutschland, 2009.

Pehnt et al. 2011

Pehnt, M. et al. 2011: Endbericht – Energieeffizienz – Potenziale, volkswirtschaftliche Effekte und innovative Handlungs- und Förderfelder für die Nationale Klimaschutzinitiative. Heidelberg, Karlsruhe, Berlin, Osnabrück, Freiburg, 2011.

Prognos 2007

Prognos AG [Hrsg.]: Potenziale für Energieeinsparung und Energieeffizienz im Lichte aktueller Preisentwicklungen. Basel und Berlin, Deutschland, 2007.

Prognos 2009

Prognos AG [Hrsg.]: Energieeffizienz in der Industrie – Eine makroskopische Analyse der Effizienzentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der Rolle des Maschinen und Anlagenbaus. Berlin, Deutschland, 2009.

Rogers 2003

Rogers, E.M.: Diffusion of Innovations. 5th edition. New York, USA: Free Press, 2003. ISBN 978-0743222099

RWE Effizienz 2012

RWE Effizienz GmbH [Hrsg.]: Factbook Energieeffizienz. Dortmund, Deutschland, 2012.

Schlesinger et al. 2010

Schlesinger, M. et al. 2010: Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Basel, Köln, Osnabrück, Deutschland, 2010.

Schlomann et al. 2011

Schlomann, B. et al.: Möglichkeiten, Potenziale, Hemmnisse und Instrumente zur Senkung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen von industriellen Branchentechnologien durch Prozessoptimierung und Einführung neuer Verfahrenstechniken - Schlussbericht. Karlsruhe, Berlin, 2011.

Schlomann et al. 2014

Schlomann, B., Geiger, B., Gruber, E., Kleeberger, H. (Eds.) (2014): Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2006 bis 2011. ISI-Schriftenreihe "Innovationspotenziale". Stuttgart, Deutschland: Fraunhofer Verlag 2014. ISBN 978-3-8396-0691-9.

Schmid et al. 2003

Schmid, C., Layer, G. [Hrsg.]: Möglichkeiten, Potenziale, Hemmnisse und Instrumente zur Senkung des Energieverbrauchs branchenübergreifender Techniken in der Bereichen Industrie und Kleinverbrauch, Umweltforschungsplan FKZ 201 41 136, Fraunhofer ISI, Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V.; Karlsruhe/München, Deutschland, 2003.

Schmitz et al. 1995

Schmitz K.W.; Koch G. [Hrsg.]: Kraft-Wärme-Kopplung Anlagenauswahl - Dimensionierung - Wirtschaftlichkeit – Emissionsbilanz. Düsseldorf, Deutschland: VDI-Verlag, ISBN 3-18-401355-3

Schröter et al. 2009

Schröter, M.; Weißfloch, U.; Buschak, D.: Energieeffizienz in der Produktion – Wunsch oder Wirklichkeit? Energieeinsparpotenziale und Verbreitungsgrad energieeffizienter Techniken – Mitteilungen aus der ISI-Erhebung zur Modernisierung der Produktion. Karlsruhe, Deutschland: Fraunhofer ISI, 2009.

Sorrel 2014

Sorrell, S.: Understanding Barriers to Energy Efficiency. In E. O. S. Sorrell (Hrsg.), The Economics of Energy Efficiency (S. 25-94), Cheltenham, Northampton: Edgar Elgar, 2014

Statista 2014 a

Statista [Hrsg.]: (2014). Endenergieverbrauch der privaten Haushalte für Wohnen in Deutschland nach Energieträger im Jahresvergleich 2005 und 2012 (in Terawattstunden). Abgerufen am 04. 08 2014 von

http://de.statista.com/statistik/daten/studie/165394/umfrage/energieverbrauch-der-privaten-haushalte-fuer-wohnen-2000-und-2009/

Statista 2014 b

Statista [Hrsg.]: (2014). Veränderung des Endenergieverbrauchs von Privathaushalten in Deutschland im Vergleich der Jahre 2012 zu 2005 nach Anwendungsbereich. Abgerufen am 06. 08 2014 von

http://de.statista.com/statistik/daten/studie/165469/umfrage/veraenderung-des-energieverbrauchs-von-privathaushalten-2009-zu-2005/

Statista 2014 c

Statista [Hrsg.]: (2014). Endenergieverbrauch der privaten Haushalte für Wohnen in Deutschland nach Anwendungsbereich im Jahresvergleich 2005 und 2012 (in Terawattstunden). Abgerufen am 04. 08 2014 von

http://de.statista.com/statistik/daten/studie/165364/umfrage/energieverbrauch-der-privaten-haushalte-fuer-wohnen-2000-und-2009/

Statista 2014 d

Statista [Hrsg.]: (2014). Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes in Deutschland in den Jahren 1975 bis 2013. Abgerufen am 2014. 08 18 von http://de.statista.com/statistik/daten/studie/162218/umfrage/beheizungsstruktur-des-wohnbestandes-in-deutschland-seit-1975/

Statista 2014 e

Statista [Hrsg.]: (2014). Bestand zentraler Wärmeerzeuger für Heizungen in Deutschland nach Kategorie im Jahr 2012 (in Millionen Stück). Abgerufen am 07. 08 2014 von

http://de.statista.com/statistik/daten/studie/165282/umfrage/gesamtbestand-der-zentralen-waermeerzeuger-indeutschland/

Statista 2014 f

Statista [Hrsg.]: (2014). Verteilung der Beheizungssysteme im Wohnungsneubau in Deutschland im Jahr 2013. Abgerufen am 07. 08 2014 von http://de.statista.com/statistik/daten/studie/37957/umfrage/beheizungssysteme-in-neubauten-im-jahr-2008/

Statista 2014 g

Statista [Hrsg.]: (2014). Größte Hersteller von Heizungsanlagen in Deutschland nach Umsatz im Jahr 2013 (in Milliarden Euro). Abgerufen am 2014. 09 08 von http://de.statista.com/statistik/daten/studie/223607/umfrage/deutscheheizungsanlagenbauer-nach-umsatz/

Statista 2014 h

Statista [Hrsg.]: (2014). Umfrage in Deutschland zur Renovierung, Modernisierung der Wärmedämmung bis 2014. Abgerufen am 21. 08 2014 von http://de.statista.com/statistik/daten/studie/266543/umfrage/heimwerken--renovierung-modernisierung-der-tueren-in-deutschland/

Statista 2014 i

Statista [Hrsg.]: (2014). Jährliche Einsparpotenziale durch die Nutzung von LED-Beleuchtungstechnik nach Anwendungsgebiet in Deutschland. Abgerufen am 03. 09 2014 von

http://de.statista.com/statistik/daten/studie/260515/umfrage/jaehrliche-einsparpotenziale-durch-die-nutzung-von-ledsnach-segment/

Statista 2014 j

Statista [Hrsg.]: (2014). Anzahl der Betriebe in der Beleuchtungsindustrie* in Deutschland in den Jahren 2005 bis 2013. Abgerufen am 03. 09 2014 von http://de.statista.com/statistik/daten/studie/261057/umfrage/anzahl-der-betriebe-in-der-beleuchtungsindustrie-in-deutschland/

Statistikportal 2014

Statistische Ämter des Bundes und der Länder [Hrsg.]: (2014) Abgerufen am 27.08 2014 von http://www.statistikportal.de/statistik-portal/de_zso8_bund.asp

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2014)

Statistische Ämter des Bundes und der Länder [Hrsg.]: Gebäude- und Wohnungsbestand in Deutschland, Hannover, 2014

StBA 2013 a

Statistisches Bundesamt [Hrsg.]: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen

Statistisches Bundesamt 2013

Statistisches Bundesamt [Hrsg.]: Zensus 2011 - Gebäude und Wohnungen, Wiesbaden, 2013

Stawiarski 2013

Stawiarski, K.-H.: Das Potenzial der Wärmepumpe, Markttrends, Wohnkompfort, Umwelt- und Klimaschutz, 2013.

UBA 2007

Umweltbundesamt [Hrsg.]: Merkblatt über die Besten Verfügbaren Techniken in der Keramikindustrie. Dessau-Roßlau, 2007.

UBA 2011 o

Umweltbundesamt [Hrsg.]: Energieeffizienz in Zahlen – Endbericht. Dessau-Roßlau, Deutschland, 2011.

UBA 2011 b

Umweltbundesamt [Hrsg.]: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland nach Sektoren, 2011.

UBA 2012 a

Umweltbundesamt [Hrsg.]: Energieproduktivität und Energieintensität, 2012.

UBA 2012 b

Umweltbundesamt [Hrsg.]: Energiemanagementsysteme in der Praxis ISO 50001: Leitfaden für Unternehmen und Organisationen, 2012.

VDMA Thermoprozesstechnik 2011

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau [Hrsg]: VDMA (2011); Presseinformation, Neue Studie zum Energiebedarf für Kältetechnik vorgelegt – erhebliches Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz. Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau. Frankfurt a. M., Deutschland, 2011.

Verbraucherzentrale NRW

Verbraucherzentrale NRW [Hrsg.]: (2014). Energieeinsparverordnung (EnEV). Abgerufen am 18. 08 2014 von http://www.vz-nrw.de/enev

VFF 2014

Verband Fenster + Fassade; Bundesverband Flachglas e.V. [Hrsg]: Mehr Energie sparen mit neuen Fenstern - Aktualisierung März 2014 der Studie "Im neuen Licht: Energetische Modernisierung von alten Fenstern. Frankfurt a.M. und Troisdorf, 2014

ExportHelp s-ge.com/exporthelp exporthelp@s-ge.com T 0844 811 812



Switzerland Global Enterprise Stampfenbachstrasse 85 CH-8006 Zürich T +41 44 365 51 51

Switzerland Global Enterprise Corso Elvezia 16 – CP 5399 CH-6901 Lugano T +41 91 911 51 35

Switzerland Global Enterprise Avenue d'Ouchy 47 – CP 315 CH-1001 Lausanne T +41 21 545 94 94

s-ge.com