
Energieeffizienz muss auf die politische Agenda: Energiewende erfordert Effizienzmaßnahmen*

HEINZ DÜRR UND THOMAS BAUERNHANSL

Heinz Dürr, Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP) an der Universität Stuttgart, E-Mail: heinz.duerr@duerr.de
Thomas Bauernhansl, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart und Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP) an der Universität Stuttgart, E-Mail: TBH@eep.uni-stuttgart.de

Zusammenfassung: Das Thema Energieeffizienz findet in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft bisher nur unzureichend Beachtung. Obwohl die Bundesregierung in ihrem Energiekonzept eine Entkopplung von Wachstum und Energieverbrauch vorsieht und einzelne Maßnahmen ergreift, werden die Energieeffizienzgewinne der deutschen Wirtschaft aktuell vom Wachstum nahezu neutralisiert. Dies ist unter anderem auf den Rebound-Effekt zurückzuführen. Die Herausforderung ist es, die Energieeffizienz stärker als bisher in die Energiewende einzubeziehen. Gleichzeitig müssen die erforderlichen Technologien und Investitionen für Unternehmen, Haushalte und Kommunen bezahlbar bleiben. Die Industrie ist aktuell für rund 40 Prozent des Stromverbrauchs verantwortlich, aber geeignete politische Rahmenbedingungen im Sinne von Regulierungen oder Förderinstrumenten existieren kaum. Auch weisen die Produktionsunternehmen selbst enorme Schwächen bei der Hebung von Energieeffizienzpotenzialen auf. Interne Ursachen sind u.a. Intransparenz über die eigene Energiesituation und sehr kurze geforderte Amortisationszeiten für Effizienzmaßnahmen. Langfristig kann die Entkopplung von Wachstum und Energieverbrauch jedoch nur durch Technologiesprünge gelingen. Wirtschaft und Forschung benötigen hier einen langfristigen verlässlichen Rahmen durch die Politik.

Summary: Today, energy efficiency is not enough considered in politics, economy and science. Although the German government schedules decoupling of economic growth from energy consumption and takes isolated measures, the economic growth of the German economy more or less eats up the realized efficiency gains. This is, amongst others, due to the so-called rebound effect. The challenge is now, to integrate energy

→ JEL Classification: L00, O00, Q00

→ Keywords: Energy efficiency, industrial production, legal regulation, German „Energiewende“

* Die hier publizierten Ergebnisse wurden am Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP) erarbeitet und beim Stuttgarter Effizienzgipfel 2013 Experten aus Politik und Wirtschaft vorgestellt. Auf dem Energy Efficiency Global Forum 2013 in Washington erhielt die Arbeit auch international Aufmerksamkeit. Das Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP) hat das Ziel, einen entscheidenden Beitrag zum Gelingen der Energiewende in Deutschland zu leisten. Dazu veröffentlicht es unter anderem halbjährlich und erstmals im Dezember 2013 den EnergieeffizienzIndex der deutschen Industrie. Weitere Informationen: www.eep.uni-stuttgart.de

efficiency more tightly into the German energy concept of the „Energiewende“. At the same time, required technologies and respective investments have to remain affordable for enterprises, households and local authorities. Industry accounts for about 40 percent of the energy consumption in Germany, but there are almost no appropriate political framework conditions, such as regulations and funding instruments. Manufacturing enterprises themselves also show clear weaknesses in exploiting their efficiency potential. Internal reasons are, amongst others, the lack of knowledge about their own energy situation and the very short payback periods that are usually demanded. In the long run, the decoupling of economic growth and energy consumption can only work through technology leaps. Economy and science thus need a reliable long-term framework, provided by politics.

I **Energieeffizienz: Ein vernachlässigter Eckpfeiler der Energiewende**

Eine nachhaltige Entwicklung der deutschen Volkswirtschaft, im Sinne eines ressourcen- und klimaschonenden Handelns, ist essentiell für künftige Generationen. Ein Großteil der deutschen Treibhausgasemissionen entsteht bei der Nutzung fossiler Brennstoffe in unterschiedlichen Wirtschaftsbereichen (StBA 2012). Die Liste der Auswirkungen des verschwenderischen Umgangs mit Energie ist jedoch weitaus länger: Neben den Risiken der Kernkraft haben die großflächige Landschaftszerstörung durch Kohleförderung oder massive Eingriffe bei der Realisierung von Wasserkraftprojekten große Auswirkungen auf die kommenden Generationen. Außerdem gelten Boden- und Gewässerbelastung, Verschmutzung der Meere und Küsten durch Öl- und Gasförderung sowie deren Transport als extrem schädlich für die Umwelt. Die Energiewende, die Schaffung einer zuverlässigen und klimaneutralen Energieversorgung, stellt gleichzeitig eine enorme Herausforderung und Chance dar, der Welt ein Beispiel für die Vereinbarkeit von Nachhaltigkeit und Wettbewerbsfähigkeit zu geben (BMU 2011a). Dies ist jedoch nur durch einen Wandel in der Energiepolitik möglich. In diesem Zusammenhang hat die Bundesregierung im September 2010 das Energiekonzept beschlossen, das die energiepolitische Ausrichtung Deutschlands bis 2050 beschreibt. Daraus können zwei strategische Leitlinien identifiziert werden (BMWi und BMU 2010):

1. Ausbau von regenerativen Energiequellen
2. Verbesserung der Energieeffizienz

Neben konkreten Zielen zur Treibhausgasminderung und zu den Anteilen erneuerbarer Energien am Strom- sowie Endenergieverbrauch sieht das Energiekonzept der Bundesregierung umfassende Energieeinsparungen vor. So hat sich die Bundesregierung im Rahmen des Energiekonzepts verpflichtet, den Primärenergieverbrauch bis 2020 um 20 Prozent und bis 2050 um 50 Prozent gegenüber 2008 zu senken. Der Stromverbrauch soll zudem bis 2020 um zehn Prozent und bis 2050 um 25 Prozent reduziert werden (BMWi und BMU 2010).

Diese Reduzierung des Primärenergie- und Stromverbrauchs ist nur durch die Verbesserung der Energieeffizienz in der Wirtschaft sowie im Bereich der privaten Haushalte möglich. Dabei arbeitet die Bundesregierung mit Instrumenten wie der Umsetzung der europäischen Ökodesign-Richtlinie, die insbesondere an den Energieverbrauch elektronischer Alltagsgeräte adressiert ist und ineffiziente Geräte vom Markt drängen soll, sowie der Reform des Spitzenausgleichs (Entlastung der Strom- und Energiesteuer für das produzierende Gewerbe), der nur noch dann gewährt

wird, wenn die Wirtschaft als Ganzes ihre Energieeffizienz verbessert. Darüber hinaus gilt die Umsetzung der EU-Energieeffizienz-Richtlinie (2012/27/EU) vom 4.12.2012 als vielversprechendes Instrument (Prognos 2013). Um das Ziel einer 20-prozentigen Reduktion des Primärenergieverbrauchs bis 2020 zu erreichen, verpflichtet die Richtlinie die Mitgliedsstaaten der Union zwischen 2014 und 2020 zu einer jährlichen Einsparung von 1,5 Prozent des durchschnittlichen Endenergieabsatzes der Jahre 2010–2012 (Dena 2012b). Innerhalb des zeitlichen Rahmens von 18 Monaten, in dem die Richtlinie in nationales Recht überführt werden muss, zeigen sich jedoch bereits erhebliche Schwierigkeiten bei der Umsetzung.

Neben verstärkter Forschung und Entwicklung bei unterschiedlichen Effizienztechnologien gilt es dennoch insbesondere, das Thema Energieeffizienz in der öffentlichen Wahrnehmung zu stärken und die vielfältigen bestehenden Effizienzpotenziale zu nutzen. Dies ist für eine mittel- und langfristige Zielerreichung unabdingbar.

2 Entkopplung von Wachstum und Energieverbrauch

Die Energieeffizienz einer Volkswirtschaft wird zumeist anhand von zwei Kennzahlen bewertet, der Energieproduktivität und -intensität. Während die Energieproduktivität die wirtschaftliche Leistung je eingesetzter Einheit Primär- oder Endenergie erfasst, bildet die Energieintensität seinen Kehrwert (UBA 2012a).

Um das Ziel zu erreichen, den Primärenergieverbrauch um 50 Prozent bis 2050 gegenüber 2008 zu senken, ist eine konstante Steigerung der gesamtwirtschaftlichen, sektorübergreifenden Endenergieproduktivität um 2,1 Prozent jährlich notwendig. Zum Vergleich: Zwischen den Jahren 1990 und 2011 lässt sich eine durchschnittliche Wachstumsrate (CAGR) der volkswirtschaftlichen Endenergieproduktivität von 1,7 Prozent pro Jahr errechnen; bei der Primärenergieintensität waren es im gleichen Zeitraum 1,8 Prozent pro Jahr (AGEB 2013).¹ Abbildung 1 setzt die Entwicklung der Primärenergieeffizienz in Deutschland seit 1990 in Bezug zum Primärenergieverbrauch, zum BIP und zu den energiebedingten CO₂-Emissionen.

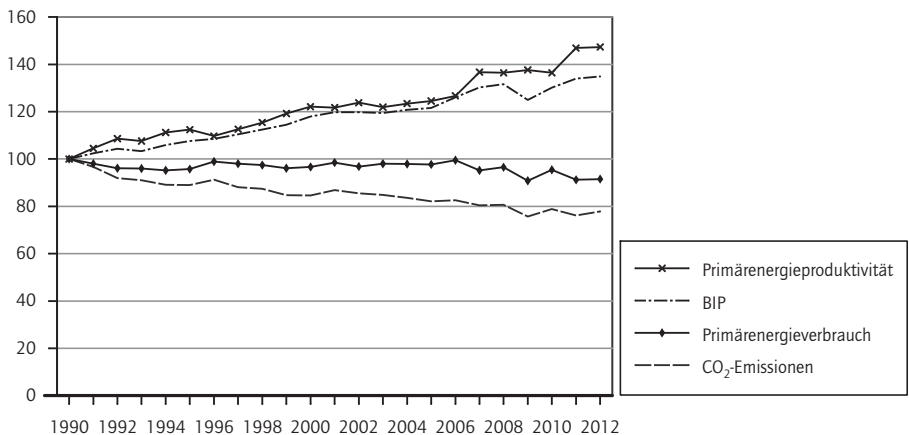
Deutlich wird hier, dass ein Großteil der generierten Effizienzgewinne durch das Wirtschaftswachstum kompensiert wurde. So wurden zwischen 1990 und 2012 trotz einer Steigerung der Primärenergieproduktivität um gut 47 Prozent weniger als neun Prozent an Primärenergie eingespart (BMWi 2013). In diesem Kontext wird in der Literatur häufig der Begriff des makroökonomischen Rebound-Effekts angeführt (Greening et al. 2000, Sorrell und Dimitropoulos 2008). In der Volkswirtschaftslehre beschreibt dieser Effekt eine Entwicklung, in der auf Basis einer Effizienzsteigerung ein erhöhter Konsum beziehungsweise eine gesteigerte Produktion möglich wird. Der Rebound-Effekt ist neben dem Wirtschaftswachstum eine relevante Ursache für die Verminderung von Effizienzgewinnen durch Effizienzsteigerungsmaßnahmen. In der Politik findet dieser Effekt nahezu keine Beachtung, obwohl er häufig als eines der zentralen Hindernisse auf dem Weg zu den Energiezielen der Bundesregierung identifiziert wird.

1 Unter Berücksichtigung von Temperatur- und Lagerbestandeffekte errechnet die AGEB (2013) zwischen 1990 und 2012 eine etwas höhere Steigerung der Primärenergieintensität von im Mittel gut 1,9 Prozent.

Abbildung 1

Primärenergieverbrauch, Primärenergieproduktivität, CO₂-Emissionen und BIP

Index 1990 = 100



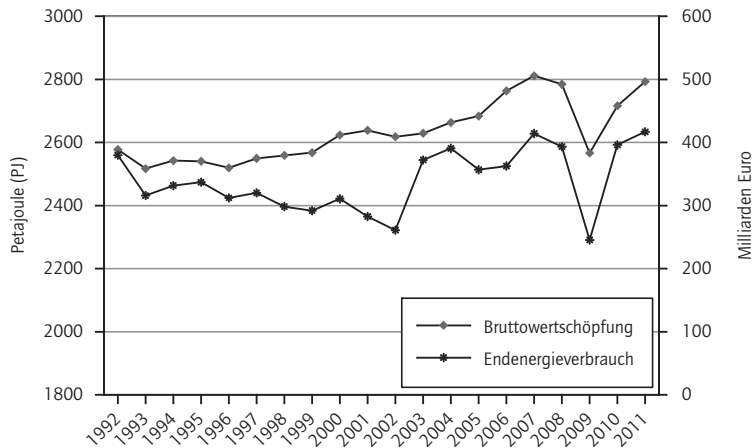
Primärenergieverbrauch und Primärenergieproduktivität nicht temperaturbereinigt.
 Nur energiebedingte CO₂-Emissionen.
 Quelle: BMWi (2013) und eigene Berechnungen.

Neben dem absoluten Energieverbrauch ist die Entwicklung der CO₂-Emissionen eine entscheidende Größe für die Erreichung der Ziele des Energiekonzepts. Die Emissionen haben sich innerhalb Deutschlands seit 1990 um etwa 20 Prozent verringert. Zurückzuführen ist dies zum Großteil auf einen emissionsärmeren Energiemix sowie die erlassenen strengeren Grenzwerte und Richtlinien für Gebäude, Verkehr und Industrie. Jedoch wurde aufgrund der verstärkten Nutzung von Kohle nach Jahren der deutlichen Reduktion des CO₂-Emissionsfaktors der Stromerzeugung seit 2010 erstmals ein Anstieg über zwei Folgejahre verzeichnet (UBA 2012b).

Betrachtet man den absoluten Endenergieverbrauch der deutschen Industrie der letzten 20 Jahre, so wird deutlich, dass dieser 2011 über dem Niveau von 1992 lag und insbesondere seit 2002 deutlich angestiegen ist (Abbildung 2). Insgesamt lässt sich für den Betrachtungshorizont eine durchschnittliche Wachstumsrate (CAGR) des industriellen Endenergieverbrauchs von 0,2 Prozent jährlich errechnen. Gleichzeitig stieg die Bruttowertschöpfung in der Industrie im betrachteten Zeitraum mit durchschnittlich um 1,3 Prozent pro Jahr (CAGR) und somit deutlich stärker als der Energieverbrauch. Erklärtes Ziel der Bundesregierung ist es jedoch, den absoluten Energieverbrauch zu senken.

Abbildung 2

Endenergieverbrauch und Bruttowertschöpfung im verarbeitenden Gewerbe



Bruttowertschöpfung unbereinigt in Preisen von 2005.
Quelle: BMWi (2013).

3 Reichen steigende Energiepreise als Treiber für Energieeffizienz aus?

Die Entscheidung zum Komplettausstieg aus der Kernkraft bis zum Jahr 2022 hatte in den letzten Jahren einen spürbaren Einfluss auf die nationale Energiepolitik und ihre Ziele – Versorgungssicherheit, Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit. Besonders der forcierte Ausbau der erneuerbaren Energien hat in den vergangenen Jahren zu erheblichen Strompreissteigerungen bei Endkunden geführt. Hervorzuheben ist hierbei die Steigerung der EEG-Umlage, dem zentralen Instrument zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, die zwischen 2011 und 2013 um knapp 50 Prozent angestiegen ist. Neben dem reinen Ausbau erneuerbarer Energien kann die Steigerung der Umlage teilweise auch auf die besondere Ausgleichsregelung und andere Sonderregelungen zurückgeführt werden. Zum Vergleich: Im Jahr 2000 lag die EEG-Umlage bei 0,2 ct/kWh, im Jahr 2013 bei 5,227 ct/kWh (BDEW 2013). Im Jahr 2014 steigt die EEG-Umlage auf 6,240 ct/kWh. Der BDEW stellt in diesem Zusammenhang eine wachsende Unzufriedenheit mit der Höhe der Förderungen der erneuerbaren Energien in der Bevölkerung fest. Aktuell empfinden rund 67 Prozent der Endkunden die Kosten als zu hoch (BDEW 2013). Zwischen 2000 und 2013 stieg der Strompreis für Haushaltskunden laut BDEW im Schnitt um 106 Prozent, für die Industrie sogar um 145 Prozent (BDEW 2013). Energie tritt somit vermehrt als Kostenfaktor auf. Insbesondere ist ein effizienter Umgang mit Energie mitentscheidend für die Wettbewerbsfähigkeit von im Weltmarkt konkurrierenden Unternehmen.

Häufig wird der Energiepreis als wichtigster Treiber für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen identifiziert. Dennoch ist sein Einfluss zumindest in einigen Bereichen mit erheblichen Unsicherheiten verbunden und wird daher teilweise kontrovers diskutiert. Die Nachfrage nach Strom ist beispielsweise nahezu preisunelastisch, das heißt, Preisänderungen führen le-

diglich zu unwesentlichen Änderungen der nachgefragten Menge (Lijesen 2007). Der Grund: In Energiemärkten existieren kurz- und mittelfristig nahezu keine Substitutionsmöglichkeiten beziehungsweise sind diese in der Regel mit erheblichen Kosten und Zusatzaufwand verbunden. Hamenstädt (2008) identifiziert zudem einen geringen Einfluss des Strompreises auf Investitionen in Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und verweist in diesem Zusammenhang auf die vergleichsweise großen Potenziale politischer Fördermaßnahmen. Speziell für die Industrie spielen Energiekosten im Durchschnitt eine untergeordnete Rolle. Im verarbeitenden Gewerbe machten die Energiekosten im Jahr 2010 durchschnittlich nur 2,1 Prozent des Bruttoproduktionswerts aus (BMWi 2013, BMU 2011b).

Eine Vielzahl von Effizienztechnologien wäre für Unternehmen der Industrie hochrentabel, da teilweise erhebliche Energieeinsparungen realisiert werden können, denen deutlich geringe Investitionskosten gegenüberstehen. Dennoch reicht die bisherige Steigerung der Energiekosten beziehungsweise -preise nicht aus, um diese Investitionspotenziale zu realisieren. Neben einer Vielzahl von Informations- und Organisationshemmnissen sind die finanziellen Einsparungen, die Energiedienstleistungen oder Investitionen in besonders effiziente Geräte und Anlagen erbringen könnten, häufig absolut noch zu klein im Verhältnis zum anfallenden Suchaufwand der Akteure, den sogenannten „Transaktionskosten“ (BUND 2010). Sie sind unter anderem deshalb so hoch, weil Investitionen in Geräte und Anlagen nur selten erfolgen, die technischen Neuerungen bei vielen Technologien schnell wechseln und somit bei jeder Investition oder Inanspruchnahme einer Energiedienstleistung komplexe Informationen eingeholt werden müssen (BUND 2010). Die Folge ist, dass Energieeffizienzpotenziale von Unternehmen häufig ungenutzt bleiben oder nur zögerlich in der Praxis umgesetzt werden (Hirzel et al. 2011). Die Schaffung geeigneter politischer Rahmenbedingungen, beispielsweise durch eine verbesserte Bereitstellung von Informationen zur Senkung der Transaktionskosten, ist daher von hoher Bedeutung.

Aufbauend auf der Diffusionstheorie nach Rogers (2003) ist es für „First Mover“ (also Vorreiter) deutlich teurer, in neue Effizienztechnologien zu investieren. Es kann zunehmend beobachtet werden, dass Unternehmen oftmals auf den „First Mover“ und positive Erfahrungen warten, um so das eigene Risiko zu minimieren (IREES 2011). Die unternehmensspezifischen Rahmenbedingungen und Vorbehalte sind jedoch oftmals sehr individuell und historisch gewachsen. Deshalb ist es notwendig, den Geräte- und Anlagenmarkt sowie die Wahrnehmung der Marktakteure generell so zu verschieben, dass effizientere Technik und Systeme zum Standard werden. Ziel ist also eine Markttransformation, bei der die Marktdurchdringung effizientester Produkte und Dienstleistungen für einen Teilbereich so weit vorangetrieben werden, dass eine weitere Unterstützung durch politische Instrumente danach beendet werden kann (BUND 2010).

4 **Energieeffizienzpotenziale in der deutschen Industrie bis 2030**

Der Industriesektor hatte 2011 mit rund 30 Prozent den größten Anteil am Endenergieverbrauch in Deutschland, gefolgt vom Verkehr und den Haushalten (BMWi 2013). Innerhalb der Industrie wird der Endenergieverbrauch mit knapp 75 Prozent durch Wärmeanwendungen dominiert (AGEB 2011). Der deutschen Industrie kommt daher eine Schlüsselrolle bei der für das Erreichen der Energie- und Klimaziele notwendigen Entkopplung von Energieverbrauch und Wachstum zu. Jedoch sind innerhalb des Industriesektors die Verbrauchsanteile sowohl branchen- als

Tabelle 1

Handlungsfelder und Einsparpotenziale in der Industrie in Deutschland

		Einsparpotenzial (Petajoule)			
		Elektrisch		Brennstoff	
		2020	2030	2020	2030
Maßnahmenpaket					
Querschnittstechnologien	Elektromotoren	8,1	15,8	-	-
	Druckluft	23,0	27,1	-	-
	Pumpensysteme	26,9	33,6	-	-
	Lüftungssysteme	22,6	28,6	-	-
	Kältebereitstellung	5,2	6,4	-	-
	Übrige Motorsysteme	38,6	56,5	-	-
	Beleuchtung	12,4	15,1	-	-
Summe		136,8	183,1	-	-
Branchenspezifische Technologien	Metallerzeugung	2,7	10,8	23,7	59,1
	Nichteisenmetalle	4,4	6,1	9,3	11,3
	Papiergewerbe	4,5	9,8	20,2	30,7
	Glas und Keramik	0,2	0,5	7,2	13,1
	Steine und Erden	1,7	2,2	11,0	15,1
	Grundstoffchemie	7,7	11,6	38,8	49,3
	Ernährungsgewerbe	2,1	2,9	7,7	11,8
Gesamt		160,0	226,8	117,8	190,4

Quelle: Pehnt et al. (2011).

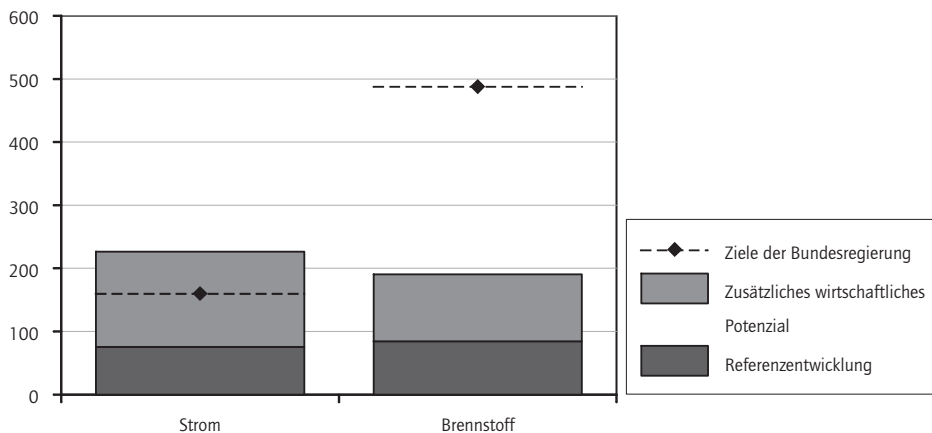
auch technologiespezifisch unterschiedlich verteilt. Brennstoffanwendungen werden überwiegend durch die energieintensive Industrie (Baustoffe, Chemie, Glas, Nichteisenmetalle, Papier und Stahl) dominiert, die insgesamt über 65 Prozent des industriellen Endenergieverbrauchs ausmacht. Hingegen werden knapp drei Viertel des industriellen Stromverbrauchs von Querschnittstechnologien wie Druckluft, Pumpen, Ventilatoren sowie Beleuchtungseinrichtungen verursacht (Pehnt 2009).

Bedingt durch die heterogene Verteilung und Größe von Energieeffizienzpotenzialen in der Industrie müssen eine Vielzahl in ihrer Größe und Wirkung unterschiedliche Projekte umgesetzt werden. Im Unterschied zum Ausbau der regenerativen Energien und dem Netzausbau geht es bei der Energieeffizienz um sehr viele relativ kleine Projekte und Handlungsfelder, die in ihrer Summe allerdings eine große Wirkung zeigen. Eine technologie- und branchenübergreifende Optimierung zur Ausschöpfung des Gesamtpotenzials ist somit unerlässlich. Eine Übersicht über die wichtigsten Handlungsfelder und damit verbundenen Einsparpotenziale nach Pehnt et al. (2011) ist in Tabelle 1 auf die jeweiligen Technologien und energieintensiven Branchen verteilt. Pehnt et al. (2011) identifizieren dabei erhebliche Einsparpotenziale gegenüber einer hypothetischen Entwicklung mit gleichbleibender Energieeffizienz („Frozen Efficiency“), insbesondere in den Branchen Metallerzeugung, Grundstoffchemie und Papiergewerbe jeweils bis 2020 und 2030.

Abbildung 3

Einsparpotenziale in der Industrie

In Petajoule



Quellen: Schlesinger et al. (2011), Pehnt et al. (2011).

Aus der dem Energiekonzept zugrundeliegenden Zielszenarien-Studie von Schlesinger et al. (2010) lassen sich Richtwerte für Einsparungen in verschiedenen Wirtschaftsbereichen identifizieren. Die nachfolgenden „Einsparziele“ für das Jahr 2030 sind als derartige Richtwerte zu verstehen, die sich an dem Szenario II A der genannten Studie orientieren. Diese werden verglichen mit den Projektionen von Pehnt et al. (2011). Dabei wird unterschieden zwischen einer Referenzentwicklung und darüber hinausgehenden weiteren wirtschaftlich attraktiven Potenzialen. Die Referenzentwicklung stellt dabei eine Art Business-as-usual-Szenario mit gleichbleibenden politischen Rahmenbedingungen dar.²

Um die Zielvorgaben der Bundesregierung bis 2030 erfüllen zu können, muss der Endenergieverbrauch der Industrie gegenüber 2008 um insgesamt knapp 650 PJ gesenkt werden (Schlesinger et al. 2010). Die energieträgerspezifischen Einsparziele können dabei in 160 PJ elektrischer Energie und 488 PJ für Brennstoffe unterteilt werden (Schlesinger et al. 2011). Abbildung 3 stellt die quantifizierten Einsparpotenziale für Querschnittsanwendungen und branchenspezifische Technologien der energieintensiven Industrie den politischen Zielen gegenüber (Schlesinger et al. 2011, Pehnt et al. 2011).

Die wirtschaftlichen Einsparpotenziale bei der elektrischen Energie sind bis 2030 höher als die Ziele der Bundesregierung. Nach aktuellem Kenntnisstand kann das elektrische Einsparziel jedoch nur unter der Prämisse erreicht werden, dass zunehmend in Einsparoptionen investiert wird. Einsparmengen, die auf Basis der aktuellen Entwicklung für Energieeffizienz (business as usual) in Zukunft erschlossen werden, nehmen etwa 75 PJ ein, so dass für eine vollständige

2 Schlomann et al. (2011) differenzieren ein „Marktpotenzial“, ein „zusätzliches wirtschaftliches Potenzial“ und ein „zusätzliches technisches Potenzial“. Während die Berechnungen für den Bereich der Brennstoffe denen von Pehnt et al. (2011) stark ähneln, ermitteln Schlomann et al. (2011) deutlich geringere Einsparpotenziale im Strombereich.

Erschließung aller wirtschaftlichen Potenziale die derzeitigen Bestrebungen verdreifacht werden müssten.

Die Brennstoff-Sparpotenziale bleiben dagegen weit hinter den Einsparzielen zurück. Selbst bei einer vollständigen Ausschöpfung des wirtschaftlichen Potenzials von 190 PJ würde das Ziel von 488 PJ deutlich verfehlt. Zurückzuführen ist dies auf die teilweise seit Dekaden eingesetzten Technologien, die einer physikalischen Begrenzung hinsichtlich der erzielbaren Einsparmengen unterliegen. So kann der Energieverbrauch nur bis zu einem technologiedeterminierten Minimum gesenkt werden, zum Beispiel durch nicht komplett zu reduzierende Reibungsverluste oder dem Carnot-Wirkungsgrad von Verbrennungsmaschinen. Aufgrund der umfangreichen bereits in der Vergangenheit realisierten Optimierungen wurden die „low hanging fruits“ schon größtenteils geerntet, sodass die quantifizierten unerschlossenen Potenziale deutlich niedriger sind als die gewaltigen Effizienzgewinne, die bei einigen Prozessen und Branchen in den letzten 50 Jahren möglich waren (Schlomann et al. 2011). Insbesondere radikale Prozessinnovationen und -substitutionen, zum Beispiel der Ersatz von Wasser als Teil des Trocknungsprozesses in der Papierindustrie, müssen künftig einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Energieziele leisten. Prozessinnovationen müssen daher in Zukunft parallel zu den bisherigen Effizienztechnologien in den Vordergrund treten. Diese können jedoch aufgrund hoher Risiken und langer Vorlaufzeiten nicht von der Industrie alleine getragen und entwickelt werden (BMWi 2010b).

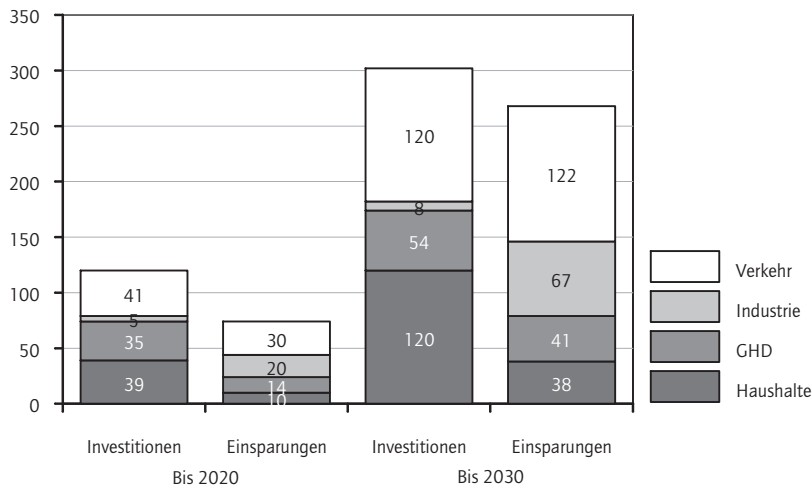
Insgesamt beträgt das Gesamtpotenzial (Strom und Brennstoffe) auf Grundlage der derzeitigen Diffusionsrate für Effizienzmaßnahmen etwa 160 PJ und somit nur ein Viertel der zur Energiezielerreichung erforderlichen Einsparmenge von etwa 650 PJ. Aber selbst bei voller Ausschöpfung der wirtschaftlichen Potenziale muss festgehalten werden, dass auf Grundlage der jetzigen Technologien die von der Bundesregierung unterstellten Einsparungen in der Industrie bis 2030 nicht erreicht werden können. Radikale Innovationen in den Bereichen Produktdesign und Produktion sind daher in Zukunft unabdingbar. Eine progressive Förderpolitik für innovative Technologien ist somit ein essentielles Instrument zur langfristigen Klimazielerreichung. Die geförderte Einführung und Diffusion von Klimaschutztechniken leistet dabei einen wichtigen Beitrag für Unternehmen und Regionen, die sich frühzeitig auf die Bereitstellung und Nutzung von innovativen Technologien spezialisieren und damit ihre Wettbewerbsposition stärken und ausbauen wollen (BMU 2012).

5 **Investitionen in Effizienzmaßnahmen in der Industrie sind besonders rentabel, werden aber trotzdem unzureichend erschlossen**

Obwohl, wie oben diskutiert, die Erschließung der selbstgesteckten Einsparziele der Bundesregierung in der Industrie schwer zu erreichen sind, zeigen Pehnt et al. (2011), dass die vielfältig existierenden Einsparpotenziale oftmals hochrentabel und somit abseits der reinen Nachhaltigkeitsbetrachtung für Unternehmen interessant sind. So sind im Vergleich zu anderen Wirtschaftsbereichen trotz der niedrigen sektorspezifischen Energiepreise im Schnitt Effizienzpotenziale in der Industrie am rentabelsten. Dabei reichen die Einsparoptionen von Investitionen in effizientere Querschnittstechnologien bis hin zu systemübergreifenden branchenspezifischen Prozessoptimierungen. Sind für die Ausschöpfung der quantifizierten industriellen Einsparpotenziale bis 2020 Investitionen von etwa fünf Milliarden Euro erforderlich, so ergeben sich

Abbildung 4

Kumulierte Investitionen und Einsparungen in verschiedenen Sektoren



Quelle: Pehnt et al. (2011).

kumulierte monetäre Einspareffekte von rund 20 Milliarden Euro. Bis 2030 sind kumulierte Investitionen in Höhe von acht Milliarden Euro notwendig, um die Energieeinsparungen von insgesamt 67 Milliarden Euro zu heben. Abbildung 4 stellt die Investitionen den zu generierenden Einsparungen jeweils bis 2020 und 2030 gegenüber (Pehnt et. al. 2011).

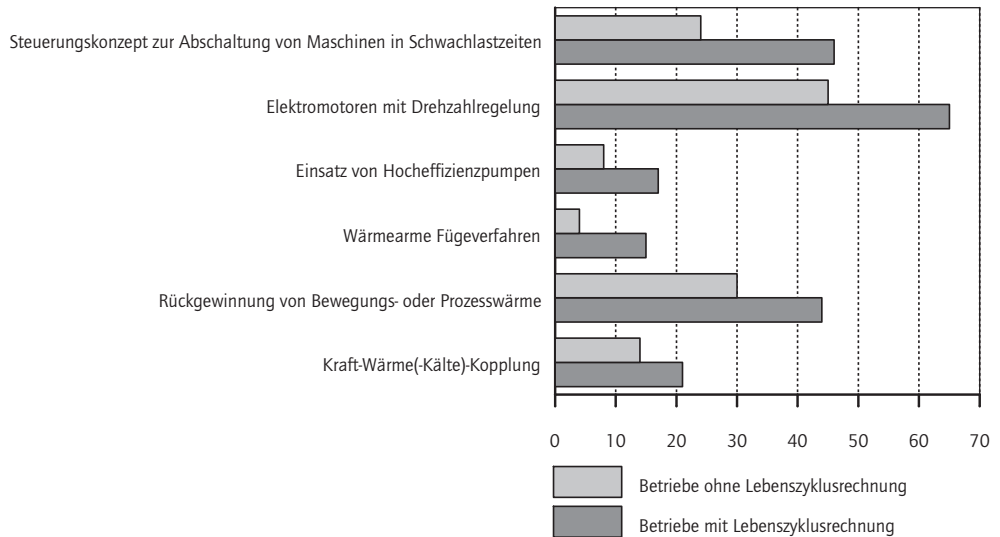
Trotz deutlich höherer spezifischer Energiepreise induzieren Investitionen in Effizienzmaßnahmen in den Sektoren Haushalte, GHD und Verkehr durchschnittlich deutlich geringere Kosteneinsparungen gegenüber den erforderlichen Aufwendungen. Insbesondere im Bereich der Gebäude (Haushalte und GHD) ist dies auf längere Amortisationszeiten (zwischen acht und 40 Jahren) zurückzuführen, während sich in der Industrie Investitionen oftmals bereits nach drei bis fünf Jahren rechnen. Im Verkehrssektor dauert es besonders lange, bis energieeffiziente Technologien Marktreife erlangen. Daher errechnen Pehnt et al. (2011) im Jahr 2020 noch für den Verkehr eine negative Bilanz, während im Jahr 2030 die Einsparungen die Aufwendungen übertreffen. Insgesamt sind für die Hebung der nach Pehnt (2011) quantifizierten Sektorpotenziale etwa 120 Milliarden Euro bis 2020 erforderlich. Die Deutsche Energieagentur schätzt eine ähnliche Größenordnung ab, wonach für die Realisierung von Effizienzmaßnahmen Investitionen von gut 100 Milliarden Euro erforderlich sind. Laut dieser Studie belaufen sich die so eingesparten Energiekosten bereits bis 2020 auf etwa den gleichen Betrag (Dena 2012a). Insgesamt herrscht jedoch Einigkeit darüber, dass insbesondere in der Industrie Energiesparmaßnahmen hohe monetäre Einsparungen und somit auch eine hohe Investitionsrendite ermöglichen (Pehnt et al. 2011, Roland Berger 2011, BLU 2004).

Dennoch fehlt es dem Thema Energieeffizienz an Wahrnehmung und Förderung. Die derzeitigen Bestrebungen reichen aktuell nicht aus, um die quantifizierten wirtschaftlichen Potenziale auszuschöpfen. Ein wesentliches Hemmnis resultiert dabei aus der unvollständigen Informati-

Abbildung 5

Einsatz von Effizienztechnologien in Unternehmen mit und ohne Lebenszyklusrechnung

In Prozent

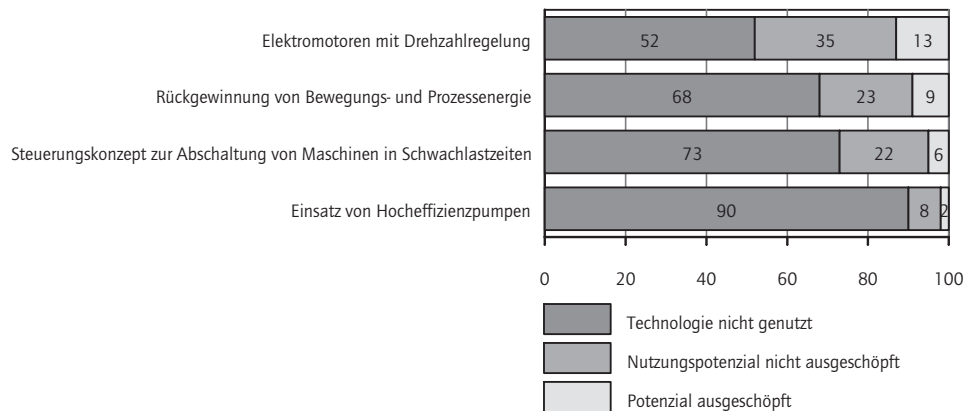


Quelle: Schröter et al. (2009).

Abbildung 6

Unerschlossene Einsparpotenziale ausgewählter Effizienztechnologien

In Prozent



Quelle: Schröter et al. (2009).

onsbasis, auf deren Grundlage Investitionsentscheidungen getroffen werden. So setzen Unternehmen, die die Lebenszyklusrechnungen (Total Cost of Ownership – kurz: TCO) als Grundlage für Investitionsentscheidungen nutzen, verstärkt Effizienztechnologien ein gegenüber Unternehmen, die diese Methode nicht nutzen (Abbildung 5).

Beispielsweise werden Drehzahlregler für Elektromotoren um 20 Prozentpunkte häufiger in Unternehmen mit Lebenszyklusrechnung eingesetzt als in Unternehmen ohne einen entsprechenden Kostenansatz. Insgesamt ist ein Teil des bisher ungenutzten Potenzials auf die Verwendung unterschiedlicher Bewertungskriterien zurückzuführen. Dabei wird deutlich, dass für die Ausschöpfung des Energieeffizienzpotenzials auch besonders die Sensibilität, Transparenz und notwendige Informationsbasis der Unternehmen und Akteure wichtige Erfolgsfaktoren darstellen.

Weitere Gründe für unerschlossene Potenziale sind, wie oben bereits angedeutet, zu hohe Anforderungen an die Amortisationszeit – vielfach werden hier zwei bis drei Jahre gefordert (Biebele 2012). Dies hat einen massiven Ausschluss hochrentabler Einsparoptionen zur Folge, denn die Amortisationszeit enthält nur eine Aussage darüber, wann das eingesetzte Kapital wieder zurückgeflossen ist, und trifft keine Aussagen zur Rentabilität eines Projektes (IHK 2007). In Summe existiert eine Vielzahl ungenutzter Einsparpotenziale, die auszugswise in Abbildung 6 dargestellt werden (Schröter et al. 2009). Deutlich wird, dass trotz hohem Einsparpotenzial eine Vielzahl effizienter Technologien bisher nicht zu Anwendung kommt.

6 Fazit: Steigerung der Energieeffizienz unverzichtbar

Dieser Artikel zeigt die teilweise erheblichen Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz in der Bundesrepublik Deutschland auf. Insbesondere in der Industrie können Investitionen in Energieeffizienz mit enormen Kosteneinsparungen einhergehen. Dennoch werden Maßnahmen nur unzureichend in Angriff genommen. Dies betrifft vor allem die Industrie. In erster Linie ist also die Politik gefordert, entsprechende Rahmenbedingungen unter anderem für die Förderung von Forschung und Entwicklung zu schaffen. Darüber hinaus gilt es, in Unternehmen Such- und Transaktionskosten zu senken, zum Beispiel durch bessere Information oder Standardisierung. Ein reiner Fokus auf graduelle Verbesserungen der Energieeffizienz kann aber bestenfalls ein Zwischenziel sein. Langfristig erfordert der Rebound-Effekt die Generierung von Technologiesprüngen. Produkte müssen in Zukunft mit dem geringstmöglichen, ausschließlich durch erneuerbare Energien bereitgestellten Energieaufwand gefertigt werden. Des Weiteren gilt es, die verwendeten Werkstoffe möglichst ressourcenschonend einzusetzen, also möglichst eine 100-Prozent-Wiederverwendungsquote zu erreichen. Die Generierung einer „cradle-to-cradle“ (von der Wiege zur Wiege) orientierten Produktgestaltung ist daher ein Kernziel zukünftiger produkt- und produktionsorientierter Forschung.

Die Bundesregierung steht in der Pflicht, dies zu unterstützen und eine optimale Umsetzung der Energiewende zu gestalten. Dabei ist die anwenderseitige Energieeffizienz neben dem dringend benötigten Ausbau der erneuerbaren Energien ein essentieller Stellhebel. Es wurde gezeigt, dass für die Erhöhung der Energieeffizienz eine Steigerung der Energiepreise nicht ausreicht. Weitere politische Maßnahmen sind zu ergreifen, insbesondere in Bezug auf die Industrie. Perspektivisch muss Energiesparen zum integrativen gesellschaftlichen Ansatz werden, positiv assoziiert mit der Energiewende, einem der größten und wichtigsten volkswirtschaftlichen Projekte

Deutschlands. Eine Vielzahl von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz kann in der Industrie unterjährig umgesetzt werden, und sie entfalten sofort ihre Wirkung. Jedoch bleiben immer wieder teilweise erhebliche ökonomische Potenziale unerschlossen.

Zur Überwindung der Hemmnisse und zur Realisierung der vorhandenen Effizienzpotenziale in allen Bereichen, insbesondere der Industrie, müssen Entscheidungsträger, in Anlehnung an IEA (2012), die folgenden Handlungsfelder angehen:

1. Verbesserung der Messung und der Kommunikation von wirtschaftlichem Nutzen, um Energieeffizienz „sichtbar zu machen“
2. Bedeutung von Energieeffizienz erhöhen: Energieeffizienz muss integraler Bestandteil in Entscheidungsprozessen auf Regierungsebene, in der Wirtschaft und in der Gesellschaft werden
3. Sicherstellen von Erträgen für Investoren durch Schaffen von Anreizen und Finanzierungsinstrumenten sowie Förderung geeigneter Geschäftsmodelle
4. Energieeffiziente Technologien etablieren, durch gesetzliche Verbannung der am wenigsten effizienten Konzepte sowie Schaffung von Anreizen für effizienteste Lösungen
5. Kontrolle, Überprüfung und Durchsetzung von Energieeinsparungen
6. Sicherstellung von personellen sowie finanziellen Kapazitäten auf der Ebene der Unternehmensführung und staatlichen Verwaltungsorgane durch höhere Investitionen

Einen in Deutschland bisher nahezu ungenutzten Ansatz zur Steigerung der Energieeffizienz stellen Energiesparfonds dar. Die Einführung des sogenannten *Stromsparfonds* Ende 1996 in Dänemark hat das hohe Potenzial dieser Systeme gezeigt. Der vornehmlich auf die Sektoren private Haushalte sowie öffentliche Gebäude fokussierende Fonds wird seit 1998 durch einen Aufschlag in Höhe von etwa 0,08 ct/kWh auf den Strompreis finanziert (Wortmann 2000, Thomas 2007). Das somit erwirtschaftete Budget in Höhe von circa zwölf Millionen Euro wird in Form von Zuschüssen zur Förderung diverser Projekte verwendet. Beispiele dafür sind die Unterstützung energetischer Sanierungen oder der Entwicklung effizienter Technologien. Gefördert werden dabei nur solche Projekte, die im Vergleich zu anderen beantragten Projekten das größte CO₂-Vermeidungspotenzial und geringe Kosten aufweisen. Je zwei Evaluierungen aus den Jahren 1999 und 2004 verdeutlichen die Erfolge der dänischen Energieeffizienz-Politik. Die Kosten der Vermeidung einer Tonne CO₂ wurden dabei mit vergleichsweise geringen neun Euro im Jahr 1999 und zwölf Euro im Jahr 2004 beziffert (Wortmann 2000, Brüggemann 2005). Ein solcher Energiesparfonds wäre auch für Deutschland eine vielversprechende Option.

Literaturverzeichnis

- AGEB – Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2011) (Hrsg.): Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2009 und 2010. Berlin.

- AGEb – Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2013) (Hrsg.): Ausgewählte Effizienzindikatoren zur Energiebilanz Deutschland. Daten für die Jahre von 1990 bis 2012. Berlin, September 2013.
- BDEW – Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. Erneuerbare Energien und das EEG (2013): Zahlen, Fakten, Grafiken (2013). Berlin.
- Biebeler, H. (Hrsg.) (2012): IW-Umweltexpertenpanel 2011 – Umwelt- und Energiepolitik im Meinungsbild der Wirtschaft. Institut der deutschen Wirtschaft Köln.
- BLU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2004): Klima schützen – Kosten senken – Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe. Augsburg.
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2011a): Kurzinfo Energiewende. Berlin. www.bmu.de/themen/klima-energie/energiewende/kurzinfo/ (9.9.2013).
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2011b): Einfluss der Umwelt- und Klimapolitik auf die Energiekosten der Industrie – Mit Fokus auf die EEG-Umlage. Berlin.
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2012): GreenTech made in Germany 3.0 – Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland. Berlin.
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.) (2010): Energietechnologien 2050 – Schwerpunkte für Forschung und Entwicklung. Berlin.
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2013): Zahlen und Fakten – Energiedaten – Nationale und internationale Entwicklung. www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiedaten-und-analysen/energiedaten.html (28.10.2013).
- BMWi und BMU – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Berlin.
- Brüggemann, A. und F. Keppler (2005): Energieeffizienz-Fonds: Erkenntnisse aus dem europäischen Ausland und mögliche Ansatzpunkte für Deutschland. Energie effizient nutzen: Klima schützen, Kosten senken, Wettbewerbsfähigkeit steigern. Sonderpublikation der KfW Bankengruppe, Frankfurt a. M.
- BUND – Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (Hrsg.) (2010): Steigerung der Stromeffizienz: Instrumenten-Mix mit Effizienzfonds.
- Dena – Deutsche Energie-Agentur GmbH (Hrsg.) (2012a): Steigerung der Energieeffizienz mit Hilfe von Energieeffizienz-Verpflichtungssystemen. Berlin.
- Dena – Deutsche Energie-Agentur GmbH (Hrsg.) (2012b): EU-Energieeffizienz-Richtlinie in Kraft getreten (4.12.2012). www.dena.de/aktuelles/alle-meldungen/eu-energieeffizienzrichtlinie-in-kraft-getreten.html (28.10.2013).
- Greening, L. A., D. L. Greene und C. Dfiglio (2000): Energy efficiency and consumption – the rebound effect – a survey. *Energy Policy*, 28, 389–401.
- Hamenstädt, U. (2008): Bestimmung der Preiselastizität für Strom. Universität Münster.
- Hirzel, S., B. Sontag und B. Rohde (2011): Betriebliches Energiemanagement in der industriellen Produktion. Karlsruhe, Fraunhofer ISI 2011. www.oeffizienzfabrik.de/sites/oeffizienzfabrik/files/doku-mente/ISI_Kurzstudie_Energiemanagement.pdf (7.5.2013).
- IEA – International Energy Agency (Hrsg.) (2012): World Energy Outlook 2012 – Zusammenfassung. Paris, IEA Publications.
- IHK – Industrie- und Handelskammer Rheinland-Pfalz und dem Saarland (Hrsg.) (2007): Energieeffizienz in produzierenden Unternehmen – Hemmnisse, Erfolgsfaktoren, Instru-

- mente – Eine Unternehmensbefragung über Energieeffizienz in produzierenden Unternehmen in Rheinland-Pfalz und dem Saarland. Koblenz.
- Industrie- und Handelskammer Karlsruhe (IHK) (Hrsg.) (2009): Energiepreise und Unternehmensentwicklung in Baden-Württemberg. Karlsruhe.
 - IREES – Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien (Hrsg.) (2011): 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. www.irees.de/irees-wAssets/docs/publications/projektbericht-report/gutachten_energiesteuer_irees_de.pdf (2013).
 - Lijesen, M. G. (2007): The real-time price elasticity of electricity. *Energy Economics*, 29, 249–258.
 - Pehnt, M. et al. (2009): Klimaschutz, Energieeffizienz und Beschäftigung – Potenziale und volkswirtschaftliche Effekte einer ambitionierten Energieeffizienzstrategie für Deutschland. Berlin. www.ifeu.de/energie/pdf/Klimaschutz_Energieeffizienz_und_Beschaeftigung.pdf (7.5.2013).
 - Pehnt, M. et al. (2011): Endbericht – Energieeffizienz – Potenziale, volkswirtschaftliche Effekte und innovative Handlungs- und Förderfelder für die Nationale Klimaschutzinitiative. Heidelberg, Karlsruhe, Berlin, Osnabrück, Freiburg. www.ifeu.de/energie/pdf/NKI_Endbericht_2011.pdf (7.5.2013).
 - Prognos AG (Hrsg.) (2009): Energieeffizienz in der Industrie – Eine makroskopische Analyse der Effizienzentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der Rolle des Maschinen- und Anlagenbaus. Berlin.
 - Prognos AG (Hrsg.) (2013): Endbericht – Endenergieeinsparziel gem. Art. 7 EED und Abschätzung der durch politische Maßnahmen erreichbaren Energieeinsparungen. Berlin.
 - Rogers, E. M. (2003): *Diffusion of Innovations*. 5. Aufl. New York, Free Press.
 - Roland Berger Strategy Consultants (Hrsg.) (2011): Effizienzsteigerung in stromintensiven Industrien – Ausblick und Handlungsstrategien bis 2050. München.
 - Schlesinger, M. et al. (2010): Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Basel, Köln, Osnabrück. www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energieszenarien_2010.pdf (7.5.2013).
 - Schломann, B. et al. (2011): 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. www.isi.fraunhofer.de/isi-media/docs/x/de/publikationen/Branchentechnologien-FraunhoferISI-IREES-Hassan-Schlussbericht-Maerz2011-ueberarbeitet_v3.pdf (7.5.2013).
 - Schröter, M., U. Weißfloch und D. Buschak (2009): Energieeffizienz in der Produktion – Wunsch oder Wirklichkeit? Energieeinsparpotenziale und Verbreitungsgrad energieeffizienter Techniken – Mitteilungen aus der ISI-Erhebung zur Modernisierung der Produktion. Karlsruhe, Fraunhofer ISI.
 - Sorrell, S. und J. Dimitropoulos (2008): The rebound effect – Microeconomic definitions, limitations and extensions. Geiger.
 - StBA – Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2012): *Umweltnutzung und Wirtschaft – Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen, Teil 3: Luftemissionen*. Wiesbaden.
 - Thomas, S. (2007): Aktivitäten der Energiewirtschaft zur Förderung der Energieeffizienz auf der Nachfrageseite in liberalisierten Strom- und Gasmärkten europäischer Staaten: Kriteriengestützter Vergleich der politischen Rahmenbedingungen. In: *Kommunalwirtschaftliche Forschung und Praxis*. Bd. 13. Frankfurt a. M.

- UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2011a): Energieeffizienz in Zahlen – Endbericht. Dessau-Roßlau.
- UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2011b): Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland nach Sektoren, 2011. www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/dokumente/pi-2013-05_anlage_treibhausgasemissionen.pdf (28.10.2013).
- UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2012a): Energieproduktivität und Energieintensität, 2012. www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umwelt-daten/public/theme.do?nodeIdent=2324 (6.2.2013).
- UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2012b): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2012. Dessau-Roßlau.
- VBW – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V. (Hrsg.) (2012): Energieeffizienz in der Industrie. München.
- Wortmann, K. und R. Menges (2000): Der Energy Saving Trust als Förderinstrument für Energieeffizienz im liberalisierten Markt. Zeitschrift für Energiewirtschaft, 1, 51–68.