

Klimaschutz, Energieeffizienz und Beschäftigung

Potenziale und volkswirtschaftliche Effekte einer ambitionierten Energieeffizienzstrategie für Deutschland

Bericht im Rahmen des Forschungsvorhabens

„Wissenschaftliche Begleitforschung zu übergreifenden technischen, ökologischen, ökonomischen und strategischen Aspekten des nationalen Teils der Klimaschutzinitiative“

Gefördert durch:
Bundesministerium für
Umwelt, Naturschutz und
Reaktorsicherheit

Autoren:
Dr. Martin Pehnt
Dr. Christian Lutz
Friedrich Seefeldt
Barbara Schlomann
Marco Wunsch
Dr. Ulrike Lehr
Udo Lambrecht
Tobias Fleiter

Berlin,
29. Juli 2009

Inhalt

1	Zusammenfassung	1
2	Ausgangslage und Zielsetzung	5
3	Untersuchte Effizienzmaßnahmen	7
3.1	Effizienzmaßnahmen im Sektor der Privaten Haushalte.....	7
3.1.1	Überblick	7
3.1.2	Kurzbeschreibung der ausgewählten Effizienzmaßnahmen	8
3.1.3	Politische Ansatzpunkte zur Umsetzung der Effizienzmaßnahmen	11
3.2	Effizienzmaßnahmen im Sektor Gewerbe, Handel & Dienstleistungen	13
3.2.1	Überblick	13
3.2.2	Kurzbeschreibung der ausgewählten Effizienzmaßnahmen	13
3.2.3	Politische Ansatzpunkte zur Umsetzung der Effizienzmaßnahmen	15
3.3	Effizienzmaßnahmen im Sektor Industrie	16
3.3.1	Überblick	16
3.3.2	Kurzbeschreibung der ausgewählten Effizienzmaßnahmen	17
3.3.3	Politische Ansatzpunkte zur Umsetzung der Effizienzmaßnahmen	18
3.4	Effizienzmaßnahmen im Verkehrssektor	19
3.4.1	Überblick	19
3.4.2	Kurzbeschreibung der ausgewählten Effizienzmaßnahmen	20
3.4.3	Politische Ansatzpunkte zur Umsetzung der Effizienzmaßnahmen	21
3.5	Einordnung der Ergebnisse.....	22
4	Volkswirtschaftliche Effekte der untersuchten Effizienzmaßnahmen	26
4.1	Beschreibung des Vorgehens und des Modells.....	26
4.2	Modellergebnisse – Darstellung und Einordnung	27
4.2.1	Gesamtwirtschaftliche Impulse und Effekte	27
4.2.2	Energiekenngrößen.....	32
4.2.3	Einordnung der Ergebnisse.....	33
4.3	Auswirkungen der Finanzkrise auf die Energieeffizienz.....	34
4.4	Auswirkungen erhöhter Exportchancen auf Umsatz und Beschäftigung	35
5	Literaturverzeichnis	37

1 Zusammenfassung

Die Bundesregierung hat im Bereich **Klimaschutz und Energieeffizienz** ambitionierte **Ziele**. Die Treibhausgasemissionen sollen bis 2020 gegenüber 1990 um 40 % sinken. Im selben Zeitraum soll sich die volkswirtschaftliche Energieproduktivität verdoppeln; hierzu ist eine Steigerung der Energieproduktivität von mehr als 3 % pro Jahr erforderlich.

Die vorliegende Kurzstudie „Klimaschutz, Energieeffizienz und Beschäftigung“ ist Teil einer umfangreichen Untersuchung für die weitere Ausgestaltung des nationalen Teils der Klimaschutzinitiative (NKI) gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Dabei sollen Ansatzpunkte, Potenziale und Instrumente einer ambitionierten Energieeffizienzpolitik systematisch untersucht werden.

Die **Bedeutung zusätzlicher Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz bis 2020** für die Erreichung der nationalen **Klima- und Energieziele** sowie die **gesamtwirtschaftlichen Effekte** einer derartigen Effizienzstrategie insbesondere für die **Beschäftigung** sind Gegenstand der vorliegenden Analyse. Dabei liegt die Hypothese zugrunde, dass Klimaschutz- und Effizienzmaßnahmen nicht nur zu einer unmittelbaren Reduktion der Umweltwirkungen und Energieimporte führen, sondern auch vielfältige direkte und vor allem indirekte volkswirtschaftliche Effekte induzieren.

Zur Untersuchung dieser These wurden für **33 konkret definierte Energieeffizienz- und Energiesparmaßnahmen** bis 2020 die Potenziale und erforderlichen Differenzinvestitionen ermittelt. Hierzu wurden bestehende Studien und Materialien ausgewertet. Ausgangspunkt der Studie (Referenz) ist die so genannte 2 %-Variante des Energiegipfels 2007 (vgl. Energieszenarien zum Energiegipfel [prognos/EWI 2007]), in der bereits eine Fortschreibung aktueller Energiepolitik unterstellt wird. Die vorliegende Studie umreißt damit die **über die Referenz hinaus** bis 2020 zu erschließenden kosteneffizienten Potenziale und erforderlichen Investitionen in den Sektoren Private Haushalte (PHH), Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD), Industrie und Verkehr. Im Rahmen des Integrierten Energie- und Klimaprogramms der Bundesregierung (IEKP) wurde bereits mit der Umsetzung der hier betrachteten Maßnahmen (z. B. im Bereich Gebäudesanierung) begonnen.

Grundlage für die betrachteten Maßnahmen sind **marktverfügbare** und wirtschaftliche **Technologien**, die im Rahmen üblicher bzw. leicht beschleunigter Reinvestitionszyklen modellhaft eingeführt wurden. Die notwendigen Investitionen betreffen dabei in großer Breite energiesparende Gebäude, effiziente Geräte, Heizungsanlagen, raumluftechnische Anlagen, Prozesse und Antriebe sowie niedriginvestive Maßnahmen wie Schulungen zum energieeffizienten Verhalten, etwa im Verkehr.

Summiert man das **zusätzliche energetische Einsparpotenzial** der so identifizierten Maßnahmen auf, so liegt die Einsparung bei 837 PJ Endenergie gegenüber der Referenz **oder rund 10 % des heutigen (2007) Endenergiebedarfs**. Die Stromeinsparung der Maßnahmen beläuft sich gegenüber dem Referenzszenario auf rund 260 PJ im Jahr 2020; das entspricht einer Einsparung gegenüber der Referenz von 14 % des Strombedarfs 2005 oder der Stromerzeugung in etwa zehn großen Kraftwerken.

Die Energieproduktivität steigt mit diesen Maßnahmen um mehr als 90 %, d.h. die Erschließung der identifizierten Einsparpotenziale würde zu **einem erheblichen Teil zum Ziel der Verdopplung** der Energieproduktivität bis 2020 **beitragen**.

Die durch das zusätzliche Maßnahmenbündel **eingesparten CO₂-Emissionen** belaufen sich auf **77 Mio. t** im Jahr 2020 gegenüber der Referenzentwicklung. Dies entspricht einer Einsparung von **9 % der Emissionen des Jahres 2008**. Eine ambitionierte Energieeffizienzstrategie liefert damit einen zentralen Beitrag zur Erreichung des nationalen Klimaschutzziels der Bundesregierung. Allein durch die hier betrachteten Effizienzmaßnahmen sowie die in der Referenz enthaltenen CO₂-Minderungen würden die CO₂-Emissionen im Zeitraum 1990 bis 2020 um etwa 35% sinken. Wenn weitere, in dieser Studie nicht berücksichtigte Klimaschutzmaßnahmen hinzu kommen – etwa in den Bereichen erneuerbare Energien, Kraftwerke und Güterverkehr – dann ist insgesamt **von einer Einhaltung des 40 %-Klimaschutzziels auszugehen**. Umgekehrt zeigt sich, dass eine solche ambitionierte Effizienzstrategie, flankiert von weiteren Maßnahmen, erforderlich ist, um die Reduktionsziele einzuhalten.

Allein die zusätzlichen Effizienzmaßnahmen lösen eine Reihe positiver volkswirtschaftlicher Impulse aus. Durch die zusätzlichen Investitionen, die eingesparten Energiekosten und die gestiegene Produktivität der Unternehmen kommt es bereits in einer **konservativen Abschätzung** zu einer **Nettomehrbeschäftigung** gegenüber der Referenz von rund **260.000 Beschäftigten**. Das Bruttoinlandsprodukt wird durch die zusätzliche Nachfrage um 0,9 % im Jahr 2020 gesteigert. Die positiven Beschäftigungseffekte streuen breit, so dass keine Angebotsengpässe an qualifizierten Beschäftigten zu erwarten sind.

Noch nicht berücksichtigt sind in dieser Bilanz positive Beschäftigungseffekte, die sich durch steigende **Exportpotenziale** und neu geschaffene **Leitmärkte** ergeben könnten. Deutschland hat bei Energieeffizienz bereits jetzt in verschiedenen Sektoren eine führende Position. Wenn diese Position weiter ausgebaut wird und der Weltmarkt wächst, dann kann eine ambitionierte Effizienzstrategie **noch stärkere Wachstums- und Beschäftigungsimpulse** geben.

Die Erdgasimporte im Jahr 2020 reduzieren sich um 320 PJ Erdgas (10,6%), die Erdölimporte um rund 290 PJ Erdöl (6,5%). Monetär bewertet entspricht dies **Einsparungen an Energieimporten** in Höhe von rund **6 Mrd. €** Würde sich der Erdölpreis nicht gemäß des relativ niedrigen Preispfades aus den Energieszenarien entwickeln (rd. 50 US\$₂₀₀₅ pro Barrel im Jahr 2020), sondern entlang der Preisschätzungen der IEA, so würden die Einsparungen an Energieimporten auf rund **12 Mrd. €** ansteigen. Auch bezüglich der Beschäftigungseffekte ist davon auszugehen, dass in einem Szenario mit höheren Energiepreisen die Nettomehrbeschäftigung noch höher ausfällt.

Insgesamt werden im Jahr 2020 **Energiekosten in Höhe von 19 Mrd. € eingespart**, wobei der größte Teil auf den Verkehrsbereich und die privaten Haushalte entfällt (40% bzw. 35 %). Da überwiegend wirtschaftliche Technologien eingesetzt werden, ist dieser Effekt nach Ablauf der jeweiligen Amortisationszeit umso bedeutender. In dieser Betrachtung ist die möglicherweise gesteigerte Innovationskraft der Unternehmen noch nicht quantifiziert. **Die Stromkosten werden um rund 9 Mrd. € reduziert.**

Um diese Potenziale zu erschließen, ist ein Bündel **verschiedener und ambitionierter politischer Instrumente** erforderlich. Die hier betrachtete Effizienzstrategie setzt **ein auf das jeweilige Segment abgestimmtes Instrumentarium** voraus, das Ordnungsrecht, transparente Information und Kennzeichnung sowie darüber hinaus **zusätzliche Förderung für hocheffiziente Technologien** vereint. Hierbei kommt der **Klimaschutzinitiative** eine wichtige Aufgabe zu. Die Ausgestaltung der erforderlichen Fördermaßnahmen und

ihre wirksame Abstimmung mit Ordnungsrecht und Informationsmaßnahmen werden in weiteren Teilen des Gesamtvorhabens näher untersucht. Unabhängig vom eingesetzten Instrumentarium zeigt aber die hier vorgelegte Untersuchung, dass Investitionen in Energieeffizienz und Energieeinsparung die Treibhausgasemissionen deutlich senken und zusätzliche Arbeitsplätze schaffen.

Tabelle 1.1: Überblick über die untersuchten Maßnahmen

Nr.	Maßnahme
Private Haushalte	
P1	Gebäudesanierung im Bestand
P2	Hocheffizienter Gebäudeneubau
P3	Einsatz effizienter Lampen
P4	Einsatz effizienter Haushaltsgeräte
P5	Reduktion des Betriebsverbrauchs von IuK-Geräten
P6	Reduktion des Standby-Verbrauchs von IuK- und Haushaltsgeräten
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	
G1	Gebäudesanierung im Bestand und Neubau
G2	Optimierung von RLT-Anlagen
G3	Effiziente Kühlgeräte
G4	Effiziente Beleuchtung
G5	Effiziente Bürogeräte
G6	Straßenbeleuchtung Systemoptimierung
G7	Einsatz von LED-Lampen
Industrie	
I1	Motorsysteme - Hocheffiziente Motoren (bis IE3 Effizienzklasse)
I2	Druckluftsysteme – Systemoptimierung (außer Motor)
I3	Pumpensysteme – Systemoptimierung (außer Motor)
I4	Ventilatorsysteme – Systemoptimierung (außer Motor)
I5	Kältebereitstellung – Systemoptimierung (außer Motor)
I6	Übrige Motorsysteme – Systemoptimierung (außer Motor)
I7	Effiziente Beleuchtung
I8	Erzeugung von Prozessdampf – Effiziente Dampf- und Heißwassererzeugung
I9	Trocknung – Effiziente Trockner
I10	Industrieöfen – Effizienzmaßnahmen
I11	Raumwärme – Effiziente Gas-Brennwertkessel
Verkehr	
V1	Einführung effizienter Pkw
V2	Einführung Hybrid-Linienbusse
V3	Einführung Hybrid-Leichte-Nutzfahrzeuge
V4	Leichtlaufreifen Pkw
V5	Leichtlaufreifen Lkw
V6	Leichtlauföle Pkw
V7	Energieeffizientes Fahren – Pkw
V8	Fahrschulung Lkw
V9	Verlagerung innerörtlicher Pkw-Verkehr auf ÖPNV und Fahrrad

2 Ausgangslage und Zielsetzung

Vor dem Hintergrund ambitionierter klima- und energiepolitischer Zielsetzungen im nationalen und internationalen Kontext hat das Bundesumweltministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (im Folgenden: NKI) eine Reihe von Förderprogrammen und Vorhaben initiiert, die einen wesentlichen Beitrag leisten sollen, die Treibhausgasemissionen bis 2020 gegenüber 1990 um 40 % zu senken.

Klimaschutz- und Effizienzmaßnahmen führen nicht nur zu einer unmittelbaren Reduktion der Umweltwirkungen und Energieimporte, sondern haben auch vielfältige direkte und vor allem indirekte volkswirtschaftliche Effekte. Dem unmittelbaren Nachfrageimpuls stehen die Finanzierungskosten gegenüber. Langfristig reduzieren die Investitionen die Energienachfrage und senken die Produktionskosten der Unternehmen bzw. erhöhen die Ausgabenspielräume der privaten Haushalte. Darüber hinaus lassen sich zusätzliche Exportpotenziale erschließen. Das langfristige Energiepreinsniveau spielt dabei eine wichtige Rolle.

In der „Bekanntmachung über die Förderung von Vorhaben zur Weiterentwicklung des nationalen Teils der Klimaschutzinitiative“ hat das BMU Untersuchungen ausgeschrieben, die Impulse zur strategischen Weiterentwicklung des Programms leisten sollen. Im Rahmen eines Verbundprojekts, durchgeführt von einem Konsortium bestehend aus IFEU, Fraunhofer ISI, prognos, GWS und weiteren Instituten soll die NKI in einen wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Kontext eingebettet und eine strategische Verortung des Programms im Kanon der politischen Instrumente und potenziellen Förderobjekte vorgenommen werden.

Zu diesem Zweck besteht das Projekt aus verschiedenen Komponenten und vereint eine Kurzstudie, die der Standortbestimmung gilt und vorhandenes Wissen bündelt und verfügbar macht, mit einer weiterführenden Studie, bei welcher die Potenzialanalysen und die eingesetzten Modelle fortentwickelt werden, um Vorschläge zu einer strategischen Weiterentwicklung der NKI und zu neuen Förderansätzen in ausreichender Tiefe prüfen zu können.

Für die vorliegende Kurzstudie stand nicht die vollständige Quantifizierung des Effizienzpotenzials im Vordergrund, sondern vielmehr die detaillierte Abbildung der Differenzkosten und Energieeinsparungen ausgewählter Maßnahmen mit dem Ziel einer Abbildung der volkswirtschaftlichen Effekte dieser Maßnahmen.

Zu diesem Zweck wurden für ein Bündel von 33 konkret definierten Energieeffizienz- und Energiesparmaßnahmen die Energieeinsparpotenziale und erforderlichen Differenzinvestitionen ermittelt. Ausgangspunkt der Studie (Referenz) ist die so genannte 2 %-Variante des Energiegipfels 2007 (vgl. Energieszenarien zum Energiegipfel [prognos/EWI 2007]), in dem bereits eine Fortschreibung aktueller Energiepolitik unterstellt wird. Die vorliegende Kompaktstudie umreißt damit die *über die Referenz hinaus* zu erschließenden Potenziale und erforderlichen Investitionen in den Sektoren Private Haushalte (PHH), Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD), Industrie und Verkehr.

Dieses Bündel von 33 Maßnahmen bildet einen bedeutenden Anteil der möglichen Energieeffizienz- und -einsparmaßnahmen in den hier untersuchten Endverbrauchssektoren ab. Darüber hinaus stehen weitere Maßnahmen mit mitunter beträchtlichen Einsparpoten-

zialen zur Verfügung, beispielsweise branchenspezifische Maßnahmen in der Industrie oder infrastrukturelle Maßnahmen im Verkehrssektor wie Verkehrsvermeidung durch stadtplanerische Maßnahmen oder Verkehrsverlagerung im Güterverkehr sowie Maßnahmen zur Auslastungserhöhung im Personen- und Güterverkehr. Hinzu kommen Maßnahmen des Umwandlungssektors beispielsweise durch eine Steigerung der Effizienz des Kraftwerksparks oder einen Energieträgerwechsel. Diese sind jedoch nicht Gegenstand dieser Studie.

3 Untersuchte Effizienzmaßnahmen

3.1 Effizienzmaßnahmen im Sektor der Privaten Haushalte

3.1.1 Überblick

Der Energieverbrauch der privaten Haushalte wird von der Raumwärmeerzeugung dominiert, auf diesen Verwendungszweck entfallen knapp 80 % des Gesamtverbrauchs. Jeweils rund 10 % entfallen auf die Warmwassererzeugung und den Stromverbrauch von Elektrogeräten und Lampen [prognos 2007]. Die untersuchten und quantifizierten Maßnahmen decken im Bereich der Haushalte den gesamten Energieverbrauch sehr gut ab.

Im Bereich der Brennstoffe, die in diesem Sektor annähernd ausschließlich für die Beheizung von Gebäuden verwendet werden, werden alle Effizienzmaßnahmen bei der Gebäudesanierung und der Errichtung von hocheffizienten neuen Gebäuden betrachtet, die nicht auf dem Einsatz erneuerbarer Energie beruhen. Daher werden Effizienzpotenziale durch den verstärkten Einsatz von solarthermischen Anlagen und von Wärmepumpen in dieser Studie nicht betrachtet. Diese Abgrenzung ermöglicht einen besseren Vergleich der Ergebnisse dieser Arbeit mit Studien zu den Effekten von erneuerbaren Energien [Lehr 2008, ZSW 2006].

Im Strombereich wurden verschiedene Effizienzmaßnahmen zur Verringerung des Betriebs- und Standby-Verbrauchs von Haushaltsgeräten und von Informations- und Kommunikationsgeräten (IuK-Geräte) untersucht. Neben den Geräten wurde das Thema der Beleuchtung gesondert betrachtet. Die untersuchten Einzelmaßnahmen decken etwa 80 % des Stromverbrauchs der Haushalte ab.

Insgesamt lassen sich im Jahr 2020 allein mit den hier ausgewählten Effizienzmaßnahmen zusätzliche Endenergieeinsparungen gegenüber der Referenzentwicklung von rund 254 PJ erzielen, darunter Stromeinsparungen von 86 PJ und Brennstoffeinsparungen von 168 PJ.

Tabelle 3.1: Maßnahmenliste für den Sektor Private Haushalte

Nr.	Maßnahme	Zusätzliches attraktives Potenzial im Jahr 2020 gegenüber Referenz [PJ]
	Summe der untersuchten Maßnahmen	254
1	Gebäudesanierung und Kesselaustausch im Bestand	154
2	Hocheffizienter Gebäudeneubau	23
3	Einsatz effizienter Lampen	20
4	Einsatz effizienter Haushaltsgeräte	25
5	Reduktion des Betriebsverbrauchs von IuK-Geräten	15
6	Reduktion des Standby-Verbrauchs von IuK- und Haushaltgeräten	17

3.1.2 Kurzbeschreibung der ausgewählten Effizienzmaßnahmen

Sanierung von Bestandsgebäuden und hocheffizienter Neubau

Das größte Energieeinsparpotenzial gegenüber der Entwicklung der Referenzentwicklung liegt in der Gebäudesanierung. Modellhaft werden dem Stand der Technik entsprechende und am Markt verfügbare Techniken und Standards eingeführt, die eine Verbesserung gegenüber dem Referenzwert darstellen, es wird zusätzlich mit leicht beschleunigten Instandsetzungs- und Sanierungszyklen gerechnet.

Die technische Ausgestaltung der Sanierungsmaßnahmen hängt von der vorhandenen Bausubstanz und den gebäudetypischen Gegebenheiten ab. Folgende typische Maßnahmen wurden unterstellt: Wanddämmung, Dachisolierung bzw. Isolierung der obersten Geschossdecke, Kellerdeckendämmung sowie der Einbau von Wärmeschutzverglasung. Die unterstellten Annahmen zur Sanierungseffizienz und zur Sanierungsrate sind sehr ambitioniert und übertreffen die Werte des 3%-Szenarios.

Neben dem verringerten Wärmebedarf durch bauseitige Verbesserungen besteht ein erhebliches Energieeinsparpotenzial durch einen höheren Wirkungsgrad von Heizungssystemen. Die hier modellierte Maßnahme sieht eine erhöhte Austauschrate von 4 % pro Jahr vor (gegenüber 3,3 % in der Referenz), was einer mittleren Nutzungsdauer von 25 Jahren entspricht. Gleichzeitig wird eine Erhöhung des Marktanteils von Brennkesseln auf etwa 85 % im Jahr 2020 unterstellt.

Bei der Errichtung von neuen Gebäuden werden beschleunigt verbesserte Standards unterstellt. So wird im Jahr 2010 das Wirksamwerden der EnEV 2009 und im Jahr 2013 eine nochmalige Verschärfung der EnEV vorausgesetzt. Aufgrund des üblichen Genehmigungsverlaufes beim Gebäudebau entfalten die Verordnungen jeweils erst ein Jahr nach Inkrafttreten Wirkung. Im Jahr 2020 erfüllen 50 % bis 60 % der Gebäude den KfW-60 Standard, 25 % bis 30 % den KfW-40 Standard und 15% bis 20% der Neubauten sind Passivhäuser. Der höhere Wert gilt jeweils für Mehrfamilienhäuser, bei denen im Vergleich zu Einfamilienhäusern sehr gute energetische Standards kostengünstiger erreicht werden. Ursache ist das günstigere Verhältnis der Gebäudegröße zur Außenfläche.

Optimierte Beleuchtung

Bis zum Jahr 2020 werden alle bestehenden Glühlampen durch effiziente Lampen (Energiesparlampen, Leuchtstoffröhren, LED und/oder effiziente Halogenlampen) ersetzt. Alle im Jahr 2020 eingesetzten Halogenlampen sind effiziente Halogenlampen mit einer Infrarotlicht-reflektierenden Beschichtung.

Das im Jahr 2008 von der Europäischen Kommission beschlossene Verkaufsverbot von konventionellen Glühlampen sieht ein mehrstufiges Ausstiegsszenario zugunsten stromsparender Alternativen vor. Bis zum Jahr 2012 werden alle Glühlampentypen abgelöst, 2013 werden die Effizienzkriterien für alle Lampen einschließlich Energiesparlampen weiter verschärft. Das vorhandene Energieeinsparpotenzial kann Dank der vorhandenen rechtlichen Rahmenbedingungen wahrscheinlich vollständig erschlossen werden.

Die Regelung sieht aber kein Verbot bestimmter Techniken vor, sondern stellt Anforderungen an die Effizienz von üblicherweise in Privathaushalten eingesetzten Lampen. Produkte, die diese Anforderungen nicht erfüllen, die also weniger effizient sind, dürfen Hersteller ab einem bestimmten Zeitpunkt nicht mehr „in Verkehr bringen“. In der Folge wird

der größte Teil der herkömmlichen Glühlampen im Laufe der nächsten Jahre vom Markt weichen.

Während bereits mit den Stufen von 2009 bis 2012 auch die weniger effizienten Halogen-glühlampen vom Markt weichen, werden ab dem Jahre 2016 nur noch die effizienteren Versionen (mindestens Energieeffizienzklasse B¹) in den Regalen zu finden sein. Kompaktleuchtstofflampen – umgangssprachlich auch Energiesparlampen genannt – sind bereits deutlich effizienter als Halogen- und andere Glühlampen. Dennoch gelten ab der ersten Stufe auch hier Anforderungen, die nur besonders effiziente Modelle erfüllen können (mindestens Energieeffizienzklasse A).

Effiziente Haushaltsgeräte

Kühl – und Gefrierschränke der Effizienzklassen A+ und A++ sind heute bereits in allen Größenklassen auf dem Markt. Die EG-Verordnung zu Haushaltskühlgeräten sieht folgende Anforderungen für die kommenden Jahre vor:

Tabelle 3.2: Effizienz-Anforderungen: Haushalts-Kühlgeräte

Inkrafttreten	Energieeffizienz Index (EEI)
1. Juli 2010	EEI < 55 A und besser bleiben Alle Geräte B,C bis G aus den Markt
1. Juli 2012	EEI < 44 früher: A+, heute: A -20% bleibt Alle Geräte A bis G aus dem Markt
1. Juli 2014	EEI < 42 effizientere A+ /A -20% bleiben Weniger effiziente A+ aus dem Markt

Das bedeutet, dass nach jetziger Kennzeichnung ab 2014 nur effiziente (EEI<42) A+ Geräte und A++ Geräte vermarktet werden dürfen. Eine Fortschreibung zur Energieverbrauchskennzeichnung steht noch aus. Die jüngst von der EG KOM vorgeschlagene Kennzeichnung A- 20%, A-40% usw. wurde vom EU Parlament für TV Geräte zurückgewiesen und einvernehmlich, vorläufig auch für Kühlergeräte zurückgezogen.

Die hier unterstellten Maßnahmen sehen eine beschleunigte Marktdurchdringung dieser Geräte vor. Ab dem Jahr 2015 beträgt der Verkaufsanteil von A++ Geräten 60% und steigt bis 2020 auf 80%. Ab dem Jahr 2013 wird angenommen, dass noch effizientere "A+++"-Geräte bzw. „A-60 %“-Geräte eingeführt werden, die bis 2020 auf einen Marktanteil von 15% erreichen könnten.

Durch den Einsatz eines Wäschetrockners mit Wärmepumpe (oder eines Erdgaswäschetrockners) kann der Energieverbrauch gegenüber einem konventionellen Wäschetrockner um 40 bis 50 % gesenkt werden. Bis zum Jahr 2020 steigt der Verkaufsanteil von effizienten Trocknern von heute weniger als 10 % auf 80 %.

Bei Geschirrspülern und Waschmaschinen sind die zusätzlichen, über die unterstellte Marktentwicklung hinaus zu erwartenden Einsparpotenziale geringer als bei Kühlgeräten. Die EG Verordnung sieht folgende Anforderungen für die kommenden Jahre vor:

¹ Mit Netzspannung betriebene Haushaltslampen sind wie eine Reihe anderer Haushaltsgeräte, z.B. Kühl- und Gefriergeräte, mit einem Energieeffizienz etikett zu versehen, welches u.a. die Energieeffizienzklasse angibt.

Tabelle 3.3: Effizienz-Anforderungen: Haushaltswaschmaschinen

Inkrafttreten	Energieeffizienz Index (EEI)
1. Juli 2010	EEI < 68 Weniger effizient als B aus dem Markt
1. Juli 2013	EEI < 59 bezogen auf Kapazität >4kg Weniger effizient als A aus dem Markt

Reduktion von Betriebsverlusten bei IuK-Geräten

Die technische Weiterentwicklung von Computern führt dazu, dass die Rechenleistung schnell ansteigen wird. Fortschritte bei der Rechenleistung gehen seit einigen Jahren einher mit Fortschritten bei der Energieeffizienz der Computer, d. h. die Rechenleistung verdoppelt sich etwa alle 18 Monate bei gleichbleibendem Energieverbrauch. Bisher wurde die gesteigerte Rechenleistung zum größten Teil durch neue Anwendungen und komplexere Software ausgenutzt. Zukünftig ist zu erwarten, dass die zusätzliche Rechenleistung nicht mehr komplett bzw. nicht ständig abgefragt wird. Dadurch werden die zukünftigen Effizienzgewinne verstärkt den spezifischen Energieverbrauch von Computern senken. Schon heute führt der Einsatz von Laptop-Prozessoren zu einer Verbrauchssenkung von etwa 50% gegenüber dem Einsatz von Standardprozessoren.

Bei TV-Geräten wird die Tendenz zu Geräten mit großen Bildschirmdiagonalen weiter anhalten. Eine bessere Verbrauchskennzeichnung beim Handel und die verstärkte Nutzung der vorhandenen Energiespareinstellungen der Geräte stellt ein erhebliches Einsparpotenzial dar.

Reduktion des Standby-Verbrauchs (IuK, Haushaltsgeräte)

Ende 2008 verabschiedete die Kommission mit der „Verordnung zu Ökodesign-Anforderungen an den Stromverbrauch elektrischer und elektronischer Haushalts- und Bürogeräte im Bereitschafts- und im Aus-Zustand“² die erste neue³ Durchführungsmaßnahme zur Ökodesign-Richtlinie. Diese regelt die Leistungsaufnahme von Büro- und Haushaltgeräten. Computer, Wäschetrockner, Fernsehgeräte, elektrische Zahnbürsten etc. dürfen ab 2010 nicht mehr als ein Watt im Bereitschafts- und im Schein-Aus-Zustand aufnehmen. Haben die Geräte eine Informationsanzeige, dürfen es zwei Watt sein. Nach drei Jahren sinken die Grenzwerte auf die Hälfte, d.h. 0,5 Watt im Bereitschafts- und im Schein-Aus-Zustand und ein Watt bei zusätzlicher Informationsanzeige. Damit ist ein langjähriges Ziel deutscher Umweltpolitik, nämlich maximal ein Watt Leistungsaufnahme im Bereitschaftszustand, zunächst erfüllt und wird später sogar noch unterschritten.

Diese Regelung gilt unmittelbar in allen 27 Mitgliedsstaaten.

Weitere nennenswerte Einsparpotenziale bestehen in EDV-Netzen (sogenannte Netz-Bereitschaft, englisch: networked standby), da die Verordnung diesen Teil der Leerlaufverluste nicht regelt. Die Kommission hat nun eine weitere Vorstudie zur Begrenzung des

² Verordnung (EG) Nr. 1275/2008 der Kommission vom 17. Dezember 2008 zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an den Stromverbrauch elektrischer und elektronischer Haushalts- und Bürogeräte im Bereitschafts- und im Aus-Zustand.

³ „Alt“ sind drei Regelungen, die vor der Rahmenrichtlinie und unabhängig von ihr entstanden waren. Diese Regelungen wurden dann der Rahmenrichtlinie (quasi nachträglich) zugeordnet und zu sogenannten Durchführungsmaßnahmen erklärt. Die Regelung zum Bereitschafts- und zum Aus-Zustand ist die erste, die auf Grundlage der Rahmenrichtlinie entstand.

Stromverbrauches in Netz-Bereitschaft ausgeschrieben, die als Grundlage für eine Durchführungsmaßnahme dienen soll.

Bei Informations- und Kommunikationsgeräten und bestimmten Haushaltsgeräten besteht noch ein großes Einsparpotenzial im Bereich der Leerlaufverluste, die zum Teil durch Anbringung eines netzseitigen Schalters gänzlich vermieden werden können. Der Einsatz von Schaltnetzteilen statt von Block- und Ringkerntrafos ermöglicht bei Geräten, die nicht vom Netz getrennt werden können, eine wesentliche Verbrauchsreduzierung. Die vorliegende Studie unterstellt für alle genannten Gerätegruppen ab den Jahren 2010 bzw. 2013 einen stark reduzierten Standbyverbrauch.

3.1.3 Politische Ansatzpunkte zur Umsetzung der Effizienzmaßnahmen

Das Vorhaben wird in einer zweiten Projektphase mögliche Ansatzpunkte für eine verschärfte Effizienzpolitik untersuchen. Dabei sollen alle Ansatzpunkte staatlicher Intervention systematisch untersucht werden.

Der Bereich der privaten Haushalte ist von sozialen Schichten unterschiedlicher Haushaltseinkommen, unterschiedlicher Bildungsvoraussetzungen, unterschiedlicher Konsumpräferenzen und nicht zuletzt unterschiedlicher Eigentumsverhältnisse geprägt. Bei Endverbrauchern spielt das rationale ökonomische Kalkül nicht immer eine vorrangige (bzw. vordergründige) Rolle. Die Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen wird dabei zwar ein wichtiges, aber nie das allein ausschlaggebende Kriterium sein.

Der **Gebäudebereich** zeichnet sich bereits durch eine längere Tradition eines mit Förderinstrumenten unterfütterten Ordnungsrechts aus. Vorrangig sind dies die Energieeinsparverordnung und die KfW-Programme. Folgerichtig geht das integrierte Energie- und Klimaschutzprogramm der Bundesregierung [IEKP 2007] von einer engagierten Fortschreibung dieser Instrumente aus. Weitere Impulse sind durch die Novellierung der EU Gebäude-Richtlinie zu erwarten. Eine besondere Herausforderung bleibt die energetische Sanierung im Bestand. Aufgrund der Heterogenität der baulich-technischen Voraussetzungen wie auch der Eigentümer- und Bewohnerstrukturen treffen ordnungsrechtliche Anforderungen - anders als im Neubaubereich - auf eine Komplexität, die nur schwer zu adressieren ist. In diesem Bereich ist intensiv über weitere Mechanismen nachzudenken, etwa eine weitere finanzielle Förderung oder steuerliche Anreize wie verbesserte Abschreibungsmöglichkeiten oder Steuerrückerstattungen.

Im Bereich der **Anlagentechnik** ist neben der kontinuierlichen Einführung effizienter Heizungsanlagen und peripherer Aggregate (z. B. effiziente Heizpumpen) gerade auch die betriebliche Optimierung notwendig. Die Vergangenheit hat gezeigt, dass zwar häufig effiziente Geräte eingebaut werden, diese aber suboptimal in die bestehende Gebäudetechnik integriert und betrieben werden. Neben umsetzungsorientierten Instrumenten wie Contracting - vorrangig geeignet für größere Bestände - sollte über weitere Möglichkeiten nachgedacht werden, um Eigentümer, Planer und gewerbliche Installateure stärker in die betriebliche Optimierung einzubeziehen.

Im **Gerätebereich** sollte auf Ebene der politischen Instrumente zunehmend die Strategie verfolgt werden, marktliche Anreize (Förderung der – bezogen auf Effizienzkriterien – marktbesten Geräte) und die Vorgabe gesetzlicher Standards (absehbares Marktverbot für ineffiziente Geräte) synergieartig zu verknüpfen. Eine zentrale Rolle spielt hier die EU

Richtlinie für energiegetriebene Produkte (Ökodesign-Richtlinie), die mit ihren Durchführungsmaßnahmen weitgehend ordnungsrechtliche Instrumente (EG VO) für den EG Binnenmarkt vorgibt. Darüber hinaus können finanzielle Anreize eine frühzeitigere und breitere Umrüstung auf energieeffizientere Geräte und Techniken fördern. Ferner gibt es bereits Förderprogramme für weniger kaufkräftige Konsumenten, denen der Umstieg auf energieeffizientere Geräte durch Beratung und finanzielle Unterstützung erleichtert werden soll.

Insgesamt zeichnet sich in allen Segmenten ab, dass Ordnungsrecht, Information, Beratung und zusätzliche Förderung erforderlich sind, wenn die unterstellte Effizienzstrategie verwirklicht werden soll.

3.2 Effizienzmaßnahmen im Sektor Gewerbe, Handel & Dienstleistungen

3.2.1 Überblick

Der größte Anteil des Endenergieverbrauchs im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen entfällt mit rund 63 % auf die Bereitstellung von Wärme. Diese wird im Gegensatz zum Sektor der Privaten Haushalte nicht ausschließlich zur Gebäudebeheizung verwendet, etwa eine Drittel des Wärmeverbrauchs wird als Prozesswärme für Anwendungen wie Waschen, Trocknen, Backen und Kochen eingesetzt. Nach den thermischen Anwendungen sind Kraftanwendungen zum Betrieb von Pumpen, Ventilatoren und Motoren mit 16 % der zweitgrößte Verbrauchsbereich. Jeweils 6 % entfallen auf Bürogeräte und auf Lüftungs- und Klimatechnik. Der Anteil der Beleuchtung ist mit 11 % im Vergleich zu den anderen Sektoren relativ hoch [prognos 2007].

Die Abdeckung des Endenergieverbrauchs durch die untersuchten Maßnahmen ist im Sektor GHD geringer als bei den Privaten Haushalten. Die Bereiche Prozesswärme und Kraftanwendungen mit ihrer sehr heterogenen Verbrauchs- und Anwendungsstruktur konnten im Rahmen dieser Kurzstudie nicht betrachtet werden.

Tabelle 3.4: Maßnahmenliste für den GHD

Nr.	Maßnahme	Zusätzliches attraktives Potenzial im Jahr 2020 gegenüber Referenz [PJ]
	Gesamt	68
1	Gebäudesanierung und Kesseltausch im Bestand und Neubau	10
2	Optimierung von RLT-Anlagen	10
3	Effiziente Kühlgeräte	3
4	Effiziente Beleuchtung	33
5	Effiziente Bürogeräte	6
6	Straßenbeleuchtung Systemoptimierung	5
7	Einsatz von LED-Lampen	1

Insgesamt lassen sich im Jahr 2020 allein mit den hier ausgewählten Effizienzmaßnahmen zusätzliche Endenergieeinsparungen gegenüber der Referenzentwicklung von rund 68 PJ erzielen, darunter Stromeinsparungen von 58 PJ und Brennstoffeinsparungen von 10 PJ.

3.2.2 Kurzbeschreibung der ausgewählten Effizienzmaßnahmen

Gebäudesanierung im Bestand und Neubau hocheffizienter Gebäude

Die Gebäudestandards bei Sanierungen und effizienten Neubauten orientieren sich an den Standards von Nichtwohngebäuden des Sektors Private Haushalte. Die mögliche Energieeinsparung gegenüber der Referenzentwicklung ist trotz der Einführung von zwei

EnEV-Verschärfungen im Jahr 2009 und 2012 nur relativ gering, da in der Referenzentwicklung schon eine sehr hohe Sanierungs- und Neubauquote von etwa 3 % pro Jahr unter gleichzeitiger Berücksichtigung hoher energetischer Standards angenommen wurde. Die Werte können realistischerweise auch mit engagierten Effizienzbemühungen nur noch geringfügig verbessert werden.

Optimierung von Klima- und Lüftungssystemen

Im Bereich gewerblich und öffentlich genutzter Gebäude gibt es viele raumlufttechnische Anlagen für die Absaugung der Abluft und zur Konditionierung (Erwärmung, Befeuchtung, Kühlung) der Frischluft. Häufig sind diese Anlagen überdimensioniert und/oder nur ein- oder zweistufig regelbar. Im Wesentlichen werden dabei niedrig-investive und damit wirtschaftliche Maßnahmen wie Zeit-Abschaltung, Reduktion des Volumenstroms, Erhöhung des Toleranzbereichs unterstellt. Einschneidende Eingriffe wie z. B. in die Luftkanalführung für den Einbau einer Wärmerückgewinnung lassen sich in der Regel nicht wirtschaftlich darstellen.

Die unterstellten erreichbaren Normwerte für den Energieverbrauch von RLT-Systemen liegen weit unter den heute im Durchschnitt erzielten Energieverbrauchskennwerten. Eine flächendeckende Erreichung der Normwerte im Bestand bis zum Jahr 2020 ist ambitioniert.

Steckerfertige Kühl- und Tiefkühlgeräte

Die Maßnahme konzentriert sich auf steckerfertige Kühl- und Tiefkühlgeräte im Lebensmittelbereich. Energieverluste können vermieden werden durch die Optimierung des Kältesystems, die Schließung bzw. Teilschließung der Kühlmöbel, eine Nachtdeckung für alle Geräte sowie eine effiziente Gerätebeleuchtung. Optimierte Geräte haben gegenüber den heutigen Bestandsgeräten im Durchschnitt einen um 30 % geringeren Stromverbrauch. Bis zum Jahr 2020 wird der Bestand einmal komplett ausgetauscht.

Optimierte Beleuchtung

Im Gegensatz zum Bereich privater Haushalte werden in vielen Bereichen der Allgemeinbeleuchtung im GHD-Sektor bereits heute Systeme mit (relativ) energiesparenden Leuchtstoffröhren verwendet. Bis 2020 sind weitere Einsparmöglichkeiten durch effizientere Beleuchtungstechniken (3-Bandenlampen, verspiegelte Leuchten, Strahler mit Energiesparlampen, elektronische Vorschaltgeräte) gegeben. Darüber hinaus lassen sich Potenziale mit der bedarfsabhängigen Regelung (Zeitschaltung, Bewegungsmelder, Dimmung) sowie verbesserter Tageslichtnutzung erschließen.

Reduktion des Betriebs- und Standby-Verbrauchs bei Bürogeräten

Die heute verwendeten Bürogeräte unterscheiden sich hinsichtlich des technischen Standards und ihres Energieverbrauchs kaum von IT-Geräten zur privaten Nutzung. Bei Bürogeräten werden die gleichen technischen Maßnahmen zur Senkung des Betriebs- und Standby-Verbrauchs wie im Bereich der IuK-Geräte im Sektor der Privaten Haushalte unterstellt.

Optimierung der Straßenbeleuchtung und Einsatz von LED-Ampelanlagen

Eine Verringerung des Strombedarfs der Straßenbeleuchtung lässt sich durch Optimierung des eingesetzten Lampentyps, Leuchtkörpers, der Vorschaltgeräte sowie durch bedarfsangepasste Schaltungen erreichen, wie die Anpassung der Leuchtdichte an die Ver-

kehrsdichte (z. B. Halbierung der Beleuchtungsstärke bei Halbnachtschaltung). Ersatzmöglichkeit besteht bei veralteten Leuchten auf Quecksilber- Dampf-Basis (HQL) durch Natriumhochdrucklampen mit höherer Lichtausbeute (NaH). Alle Anlagen ohne bedarfsangepasste Steuerung werden mit einem Steuergerät ausgerüstet. Bis 2020 erfolgt der Ersatz von 70% aller Quecksilberdampflampen durch Natriumdampflampen. Nach 2015 werden sukzessive für bestimmte Anwendungsfälle (z.B. Nebenstraßen) hocheffiziente LED-Lampensystem eingesetzt.

Die Umstellung von Standard-Ampelanlagen auf LED-Technik ermöglicht eine Reduktion des Stromverbrauchs um mindestens 40%. Die Maßnahme unterstellt bis zum Jahr 2020 die Umrüstung von allen bestehenden 230V-Ampelanlagen auf LED-Technik.

3.2.3 Politische Ansatzpunkte zur Umsetzung der Effizienzmaßnahmen

Grundsätzlich gelten die im Segment Private Haushalte genannten Ansatzpunkte im Bereich von **Gebäuden, Anlagen** und **Geräten** in ähnlicher und vergleichbarer Weise auch für den tertiären Sektor. Allerdings trifft das politische Handeln im tertiären Sektor auf sehr heterogene Adressaten. Die Heterogenität betrifft die Unterschiedlichkeit der Tätigkeiten, Größe der Unternehmen, ihre Rechts- und Eigentumsform und damit ihren finanziellen und kaufmännischen Hintergrund. Dies ist auch der Grund, warum dieser Sektor vergleichsweise schwierig zu adressieren ist.

Darüber hinaus sind **technische Anlagen** im gewerblichen Bereich zunehmend komplexer. Dies betrifft sowohl Heizungs-, Beleuchtungs- wie auch raumluftechnische Anlagen. Mehr noch als im Bereich der Heizungsanlagen ist ein optimales Ergebnis nicht durch eine Summe effizienter Produkte zu erreichen, sondern vielmehr durch eine systemische betriebliche Optimierung, welche bereits in der Planungsphase der Gebäude ansetzt.

Privatwirtschaftlich erbrachte Energiedienstleistungen wie **Contracting, Betriebsführung** oder **Energiemanagement** bieten hier zahlreiche Ansatzpunkte. Allerdings scheitern diese Modelle (wie auch im Sektor der Privaten Haushalte) an der relativen Höhe der Transaktionskosten gerade bei kleinen Betriebseinheiten. Ferner erfordern umfangreiche Vereinbarungen zur Finanzierung und Risikotragung eine beidseitig solide Basis im Sinne von Langfristigkeit des Geschäftsmodells und Bonität. An diesen Punkten ist über politische Ansatzpunkte nachzudenken.

Auch im tertiären Sektor wird die staatliche Strategie aus einem Bündel abgestimmter Instrumente und verstärkter Anreize durch finanzielle Förderung bestehen. Obwohl der überwiegende Teil der Einzelmaßnahmen wirtschaftlich darstellbar ist, sind mit Blick auf die Transaktionskosten auch hier finanzielle Anreize kaum verzichtbar. Ferner steht im tertiären Sektor im Vordergrund, dass sich kaum Standardlösungen anbieten, die auf dem Verordnungsweg zu erreichen sind, sondern vielmehr **Agenten, Akteure** und **Suchprozesse** eingerichtet und angereizt werden, die permanent nach den energieeffizientesten betrieblichen Lösungen suchen.

3.3 Effizienzmaßnahmen im Sektor Industrie

3.3.1 Überblick

Mit rund 2.444 PJ entfällt knapp 30 % des gesamten Endenergieverbrauchs in Deutschland auf den Sektor Industrie. Dabei dominiert der Energieeinsatz für branchenübergreifende Technologien zur Bereitstellung von Wärme bzw. mechanischer Energie und Licht. Diese sogenannten Querschnittstechniken weisen erhebliche und in der Regel kosteneffiziente Potenziale zur Energieeinsparung auf. Insbesondere der Stromverbrauch ist durch die Nutzung von typischen branchenübergreifenden Querschnittstechniken wie Druckluft, Pumpen, Ventilatoren, Kältekompression sowie Beleuchtungseinrichtungen geprägt, die rund drei Viertel des industriellen Stromverbrauchs ausmachen. Aber auch im Wärmebereich entfällt rund 60 % des Brennstoffverbrauchs auf Querschnittsanwendungen im Bereich der Prozesswärme (Erzeugung von Prozessdampf, Trockner, Industrieöfen) sowie auf die Raumwärme, bei denen sich Maßnahmen zur Energieeinsparung von Branche zu Branche übertragen lassen.

Die hier im Industriesektor ausgewählten Effizienzmaßnahmen (Tabelle 3.5) beziehen sich ausschließlich auf die genannten Querschnittstechniken für Strom (Maßnahmen 1-7) und Wärme (Maßnahmen 8-11) und decken damit rund 65 % des gesamten industriellen Endenergieverbrauchs ab. Hinzu kommen weitere Einsparpotenziale, die sich durch Prozessoptimierung und die Einführung neuer Verfahrenstechniken in energieintensiven Branchen wie der Eisen- und Stahlerzeugung oder der Herstellung von Papier, Zement und Glasherstellung sowie vieler chemischer Produkte ergeben.

Tabelle 3.5: *Untersuchte Maßnahmen und Abschätzung des Einsparpotenzials im Sektor Industrie bis 2020*

Nr.	Maßnahme	Zusätzliches attraktives Potenzial im Jahr 2020 gegenüber Referenz [PJ]
	Summe Effizienzmaßnahmen	212
	Motoranwendungen in der Industrie	101
1	Hocheffiziente Motoren	7
2	Optimierung Druckluftsysteme	15
3	Optimierung Pumpensysteme	17
4	Optimierung Ventilatorsysteme	14
5	Optimierung Kältebereitstellung	3
6	Optimierung übrige Motorsysteme	45
7	Effiziente Beleuchtung	13
8	Effiziente Dampf- und Heißwassererzeuger	24
9	Effiziente Trockner	29
10	Effizienzmaßnahmen bei Industrieöfen	40
11	Effiziente Gas-Brennwertkessel	5
	Nachrichtlich: zusätzliches Einsparpotenzial durch prozessspezifische Verbesserungen ¹⁾	ca. 150

1) basierend auf Abschätzungen des Fraunhofer ISI (2001) und Prognos (2007)

Insgesamt lassen sich im Jahr 2020 allein mit den hier ausgewählten Effizienzmaßnahmen zusätzliche Endenergieeinsparungen gegenüber der Referenzentwicklung von rund 212 PJ erzielen, darunter Stromeinsparungen von 114 PJ (Maßnahmen 1-7) und Brennstoffeinsparungen von 98 PJ (Maßnahmen 8-11). Dies entspricht einem Anteil von knapp 9 % am Endenergieverbrauch des Jahres 2007. Diese Einsparungen beziehen sich nur auf die industriellen Querschnittstechniken, wobei es sich zum weit überwiegenden Teil um wirtschaftliche Maßnahmen handelt, die sich aus Sicht des Investors im Laufe durchschnittlicher Lebensdauern refinanzieren. Nicht berücksichtigt sind prozessspezifische Verbesserungen im Bereich der Industrieöfen (in der Regel thermische Prozesse über 500°C) sowie beim Strom (z.B. Chlor- oder Aluminium-Elektrolyse, Elektrostahl-Erzeugung). Das dadurch zusätzlich erreichbare Einsparpotenzial bis 2020 wird auf der Grundlage vorliegender Studien (Fraunhofer ISI 2001, Prognos 2007) auf rund 150 PJ geschätzt, so dass für den gesamten Industriesektor bis 2020 mit einem zusätzlichen Einsparpotenzial von gut 360 PJ gerechnet werden kann.

3.3.2 Kurzbeschreibung der ausgewählten Effizienzmaßnahmen

Motoranwendungen in der Industrie (Maßnahmen 1-6)

Nach übereinstimmenden Ergebnissen verschiedener Studien auf europäischer und nationaler Ebene entfällt knapp 70 % des industriellen Stromverbrauchs auf Motoranwendungen, darunter insbesondere auf Druckluft-, Pumpen- und Ventilatorsysteme (Almeida 2001; Radgen 2001, 2002; Schmid et al. 2003). Für alle hier betrachteten Motoranwendungen gibt es eine Vielzahl von Optionen und Maßnahmen, um den Energieverbrauch zu senken. Diese beinhalten sowohl die energetische Verbesserung einzelner Komponenten wie der Elektromotor oder die Arbeitsmaschine als auch Systemverbesserungen wie die bessere Abstimmung der Komponenten oder die bedarfsgerechte Steuerung und Regelung.

Beleuchtung (Maßnahme 7)

Weitere rund 6 % des Stromverbrauchs der Industrie werden durch die Beleuchtung verursacht. Auch wenn in der Industrie, verglichen mit den privaten Haushalten oder dem Gewerbe, bereits Lampen mit höherer Lichtausbeute eingesetzt werden, bestehen hier weitere Einsparpotenziale. Das Beleuchtungssystem besteht neben den Lampen noch aus einem Vorschaltgerät, der Verkabelung, einer Leuchte sowie Steuerungsmöglichkeiten. All diese Komponenten haben Einfluss auf den Stromverbrauch des Systems. Neben der weiteren Erhöhung des Anteils hocheffizienter Lampen lässt sich daher auch durch den Einsatz elektronischer Vorschaltgeräte sowie eine bedarfsgerechte Regelung und Steuerung des Beleuchtungssystems der Stromverbrauch reduzieren.

Prozesswärme (Maßnahmen 8-10)

Knapp 90 % des industriellen Brennstoffeinsatzes entfällt auf die Erzeugung von Prozesswärme, darunter vor allem Dampf- und Heißwassererzeuger, Trockner und Industrieöfen. Für die Abschätzung der Einsparpotenziale der Dampf- und Heißwassererzeugung wurde hier das gesamte System berücksichtigt, welches auch das Verteilnetz umfasst. Auch der Einsatz von Trocknungstechnologien ist vielschichtig, komplex und branchenübergreifend. Obwohl Trocknungstechnologien in vielen Branchen einen wesentlichen Prozessschritt darstellen, müssen sie aufgrund der starken Abhängigkeiten von vor- und nachgeschalteten Prozessen immer im Systemzusammenhang betrachtet werden.

Über die Hälfte des Prozesswärmebedarfs der Industrie wird durch Industrieöfen verursacht. Etwa zwei Drittel dieser Öfen weisen jedoch sehr spezifische Eigenschaften auf, die stark vom jeweiligen Prozess abhängen, in dem sie eingesetzt werden (z. B. Öfen zur Rohstahlerzeugung, beim Sintern, oder zur Glasschmelze). Das hier berechnete Einsparpotenzial bezieht sich jedoch nur auf Öfen mit deutlichem „Querschnittscharakter“ und umfasst verschiedene Ansätze der energetischen Optimierung wie eine stärkere Nutzung von Abwärme, eine optimierte Regelung des Ofens oder verbesserte Isolierung. Aufgrund der langen Lebensdauer von Industrieöfen von rund 30 Jahren verbreiten sich diese Technologien allerdings vergleichsweise langsam im Bestand.

Raumwärme (Maßnahme 11)

Anders als in den Sektoren Private Haushalte und GHD ist der Anteil der Raumwärme am Endenergieverbrauch der Industrie mit rund 8 % relativ gering. Gas-Brennwertkessel hatten 2007 in Deutschland einen Marktanteil von etwa 50%. Durch den Austausch von Gas- und Öl-Niedertemperaturkesseln durch die effizienteren Gas-Brennwertkessel lassen sich auch im Industriesektor noch weitere Brennstoffeinsparungen erzielen.

3.3.3 Politische Ansatzpunkte zur Umsetzung der Effizienzmaßnahmen

Bei der Auswahl von politischen Instrumenten zur Realisierung der oben genannten Einsparpotenziale ist es im Industriesektor sinnvoll, zwischen komponentenbezogenen und systembezogenen Optionen zu unterscheiden. Noch mehr als im privaten oder tertiären Sektor ist der Stromverbrauch in der Industrie viel weniger von standardisierten Geräten wie Elektromotoren, Brennwertkesseln, Kompressoren oder Lampen abhängig. Vielmehr bestehen die Fertigungsprozesse aus einer Vielzahl von Komponenten und einzelnen Aggregaten, deren Gesamteffizienz nur bedingt von der Effizienz der einzelnen Komponenten abhängt. Neben den klassischen produktbezogenen Instrumenten der freiwilligen oder verpflichtenden Kennzeichnung des Energieverbrauchs und des Setzens von Mindeststandards zur Energieeffizienz kommt daher im Industriesektor auch politischen Instrumenten zur Systemoptimierung eine bedeutende Rolle zu. Um systembezogene Einsparpotenziale durch eine bessere Abstimmung der einzelnen Komponenten zueinander, eine optimierte Gesamtauslegung der Anlage, oder bedarfsgerechte Steuerung und Regelung besser zu erschließen, sind insbesondere folgende Instrumente geeignet:

- Einführung *moderner Energiemanagementsysteme*, um durch den Einsatz qualifizierter Berater die vorhandenen, häufig hoch rentablen Energieeffizienzpotenziale sowohl im Bereich thermischer Anwendungen als auch im gesamten Bereich der industriellen Querschnittstechniken insbesondere in kleineren oder mittleren Unternehmen (KMU) stärker auszuschöpfen.
- Das *Energie-Contracting* adressiert energieverbrauchende Systeme, die nicht direkt an die Produktion des Unternehmens gebunden sind (wie z.B. Beleuchtung von Fabrikationshallen, Abwärmenutzung an Kompressorstationen, Wärmebereitstellung oder Wärmeschutzfenster-Systeme).
- Über *verbilligte Darlehen* für Effizienzmaßnahmen und direkte *Zuschüsse* zu *hocheffizienten Geräten* (z.B. höchsteffiziente Elektromotoren) oder zu *Energie-Audits* lassen sich Investitionen in energieeffiziente Techniken zusätzlich ankurbeln. *Lokale lernende Netzwerke* (auch als "Klimatische" oder "Energieeffizienz-Tische" bezeichnet) stellen ein relativ neues Instrument zur Erhöhung der Energieeffizienz im Unternehmen dar und sind vor allem für Betriebe mit höheren Jahresenergiekosten von mindestens 150.000 € geeignet. Ziel dieser Netzwerke ist die Senkung der Transaktionskosten

durch Erfahrungsaustausch, gemeinsame Zielsetzung, jährliches Monitoring und Hotline.

3.4 Effizienzmaßnahmen im Verkehrssektor

3.4.1 Überblick

Der Verkehr hat einen Anteil von fast 30 % am Endenergieverbrauch in Deutschland. Mehr als 85 % des Energieverbrauchs des Verkehrs entfallen auf den Straßenverkehr. Der Fokus bei den betrachteten Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs liegt deshalb beim Straßenverkehr.

Dazu steht eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Verfügung: Neben der Einführung von effizienteren Fahrzeugen führt auch die Verlagerung von Personen- und Güterverkehrsströmen von der Straße auf die Bahn, den öffentlichen Verkehr oder auch den nicht-motorisierten Verkehr (z.B. Fahrrad) zu einer Reduktion des Energieverbrauchs. Daneben können die eingesetzten Verkehrsmittel energieeffizienter genutzt werden. Auf längere Sicht können infrastrukturelle Änderungen (z.B. „Stadt der kurzen Wege“) zu einer Reduktion der Fahr- und Verkehrsleistungen und damit auch des Energieverbrauchs beitragen.

In dieser Kurzstudie wurden Maßnahmen für die Bereiche „Einführung von effizienten Techniken“, „Effizientere Fahrzeugnutzung“ und „Verlagerung auf effizientere Verkehrsmittel“ ausgewählt und ihr Minderungspotenzial und die entsprechenden Kosten abgeschätzt. Schon diese wenigen Maßnahmen zeigen die grundsätzlich großen Minderungsmöglichkeiten im Verkehrsbereich auf.

Mit den hier ausgewählten Effizienzmaßnahmen lassen sich im Jahr 2020 im Verkehrssektor gegenüber der Referenzentwicklung zusätzliche Endenergieeinsparungen von rund 300 PJ erzielen. Durch die Einführung von effizienten Fahrzeugen, insbesondere von effizienten Pkw, können etwa 175 PJ eingespart werden (Maßnahmen 1 – 3). Die effiziente Fahrzeugnutzung (Maßnahmen 4 – 8) bewirkt eine Reduktion von etwa 100 PJ, die Verlagerung (Maßnahme 9) von 24 PJ. Die bezifferten Maßnahmen erreichen zusammen eine Reduktion von ca. 10% des Endenergieverbrauchs des Verkehrs gegenüber dem 2%-Szenario im Jahr 2020. Die Kosten für diese Einsparungen werden überwiegend über die geringeren Energiekosten kompensiert.

Es bestehen weitergehende Einsparpotenziale im Verkehrssektor, deren Realisierung in dieser Kurzstudie nicht berücksichtigt wurde. So sind z.B. weitere über den Trendfall hinausgehende Verlagerungen von Gütern von der Straße auf die Schiene, Maßnahmen zur Auslastungserhöhung im Personen- und Güterverkehr oder auch infrastrukturelle Änderungen („Stadt der kurzen Wege“) in Erwägung zu ziehen. Verschiedene Studien zeigen auch, dass insbesondere verkehrsvermeidende Maßnahmen und die Ausweitung bzw. Weiterentwicklung der Maut (Pkw + Lkw) zu relevanten Energieeinsparungen führen können. Eine Quantifizierung solcher Effekte soll im Verlauf des Projektes erfolgen.

Tabelle 3.6: *Untersuchte Maßnahmen und Abschätzung des Einsparpotenzials im Verkehrssektor bis 2020*

Nr.	Maßnahme	Zusätzliche Endenergieeinsparung im Jahr 2020 gegenüber Referenz [PJ]
	Summe untersuchte Effizienzmaßnahmen	302
1	Einführung effizienter Pkw	173
2	Einführung Hybrid-Linienbusse	0,2
3	Einführung Hybrid-Leichte-Nutzfahrzeuge	2,4
4	Leichtlaufreifen Pkw	22
5	Leichtlaufreifen Lkw	23
6	Leichtlauföle Pkw	18
7	Energieeffizientes Fahren – Pkw	36
8	Fahrschulung Lkw	3
9	Verlagerung innerörtlicher Pkw-Verkehr auf ÖPNV und Fahrrad	24

Basierend auf aktuellen Abschätzungen des IFEU und IFEU (2003), TNO (2006), Tremod (2009), Infras (2006), UBA (2003).

3.4.2 Kurzbeschreibung der ausgewählten Effizienzmaßnahmen

Einführung effizienter Fahrzeuge (Maßnahmen 1-3)

Die Einführung effizienterer Fahrzeuge ist der unter den bilanzierten Maßnahmen mit Abstand wichtigste Schritt zur Verminderung des Energieverbrauchs. Dazu gibt es zahlreiche technische Möglichkeiten wie Motoroptimierung, Start-Stopp-Automatik, Leichtbau oder Hybridisierung. In vielen Fällen kompensiert die Ersparnis durch geringeren Spritverbrauch über die Laufzeit des Fahrzeuges die zusätzlichen Anschaffungskosten.

Das Referenz-Szenario („2%-Szenario“) bildet bei den Pkw die Trendentwicklung der Effizienzverbesserung bei den Fahrzeugen ab, aber nur geringe Veränderungen in der Leistungsstruktur der Neuwagenflotte. Demgegenüber müssen die Pkw-Neuzulassungen zukünftig die EU-Zielwerte für CO₂ erreichen. Bis zum Jahr 2015 soll ein durchschnittlicher Wert von 130 g CO₂/km (Bezugspunkt Flottendurchschnitt) eingehalten werden. Als ambitioniertes Langfristziel (2020) wird ein durchschnittlicher Wert von 95 g CO₂/km angestrebt. Die Erfüllung der Grenzwerte kann nur über Verbrauchsminderungen erfolgen, die über die Annahmen des Referenz-Szenarios deutlich hinausgehen. Daher werden für die Modellierungen der Effizienzmaßnahmen an Pkw intensivierte Effizienzbemühungen der Hersteller und auch eine strukturelle Veränderung der Neuwagenflotte hin zu kleineren und leistungsschwächeren Fahrzeugen angenommen.

Für Deutschland wird angenommen, dass ein Wert von 105 g CO₂/km⁴ im Mittel der Neuzulassungen im Jahr 2020 erreicht wird. Damit muss der Verbrauch der Neuzulassungen gegenüber 2008 um etwa 35% abgesenkt werden.

⁴ Dabei wurde angenommen, dass die Emissionen der in Deutschland zugelassenen Pkw wie in der Vergangenheit über dem EU-Schnitt liegen (leistungsstärkere Fahrzeuge – bisher ca. 10 g CO₂/km über EU-Schnitt); durch eine Anrechnung

Hybrid-Fahrzeuge können insbesondere im innerörtlichen Bereich hohe Einsparraten aufweisen. Daher wird für das Effizienzscenario eine zunehmende Einführung von Hybrid-Fahrzeugen bei Linienbussen und bei leichten Nutzfahrzeugen im innerstädtischen Lieferverkehr bis zum Jahr 2020 angenommen.

Energieeffizientere Fahrzeugnutzung (Maßnahmen 4 - 8)

Die energieeffiziente Nutzung der Fahrzeuge des Bestandes ist ein ebenfalls wichtiger Ansatzpunkt zur Reduzierung des Energieverbrauchs des Verkehrssektors, zumal sich die Effizienzgewinne bei den Neufahrzeugen nur langsam im gesamten Bestand bemerkbar machen. So kann der Fahrwiderstand des Fahrzeuges mit der Verwendung von Leichtlaufreifen verringert werden. Die technische Effizienz des Motors wird durch Leichtlauföle gesteigert. Durch beide Maßnahmen kann der Energieverbrauch des Pkw-Bestandes relevant gemindert werden. Weiterhin können hohe Minderungen des Kraftstoffverbrauchs durch eine energieeffiziente Fahrweise erreicht werden. Schulungen von Fahrern zeigen große Erfolge. Zudem unterstützt die Änderung von Rahmenbedingungen, z.B. die Einführung eines Tempolimits auf Bundesautobahnen, eine kraftstoffeffizientere Fahrweise.

Verlagerung auf effizientere Verkehrsmittel (Maßnahme 9)

Öffentliche Verkehrsmittel haben – bei entsprechenden Auslastungen – einen niedrigeren spezifischen Energieverbrauch als Pkw. Auch im Güterverkehr können Minderungen des Energieverbrauchs durch eine Verlagerung von Gütern von der Straße auf die Schiene erzielt werden. Wird ein Teil der Fahrten von motorisierten Verkehrsmitteln auf das Fahrrad verlagert oder durch Fußwege ersetzt, ergeben sich weitere Minderungen des Energieverbrauchs.

Hohe spezifische Emissionen haben insbesondere Pkw-Fahrten im innerörtlichen Verkehr. Deshalb wurde in dieser Studie betrachtet, wie sich eine Verlagerung eines Teils dieser Fahrten auf den Öffentlichen Verkehr bzw. auf den Rad- und Fußverkehr auswirken würde.

3.4.3 Politische Ansatzpunkte zur Umsetzung der Effizienzmaßnahmen

Zur Umsetzung der genannten Maßnahmen müssen zahlreiche politische Instrumente eingesetzt werden. Die Einführung von effizienterer Technik kann durch die Festlegung von anspruchsvollen Grenzwerten wie bei den Pkw angeregt werden. Für die schnelle Markteinführung sind Förderprogramme zur Unterstützung des Kaufs von besonders effizienten Kraftfahrzeugen oder neuen Technologien (z.B. Hybrid-Technologien bei Linienbussen oder Lieferfahrzeugen) hilfreich.

Ein Marktanreizprogramm „Besonders effiziente neue Pkw“ würde die Bemühungen von Industrie und die Nachfrage der Kunden nach effizienten Pkw verstärken. Ein solches Programm kann zudem eine eventuelle Nachfragerückgangslücke, die nach Auslaufen der Abwrackprämie 2009 eintreten könnte, mit einem attraktiven Marktanreiz abfedern. Dabei sollten hohe Kaufimpulse gerade für diejenigen Pkw gesetzt werden, die wegen ihrer besonderen technischen Innovation nicht von vorneherein einen größeren Markt finden und

sonstiger Maßnahmen könnten die Werte nochmals höher. Deshalb wird hier zur Berücksichtigung beider Effekte ein „Zuschlag“ von 10 g CO₂/km gegenüber dem EU-Zielwert berücksichtigt.

wegen ihrer sehr hohen energetischen Effizienz und somit wegen ihres deutlichen Unterschreitens der künftigen Grenzwerte eine besondere Förderung verdienen.

Die Akzeptanz der effizienteren Fahrzeugnutzung kann durch eine öffentliche Diskussion dieser Themen verbessert werden. Umfangreiche Öffentlichkeitskampagnen können die Vorteile von Leichtlaufreifen und Leichtlaufölen, aber auch von Fahrerschulungen einer breiten Bevölkerungsschicht und den entsprechenden Fachleuten näher bringen. Zudem bedarf es einer klaren Kennzeichnung (Labelling) der Reifen und Öle. Auch ambitioniertere Mindestanforderungen an die Reifen und Öle sind notwendig.

Um eine Verlagerung des motorisierten Individualverkehrs auf energiesparendere Fortbewegungsweisen zu erreichen, sind umfangreiche Maßnahmen zur Verbesserung des Angebots notwendig. Der Öffentliche Verkehr muss z.B. durch bessere Taktzeiten und höheren Komfort attraktiver gemacht werden. Ein Ausbau des Radwegenetzes ist ein wichtiger Beitrag zur Erhöhung des Radverkehrsanteils. Dafür müssen entsprechende Mittel zur Verfügung gestellt werden.

3.5 Einordnung der Ergebnisse

Überblick

Summiert man die Einsparungen der einzelnen Maßnahmen auf, so ergibt sich – ohne Berücksichtigung der volkswirtschaftlichen Wechselwirkungen, die in Kapitel 4 analysiert werden – ein zusätzliches energetisches Einsparpotenzial der identifizierten Maßnahmen gegenüber dem Referenzszenario im Jahr 2020 von 837 PJ Endenergie, davon entfallen 258 PJ auf Strom und 579 PJ auf Brennstoffe. Die Summe der identifizierten Potenziale entspricht etwa 9,7 % des heutigen (2007) Endenergiebedarfs.

Damit decken die in dieser Studie untersuchten Effizienzmaßnahmen über 80 % der Einsparung ab, die sich als Differenz zwischen dem 2%- und dem 3%-Szenario ergibt (Tabelle 3.7).

Tabelle 3.7: Endenergieeinsparung in den vier Sektoren (2009 – 2020)

Sektor	Einsparung 3%- ggü. 2%-Variante im Jahr 2020	Attraktives Potenzial ggü. Referenz bis 2020	Mehrinvestitionen ggü. Referenz bis 2020
	PJ	PJ	Mrd. €
Gesamt	1015	837	136
Private Haushalte	258	254	81
GHD	114	68	11
Industrie	366	212 ¹⁾	13
Verkehr	277	302	30

1) ohne prozessspezifische Verbesserungen, mit denen sich ein zusätzliches, hier nicht detailliert untersuchtes Einsparpotenzial von rund 150 PJ erschließen lassen könnte.

Für die Erschließung dieser Maßnahmen sind Mehrinvestitionen von rund 136 Millionen Euro erforderlich (Tabelle 3.7). Diese Mehrinvestitionen sind nicht mit Mehrkosten zu verwechseln. Durch die Energiekosteneinsparungen führen die meisten Maßnahmen über die gesamte Abschreibungs- bzw. Lebensdauer der Produkte gerechnet zu Kostenentlastungen. Lediglich einzelne Maßnahmen, wie etwa die Einführung von Diesel-Hybrid-Bussen, sind derzeit im Rahmen der Abschreibungszeit nicht wirtschaftlich darstellbar.

Einordnung der Ergebnisse in Bezug auf das Ziel: Verdopplung der Energieproduktivität

Die Bundesregierung hat das Ziel, die Energieproduktivität bis 2020 gegenüber 1990 zu verdoppeln. Die Energieproduktivität ist ein Maß dafür, wie viel Einheiten Wirtschaftsleistung (Bruttoinlandsprodukt) pro eingesetzte Einheit Primärenergie erzeugt wird. Um das Ziel der Bundesregierung zur Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie zu erreichen, wäre im verbleibenden Zeitraum bis 2020 eine Steigerung der Energieproduktivität von mehr als 3 % pro Jahr erforderlich.

Das für den Energiegipfelprozess im Jahr 2007 von Prognos erarbeitete Zielszenario, das so genannte 3%- oder *Koalitionsvertragsszenario (KV)*, geht gegenüber der angenommenen Referenzentwicklung (der so genannten 2%-*Variante*) bis zum Jahr 2020 von einer Endenergieeinsparung von 1.015 PJ aus. Die Energieproduktivität betrug im Jahr 1990 116 EUR₂₀₀₀/GJ. In der Referenzentwicklung steigt der Wert bis zum Jahr 2020 um etwa 76% auf 204 EUR₂₀₀₀/GJ. Sofern die in dieser Kurzstudie aufgezeigten Effizienzpotenziale realisiert werden, steigt die Energieproduktivität insgesamt um 91% auf etwa 223 EUR₂₀₀₀/GJ im Jahr 2020. Allerdings unterstellt dies den seinerzeit beim Energiegipfelprozess unterstellten Wachstumspfad. Eine kritische Diskussion der kurz- und mittelfristigen Auswirkungen der aktuellen Wirtschaftskrise auf die Energieeffizienz erfolgt in einem gesonderten Kapitel (vgl. Kapitel 4).

Insgesamt **decken die** hier identifizierten **Maßnahmen** damit **bereits mehr als 80% der energiepolitischen Zielsetzung einer Verdopplung der Energieproduktivität ab**. Darüber hinaus bestehen in den vier Sektoren noch weitere potenzielle Ansatzpunkte, die im Rahmen dieser Kompaktstudie nicht weiter untersucht werden konnten: etwa sind die weitergehenden Potenziale der erneuerbaren Energien im Gebäudebereich, Effizienz-Maßnahmen im Bereich der Stromerzeugung, branchenspezifische Einsparpotenziale in der Industrie oder weitere strukturelle Verkehrsmaßnahmen und Maßnahmen im Güterverkehr nicht modelliert worden.

Einordnung der Ergebnisse in Bezug auf Primärenergieeinsparung und Reduktion von CO₂-Emissionen

Bei ansonsten gleichen Annahmen wie im Referenzszenario führt die Erschließung der aufgezeigten Effizienzpotenziale zu einer Verringerung des Primärenergieverbrauchs (ohne Berücksichtigung von Rebound-Effekten, die in Kapitel 4 quantifiziert werden) um 14%, von 14.476 PJ im Jahr 2005 auf etwa 12.400 PJ im Jahr 2020. Gegenüber der Referenzentwicklung werden im Jahr 2020 (ohne Berücksichtigung von Rebound-Effekten) etwa 1.150 PJ eingespart.

Die CO₂-Emissionen in den untersuchten Sektoren und sowie dem Umwandlungssektor sinken im Referenzszenario um 27%, von 948 Mio. t CO₂ im Jahr 1990 auf 694 Mio. im Jahr 2020. Unter Berücksichtigung der Reboundeffekte (vgl. Kapitel 4) können durch die

Realisierung der in dieser Studie abgeleiteten Effizienzpotenziale im Jahr 2020 zusätzlich etwa 77 Mio. t CO₂ eingespart werden. Die CO₂-Emissionen würden damit im Zeitraum 1990 bis 2020 um etwa 35% sinken. In dieser Einsparung sind die oben genannten weiteren Maßnahmen zur Energieeinsparung und -effizienz, insbesondere die Maßnahmen im Umwandlungssektor, nicht enthalten. Werden diese zusätzlich berücksichtigt, **so ist in dieser ambitionierten Effizienzentwicklung von einer Einhaltung des CO₂-Reduktionsziels (40 % bis 2020) auszugehen.**

Deutlich wird allerdings auch, dass diese Maßnahmen mit den Effizienz- und Klimaschutzzielen nicht nur vereinbar sind. **Vielmehr ist die Erschließung von Effizienzpotenzialen eine notwendige Bedingung** für eine ambitionierte Klimaschutzpolitik.

Einordnung der Ergebnisse in Bezug auf das Ziel: Minderung des Stromverbrauchs bis zum Jahr 2020 um 11 % gegenüber 2005 (11%-Ziel)

Die Studien im Rahmen des Energiegipfel-Prozesses 2008 haben zudem gezeigt, dass eine Minderung des Stromverbrauchs bis zum Jahr 2020 um 11 % gegenüber 2005 möglich ist (11%-Ziel). Ermittelt man den Zielwert bezogen auf den Stromverbrauch im Basisjahr 2005 (1864 PJ; AG Energiebilanzen 2008), erfordert das 11%-Ziel eine Minderung des Stromverbrauchs um 205 PJ bis zum Jahr 2020⁵.

Tabelle 3.8: Strom-Einsparpotenziale bis 2020 und Erreichbarkeit des 11%-Zieles

Sektor	Attraktives Potenzial (Strom) ggü. Referenz bis 2020		Einsparungen (Strom) im MWMS-Szenario des "Projektionsberichts 2009" bis 2020	
	PJ	Minderung ggü. 2005 in %	PJ	Minderung ggü. 2005 in %
Gesamt	261	14,0	289	15,5
Private Haushalte	86	16,9	98	19,2
GHD	58	12,3	64	13,6
Industrie	117	14,2	127	15,4

Quellen: AG Energiebilanzen 2008; Ergebnisse der Treibhausgas-Emissionsszenarien für den Projektionsbericht 2009

Betrachtet man die in dieser Studie ermittelten zusätzlichen attraktiven Stromeinsparpotenziale im Jahr 2020 gegenüber der Referenzentwicklung, so wurde für die Verbrauchssektoren Private Haushalte, GHD und Industrie ein gesamtes Einsparpotenzial von 261 PJ ermittelt⁶ (Tabelle 3.8). Damit wäre die Erreichung des 11%-Einsparzieles sichergestellt, so weit es gelingt, dieses Potenzial mittels geeigneter energiepolitischer Maßnahmen zu rund 80 % zu realisieren. Dass dies möglich ist, haben die kürzlich durchgeführten Abschätzungen von Maßnahmenwirkungen im Rahmen des noch laufenden Projekts "Treibhausgas-Emissionsszenarien für den Projektionsbericht 2009"⁷ gezeigt. Hier wurden

⁵ Diese Zieldefinition entspricht der Methodik zur Berechnung des nationalen Energieeinsparrichtwertes in der EU-Richtlinie über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen (RL 2006/32/EG).

⁶ Ohne den Sektor Verkehr.

⁷ Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FKZ 206 42 106 für das Umweltbundesamt

im so genannten "Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario (MWMS)", das die Einsparwirkung zahlreicher denkbarer klima- und energiepolitischer Instrumente berücksichtigt, im Jahr zusätzliche Stromeinsparungen von knapp 290 PJ errechnet (Tabelle 3.8). Dies entspricht einer Minderung des Stromverbrauchs im Jahr 2020 von 15,5 % gegenüber 2005, womit das 11%-Ziel übererfüllt wäre. Eine ausführlichere Darstellung dieser Abschätzungen erfolgt im Anhang.

4 Volkswirtschaftliche Effekte der untersuchten Effizienzmaßnahmen

4.1 Beschreibung des Vorgehens und des Modells

In Kapitel 3 wurde ein ambitioniertes Effizienzscenario aus einzelnen Maßnahmen entwickelt, die sich aus wirtschaftlichen oder überwiegend wirtschaftlichen Potenzialen in den Bereichen Private Haushalte, GHD, Industrie und Verkehr ableiten lassen. In den folgenden Abschnitten werden die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen dieses Maßnahmenbündels untersucht. Dabei werden neben den direkten Effekten der mit den Maßnahmen verbundenen Investitionen und Ausgaben sowie den Energieeinsparungen auf die Budgets der Unternehmen und der privaten und öffentlichen Haushalte auch sogenannte Zweitrundeneffekte berücksichtigt, die sich als Folge von zunehmender Beschäftigung, Veränderungen der verfügbaren Einkommen und zunehmender Wirtschaftsaktivität aus diesen ersten Impulsen ergeben.

Zu diesem Zweck wird das energie- und umweltökonomische Modell PANTA RHEI eingesetzt [Lehr et al. 2008, Lutz/Meyer 2008, Lutz et al. 2007]. PANTA RHEI ist ein zur Analyse umweltökonomischer Fragestellungen entwickeltes Simulations- und Prognosemodell für die Bundesrepublik Deutschland. Das Modell erfasst den langfristigen Strukturwandel in der wirtschaftlichen Entwicklung sowie in den umweltökonomischen Interdependenzen. Das Modell wird voll interdependent gelöst, d.h. dass die Wirkungen einer Maßnahme auf alle Modellvariablen gleichzeitig erfasst werden und keine Effekte „verloren gehen“. Das Modell enthält eine Fülle gesamtwirtschaftlicher Größen auf Basis der amtlichen Statistik und erlaubt sektorale Aussagen nach 59 Wirtschaftsbereichen. Zugleich werden Energieverbräuche und -einsätze in der Gliederung der Energiebilanzen verarbeitet. Die Parameter der Verhaltensgleichungen und somit die Anpassungsreaktionen sind auf der Basis von Zeitreihendaten ökonometrisch bestimmt. Das Modell ist in den letzten Jahren bereits für vielfältige ähnliche Fragestellungen wie gesamtwirtschaftliche Wirkungen von Materialeffizienzstrategien, Beschäftigungswirkungen erneuerbarer Energien und zur volkswirtschaftlichen Beurteilung von Maßnahmen des Integrierten Energie- und Klimaprogramms IEKP eingesetzt worden.

Zur Beurteilung der Auswirkungen politischer Maßnahmen oder veränderten Verhaltens der Wirtschaftssubjekte werden grundsätzlich die Modellergebnisse zweier Simulationsläufe gegenübergestellt: Hier ist dies ein Referenzscenario, das sich an den Kanzleramtsszenarien [prognos, EWI 2007] orientiert und das Effizienzscenario, in das die in Kapitel 3 diskutierten Maßnahmen eingestellt sind. Die gesamtwirtschaftliche Entwicklung **mit** allen vorgeschlagenen Maßnahmen und Veränderungen muss mit einer Referenzentwicklung **ohne** diese Maßnahmen verglichen werden, um die Effekte der Maßnahmen von den Nettogrößen nach allen Anpassungsprozessen ableiten zu können.

Das Maßnahmenpaket ist gekennzeichnet durch Investitionen in Effizienzmaßnahmen bzw. den Kauf langlebiger energieeffizienter Konsumgüter in verschiedenen Anwendungsbereichen, die sich im Rahmen üblicher Wirtschaftlichkeitsüberlegungen für die sanierten Gebäude, verbesserten Fahrzeuge, eingesetzten Technologien in der Produktion

und im GHD-Bereich ganz oder nahezu amortisieren. Im Rahmen der hier vorgelegten Kurzstudie wurden die Investitionen als Differenz zu den Ausrüstungsinvestitionen der Unternehmen, den Konsumausgaben der Haushalte und den Bauinvestitionen in das Modell PANTA RHEI eingestellt. Die Finanzierung der Maßnahmen über Abschreibungen oder geringere Ersparnis der privaten Haushalte wird voll erfasst. Da die Einzelmaßnahmen für sich wirtschaftlich sind, wird nicht unterstellt, dass dadurch andere Investitionen oder Konsum verdrängt werden. Parallel dazu werden die jeweiligen Energieeinsparungen in den verschiedenen Sektoren im Modell verarbeitet.

Langfristige Strukturanpassungen sind im Modell PANTA RHEI berücksichtigt. Kurzfristige Effekte, wie etwa die derzeit beobachtbare Wirtschafts- und Finanzkrise, erfordern zusätzliche Einstellungen. Eine Diskussion der kurz- und langfristigen Auswirkungen der Wirtschaftskrise auf die Energieeffizienz findet sich daher in einem gesonderten Kapitel (vgl. Kapitel 4.3).

4.2 Modellergebnisse – Darstellung und Einordnung

Dieser erste Modelldurchlauf liefert eine Übersicht über die zu erwartenden Effekte eines ambitionierten Maßnahmenpakets zur Erhöhung der Energieeffizienz. Er lässt Abschätzungen zu den wesentlichen makroökonomischen Effekten zu. In dieser ersten Abschätzung sind keine detaillierten Modellierungen der Auswirkungen des Maßnahmenpakets enthalten, beispielsweise auf die Position deutscher Unternehmen auf internationalen Märkten oder Rückwirkungen des sinkenden Energieverbrauchs auf die Preise der CO₂-Zertifikate. Diese detaillierte Modellierung des Maßnahmenpakets, bzw. eines erweiterten Maßnahmenpakets ist Gegenstand von weiteren Arbeiten im Verlauf des Forschungsvorhabens.

Insgesamt lässt sich jedoch aus den ersten Simulationen bereits eine Reihe von positiven volkswirtschaftlichen Effekten ableiten.

4.2.1 Gesamtwirtschaftliche Impulse und Effekte

Die in Kapitel 3 dargestellten Maßnahmen erfordern in der Regel zunächst höhere Investitionen, die sich in den Folgejahren durch niedrigere Energiekosten auszahlen. Die zusätzlichen Investitionen stellen kurzfristig einen zusätzlichen Nachfrageimpuls dar, der zu höherer Produktion und Beschäftigung führt. Da sich die Maßnahmen für die Unternehmen und Haushalte rechnen, ist nicht davon auszugehen, dass unter dieser Annahme Investitionen und Konsum an anderer Stelle eingeschränkt werden müssen. Es gibt keinen negativen Budgeteffekt. Zugleich müssen Unternehmen und Haushalte die Investitionen finanzieren, was für die Unternehmen die Abschreibungen im Jahr der Investition und den Folgejahren erhöht und sich für die Haushalte in geringerer Ersparnis niederschlägt. **Energieeinsatz wird letztlich durch Kapitaleinsatz substituiert.** Neben dem direkten positiven Nachfrageimpuls führen weitere Wirkungskanäle zu gesamtwirtschaftlichen Veränderungen:

- Der effizientere Energieeinsatz **reduziert die Energieimporte** und **verbessert somit die Außenhandelsposition** Deutschlands. Dieser volkswirtschaftlich positive Energieimporteffekt nimmt von Jahr zu Jahr immer mehr zu.
- Der effizientere Energieeinsatz **verbessert die gesamtwirtschaftliche Produktivität**, da (fast) nur einzelwirtschaftlich lohnende Maßnahmen umgesetzt werden.

Produktionskosten und Preise sinken. Der Effizienzeffekt verbessert die Wettbewerbsfähigkeit der Volkswirtschaft.

- Auf der anderen Seite steigen die Abschreibungen und damit die Kapitalkosten der Unternehmen durch die höheren Investitionen. Die Haushalte und der Staat müssen **höhere** Investitionen und **Ausgaben finanzieren**.
- Die kurzfristig höhere Nachfrage führt über **Zweitrundeneffekte** wie gestiegene Einkommen der zusätzlich Beschäftigten zu weiteren Veränderungen in der gesamten Volkswirtschaft.

Durch die frühzeitige Etablierung eines **Leitmarktes** für Effizienztechnologien kann ein Wettbewerbsvorteil inländischer Firmen entstehen. Dieser Effekt zusätzlicher Exporte ist in den Modellrechnungen noch nicht abgebildet (siehe Kapitel 4.4).

Das Zusammenspiel dieser Effekte ist insgesamt sehr positiv. Die Bruttoproduktion, das Bruttoinlandsprodukt und seine einzelnen Komponenten Konsum, Investitionen und Außenhandel liegen durch den verstärkten Einsatz von Effizienztechnologien im Maßnahmenzenario über den gesamten Zeitraum höher als im Referenzzenario. Natürlich überträgt sich die höhere Produktion nicht in gleichem Umfang in eine höhere Wertschöpfung (BIP), da ein Teil der zusätzlichen Produktion und der zusätzlich eingesetzten Vorprodukte entsprechend der deutschen Handelsstruktur importiert wird. Ein erheblicher Teil des beobachteten zusätzlichen BIP-Aufkommens entfällt mit gut 18,3 Mrd. Euro auf den privaten Konsum. Dies leitet sich zunächst aus dem zusätzlichen Konsum von energieeffizienten Gütern ab, beinhaltet jedoch darüber hinaus Zweitrundeneffekte durch die steigende Beschäftigung und den Anstieg der verfügbaren Einkommen durch die Einsparung von Energiekosten. Ausrüstungen und Bauten erfahren ebenfalls Impulse durch das Maßnahmenpaket und darüber hinaus von der insgesamt gestiegenen Wirtschaftsaktivität.

Exporte und Importe erhalten keine explizit modellierten zusätzlichen Impulse. Deutsche Unternehmen könnten direkt (Lead position auf den Märkten für energieeffiziente Produkte) und indirekt (durch niedrigere Energiekosten) international wettbewerbsfähiger werden (vgl. Kapitel 4.4).

Staat, Unternehmen und Haushalte haben nach Ablauf aller Anpassungsprozesse im Effizienzzenario jeweils etwas weniger gespart als in der Referenzentwicklung. Diese verringerte Ersparnis mag negativ interpretiert werden. Nicht nur in Zeiten lahmender globaler Nachfrage bleibt aber festzuhalten, dass Ersparnis für sich kein Ziel ist und es in der Natur von Energieeffizienzmaßnahmen liegt, dass **Maßnahmen heute Geld kosten und in der Zukunft Energie und Geld sparen**. Dieser Investitionseffekt ist auch der zentrale Faktor für die positiven Beschäftigungseffekte.

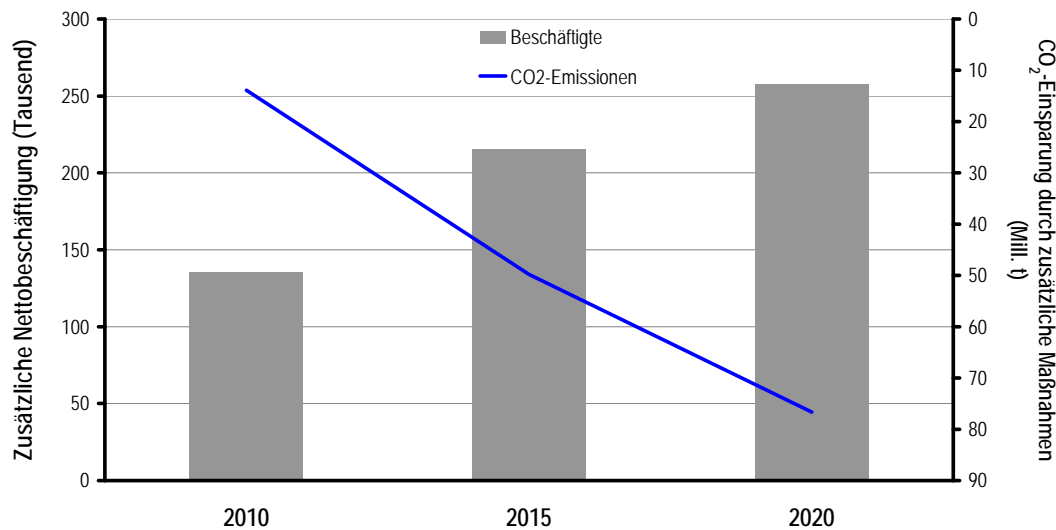


Abbildung 4-1: Beschäftigung und CO₂-Emissionen – absolute Abweichungen in den jeweiligen Einheiten zum Referenzszenario (eigene Berechnungen der GWS)

Abbildung 4-1 gibt einen Überblick über die Entwicklung der beiden wichtigen (umwelt)ökonomischen Größen der CO₂-Emissionen und der Beschäftigung im Vergleich zum Referenzszenario. Das Maßnahmenzenario führt zu deutlichen CO₂-Einsparungen und einem deutlichen Nettoanstieg der Beschäftigung. Über den gesamten Betrachtungszeitraum zeigt sich eine **Nettomehrbeschäftigung in 2020 von 257.000 Beschäftigten**. Die Zahl der Erwerbstätigen, die auch Beamte und Selbständige einschließt, nimmt noch etwas stärker zu. Zugleich steigen die Stundenlöhne leicht (0,27% in 2020) an und das Preisniveau geht gegenüber der Referenz um etwa 0,1% zurück. **Vom Beschäftigungszuwachs profitieren somit die bereits Beschäftigten durch höhere Reallöhne ebenso wie die Erwerbslosen durch Mehrbeschäftigung.**

Die positiven Beschäftigungseffekte lassen sich als Ergebnis verschiedener Wirkungsmechanismen interpretieren:

- Zusätzliche Investitionen bedeuten zusätzliche Produktion und somit zusätzliche Beschäftigung.
- Energieeinsatz wird durch Kapitaleinsatz ersetzt. Dieser wird teilweise auch aus dem Ersparten entnommen (das langfristig durch die eingesparten Energiekosten wieder aufgefüllt wird).
- Teilweise wird Wertschöpfung im Ausland, beispielsweise in den Lieferländern von Erdöl, durch regionale Wertschöpfung beispielsweise im Baugewerbe oder Maschinenbau ersetzt.
- Mit dem Baugewerbe und den unternehmensbezogenen Dienstleistungen, aber auch, wenngleich in etwas geringerem Maße mit dem Maschinenbau, werden Impulse auf beschäftigungsintensive Wirtschaftsbereiche ausgeübt.
- Die eingesparten Energiekosten steigern die Produktivität und damit die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen.
- Die eingesparten Energiekosten steigern das zur Verfügung stehende Budget der Haushalte und damit die Ausgabebereitschaft für andere Güter (Zweitrundeneffekte).

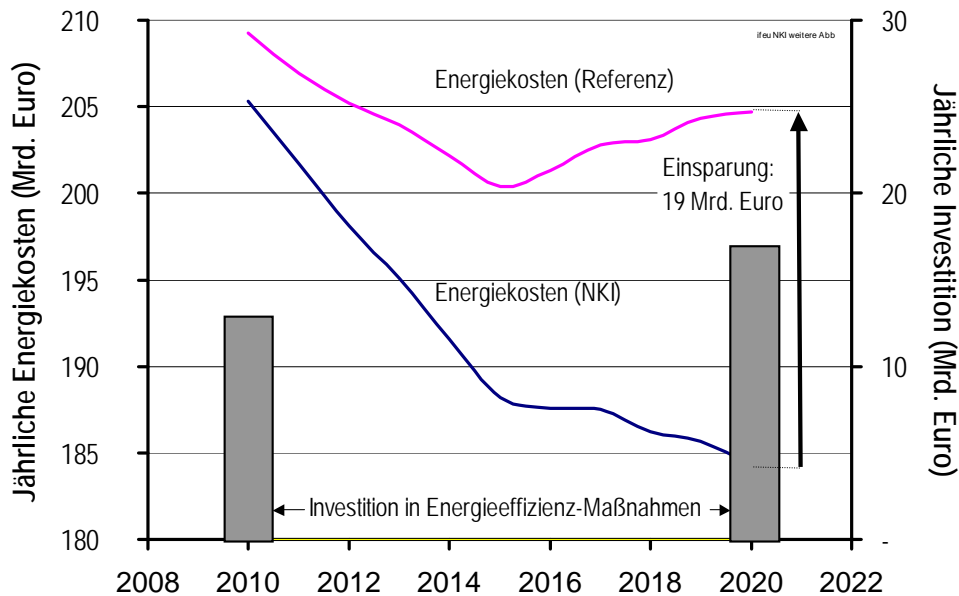


Abbildung 4-2: Jährliche zusätzliche Investitionen in Energieeffizienz und Energiekosten im Referenzszenario und nach Durchführung der analysierten Maßnahmen

Hauptimpuls sind dabei kurzfristig die zusätzlich ausgelösten Investitionen. Insbesondere im Gebäudebereich ist der inländische Wertschöpfungsanteil hoch. Es ist davon auszugehen, dass die zusätzliche Beschäftigung dort vor allem in kleinen und mittleren Unternehmen entsteht. Längerfristig steigt die Bedeutung der eingesparten Energiekosten für die Ergebnisse immer mehr an. Insgesamt werden im Jahr 2020 Energiekosten in Höhe von 19 Mrd. € eingespart (Abbildung 4-2), wobei der größte Teil dann auf den Verkehrsbereich entfällt (40%), gefolgt von den privaten Haushalten mit 35%. Da überwiegend wirtschaftliche Technologien eingesetzt werden, ist dieser Effekt nach Ablauf der jeweiligen Amortisationszeit umso bedeutender. In dieser Betrachtung ist die möglicherweise gesteigerte Innovationskraft der Unternehmen noch nicht quantifiziert. Die Stromkosten werden um rund 9 Mrd. € reduziert.

Tabelle 4.1: Arbeitsmarkteffekte – Abweichungen zur Referenz (Berechnungen der GWS)

	2010	2015	2020
		[in 1000]	
Erwerbstätige (Inland)	149	240	289
Beschäftigte (Inland)	135	215	257
		[in %]	
Durchschnittslohn	0	0,17	0,27
Verbraucherpreisindex	-0,13	-0,14	-0,07

Bei der Betrachtung der sektoralen Effekte (Abbildung 4-3) zeigt sich eine **breite Streuung über alle Wirtschaftsbereiche**. Einige Bereiche des verarbeitenden Gewerbes wie der Maschinenbau, der Fahrzeugbau und die vor gelagerte Metallerzeugung, die die effizienteren Maschinen und Anlagen produzieren, und das Baugewerbe durch Maßnahmen

im Gebäudebereich profitieren direkt von den Effizienzmaßnahmen. Der Beschäftigungszuwachs ist in diesen Bereichen im Zeitablauf weitgehend von der Höhe der Maßnahmen abhängig.

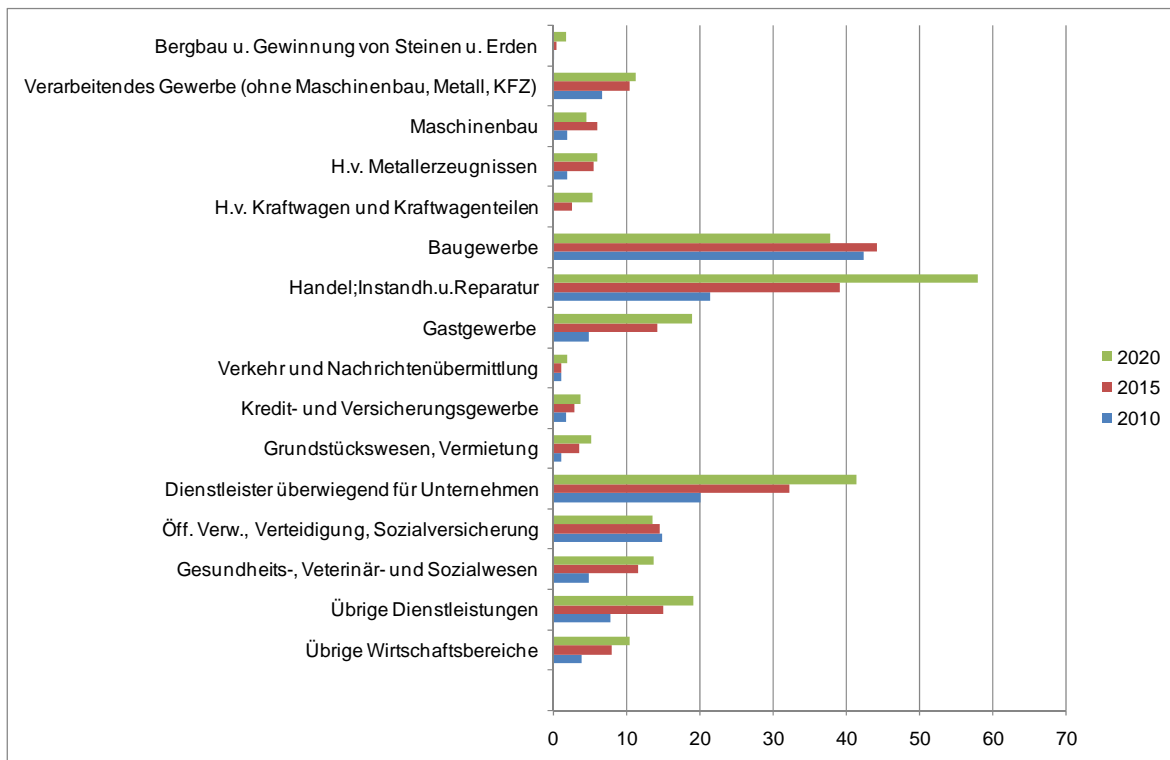


Abbildung 4-3: *Sektorale Arbeitsmarkteffekte im Maßnahmenzenario – absolute Abweichungen der Beschäftigung in 1000 zum Referenzzenario (eigene Berechnungen der GWS).*

Zusätzlich steigt die Beschäftigung auch in vielen anderen Bereichen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass effizientere Geräte und Fahrzeuge von teils externen Dienstleistern wie Ingenieurbüros (Dienstleister überwiegend für Unternehmen) mit entwickelt werden und generell zusätzliche Industriearbeitsplätze eine weit größere Zahl an Arbeitsplätzen in Handel und Dienstleistungen schaffen. Die Sekundäreffekte streuen breit über die gesamte Volkswirtschaft. **Damit ist nicht zu erwarten, dass Knappheiten auf dem Arbeitsmarkt die positiven Effekte beschränken oder verhindern könnten.**

Eine generelle Aussage, in welchen Unternehmensarten die zusätzlichen Arbeitsplätze entstehen, ist auf Basis der Modellrechnungen nicht möglich.

Von den Maßnahmen in den Sektoren Industrie, Verkehr, Haushalte und GHD gehen unterschiedlich starke Beschäftigungsimpulse aus, die von den jeweiligen Investitionen und den Beschäftigungsintensitäten der die Maßnahmen durchführenden Sektoren abhängen. In einer ersten Abschätzung lässt sich sagen, dass die Gebäude- und Heizungsmaßnahmen bei den Haushalten den größten Beschäftigungsimpuls ausüben, gefolgt von den Maßnahmen im Verkehr (vgl. Abbildung 4-4).

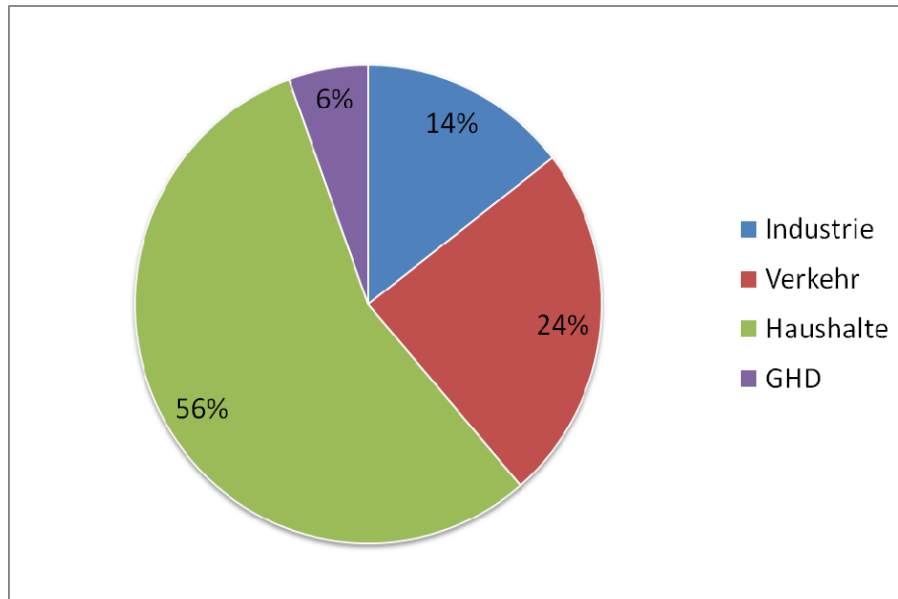


Abbildung 4-4: Arbeitsmarkteffekte im Maßnahmenzenario nach Sektoren, an denen die Maßnahmen ansetzen – in Prozent des gesamten Beschäftigungseffekts in 2020 (eigene Berechnungen der GWS).

4.2.2 Energiekenngrößen

Die Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren, des Primärenergieverbrauchs, der Energieimporte und der CO₂-Emissionen sind in Tabelle 4.2 zusammengefasst. In 2020 wird eine Minderung des Endenergieverbrauchs unter Berücksichtigung der volkswirtschaftlichen Wechselwirkungen um 693 PJ erreicht.

Diese Größe weicht von den in Kapitel 3 beschriebenen Effizienzgewinnen ab, da die zusätzlichen Wirtschaftsaktivitäten und das höhere zur Verfügung stehende Budget durch eingesparte Energiekosten mit einem Mehrverbrauch an Energie einhergehen, so dass es zu einem sogenannten **Rebound-Effekt** kommt, der etwa 1/10 des Effizienzgewinns „auffrisst“. Insgesamt sind die Einsparungen in 2020 jedoch erheblich. Der Primärenergieeinsatz sinkt – ohne weitere Effizienzmaßnahmen im Umwandlungssektor – in 2020 um gut 1000 PJ.

Dieser Rückgang des Energieverbrauchs entspricht **einer Verringerung der Energieimporte** im Jahr 2020 in Höhe von rund 320 PJ Erdgas (10,6%) und 290 PJ Erdöl (6,5%). Monetär bewertet entspricht dies Einsparungen in Höhe von 6,2 Milliarden Euro (in jeweiligen Preisen). Der Rückgang von Energieimporten kann darüber hinaus zur Versorgungssicherheit beitragen, wenn die teilweise mit Mengen- und Preisrisiken behafteten Importe (SRU 2008:107) entweder durch „sicherere“ Energieträger substituiert werden, oder wenn sie durch Effizienzgewinne nicht mehr notwendig sind.

Für die Stromerzeugung wird unterstellt, dass der Kernenergieausstieg und die Entwicklung der Erneuerbaren Energien unabhängig von der Effizienzentwicklung entsprechend der Referenzentwicklung der Kanzleramtsszenarien weiterlaufen. Der Rückgang der Stromerzeugung findet somit im Bereich der fossilen Kraftwerke statt. Die CO₂-Emissionen gehen stärker zurück als bei Annahme einer unveränderten Kraftwerksstruktur.

Tabelle 4.2: *Energiekennzahlen - Absolute Einsparung gegenüber Referenz unter Berücksichtigung volkswirtschaftlicher Wechselwirkungen [Berechnungen der GWS]*

Einsparung gegenüber Referenz	Einheiten	2010	2015	2020
Endenergieverbrauch		108	418	693
private Haushalte	[PJ]	25	115	219
GHD	[PJ]	8	32	59
Industrie	[PJ]	19	123	197
Verkehr	[PJ]	57	148	219
Primärenergieverbrauch	[PJ]	162	629	1.027
Bruttostromerzeugung	[PJ]	39	151	245
CO₂-Emissionen	[Mio. t]	13,9	49,8	76,6
Importe				
Erdöl	[TJ]	67	189	287
Erdgas	[TJ]	26	165	321
Vermiedene Importe	[Mrd. €]	0,8	3,2	6,2

4.2.3 Einordnung der Ergebnisse

Modellergebnisse sind entscheidend von den unterstellten Annahmen abhängig. Dabei spielen die internationale Energiepreisentwicklung, Energieeffizienzanstrengungen in der übrigen Welt und die generelle langfristige Entwicklung der Wirtschaft eine wichtige Rolle. Die gesamtwirtschaftlichen Effekte fallen umso positiver aus, je höher die internationalen Energiepreise in Zukunft sein werden [Lutz, Meyer 2009] und je größer die Bedeutung von Energieeffizienztechnologien auf den Weltmärkten sein wird. Die vielfältigen Exportchancen für die deutsche Wirtschaft bleiben hier unberücksichtigt, so dass **die Ergebnisse als Untergrenze der zu erwartenden Entwicklung zu interpretieren sind** – dies umso mehr, als nur ein ausgewähltes Bündel an quantifizierbaren Maßnahmen betrachtet wird (vgl. Kapitel 3). Das Exportthema wird in Abschnitt 4.2.5 ausführlich beleuchtet.

Die Ergebnisse sind auch konservativ mit Blick auf die in den Kanzleramtsszenarien hinterlegten Annahmen zu internationalen **Energiepreisen**. Dies wirkt sich auf eine Reihe von Faktoren aus: Bei einer Verdopplung der internationalen Energiepreise bis 2020, was in aktuellen Projektionen der Internationalen Energieagentur sowie der amerikanischen Energiebehörde unterstellt ist, **würde die Einsparung bei den Energieimporten von etwa 6,2** (bei den niedrigen Energiepreisannahmen der Kanzleramtsszenarien) **auf rund 12 Mrd. Euro in 2020 steigen**. Auch die Energieeinsparungen der Haushalte und der Unternehmen wären von größerer Bedeutung. Auch bezüglich der Beschäftigungseffekte ist davon auszugehen, dass in einem Szenario mit höheren Energiepreisen die Nettomehrbeschäftigung höher ausfällt.

Andererseits wirken sich höhere Energiepreise immer dämpfend auf das Wirtschaftswachstum aus, so dass alle Effekte vor dem Hintergrund einer schwächeren wirtschaftlichen Entwicklung verglichen werden müssten.

Insgesamt werden Langfristeffekte, etwa die Energiekosteneinsparung, aber auch die höheren Abschreibungen der Unternehmen, nicht über das Jahr 2020 hinaus betrachtet. Dies ist richtig im Rahmen der betrachteten jährlichen Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung, verdeckt aber den langfristigen Charakter der Maßnahmen, die dauerhafte Einsparung an Energiekosten durch heute höhere Investitionen ermöglichen. Umso bedeutender erscheint die Tatsache, dass die Effizienzmaßnahmen sich nicht erst langfristig, sondern schon kurzfristig gesamtwirtschaftlich rechnen. Ebenso wenig wurden mögliche Auswirkungen des verringerten Energieverbrauchs auf die CO₂-Zertifikatspreise betrachtet.

Dieser Liste von positiven gesamtwirtschaftlichen Effekten steht die Frage gegenüber, wie die offenkundigen Hemmnisse, die bislang einer Realisierung der überwiegend wirtschaftlichen Potenziale entgegenstanden, überwunden werden können. Die Frage erforderlicher Instrumente und Mechanismen wird in den folgenden Phasen des Projektes untersucht.

4.3 Auswirkungen der Finanzkrise auf die Energieeffizienz

Bei der Betrachtung der gesamtwirtschaftlichen Effizienzeffekte der aktuellen Wirtschafts- und Finanzkrise sind Struktureffekte, Energiepreiseffekte, Investitionseffekte, Niveaueffekte und Wirkungen staatlicher Konjunkturprogramme zu unterscheiden, die teilweise wechselseitig voneinander abhängen.

Kurzfristig geht die energieintensive Investitionsgüterproduktion deutlich stärker zurück als die weniger energieintensive Konsumgüterherstellung. Zugleich ist der private Konsum von der Wirtschaftskrise bisher kaum betroffen. Entsprechend kommt es zu einem Struktureffekt weg von energieintensiver Produktion, der für sich dazu führt, dass die Energienachfrage stärker zurückgeht als das Bruttoinlandsprodukt. Dieser Struktureffekt verbessert kurzfristig die Energieeffizienz. Durch die Unterauslastung der Produktion etwa in der Stahlindustrie verschlechtert sich umgekehrt die Energieeffizienz.

Die Wirtschaftskrise hat zu einem starken Einbruch der Energiepreise wie der CO₂-Zertifikatspreise geführt. Bei Erdgas tritt der Effekt aufgrund der Ölpreisbindung um etwa 6 Monate verzögert auf. Der Energieverbrauch liegt dadurch höher als bei niedrigen Preisen. Der Energiepreiseffekt reduziert die Energieeffizienz kurzfristig (an der Tankstelle). In der Statistik der Energiebilanzen wird dieser Effekt durch Lagerhaltung (verstärkte Nachfrage nach Heizöl zum Jahresbeginn 2009) allerdings überzeichnet.

Viel wichtiger ist der langfristige Wirkungszusammenhang. Die Investitionstätigkeit der Unternehmen wie der Kauf langlebiger Konsumgüter der Haushalte wird durch die Wirtschaftskrise reduziert. Da neue Anlagen und Geräte in der Regel deutlich energieeffizienter sind als Vorgängerprodukte, senkt der Investitionseffekt vor allem langfristig die Energieeffizienz. Verstärkt wird diese Wirkung durch die niedrigen Energiepreise, die weniger energieeffiziente Produkte relativ günstiger werden lassen. Als Folge der Finanzkrise sind dauerhaft verschlechtere Investitionsbedingungen zu befürchten.

Bestandteile staatlicher Konjunkturprogramme wie die Ausweitung des Gebäudesanierungsprogramms in Deutschland („Effizient sanieren“) und die Nationale Klimaschutzinitiative erhöhen dagegen langfristig die Energieeffizienz.

Zusammengenommen dürften sich die kurzfristigen Effekte weitgehend ausgleichen. Mit der Wirtschaftsleistung wird in jedem Fall der Energieverbrauch kurzfristig deutlich sinken.

Wenn sich der Struktureffekt längerfristig wieder reduziert und die internationalen Energiepreise wieder ansteigen, wird der negative Investitionseffekt stärker sein als die positive Wirkung der staatlichen Konjunkturmaßnahmen. Die Energieeffizienz wird durch die Wirtschaftskrise dauerhaft niedriger sein. Diese Einschätzung wird z.B. auch von der Internationalen Energieagentur (2009) geteilt.

4.4 Auswirkungen erhöhter Exportchancen auf Umsatz und Beschäftigung

Neben dem Investitionsimpuls und den langfristigen Energieeinsparungen können hochentwickelte technologische Innovationen auch über die Wahrnehmung von Marktchancen auf ausländischen Märkten gesamtwirtschaftliche Wirkungen entfalten. Eine Abschätzung dieser Wirkungen kann in der vorliegenden Kurzstudie nicht geleistet werden, daher werden an dieser Stelle kurz die wichtigsten Wirkungsmechanismen zusammengefasst.

Die mittel- und langfristige Position der deutschen Unternehmen auf den Weltmärkten kann positiv beeinflusst werden, wenn es gelingt, **Deutschland als einen Leitmarkt für Energieeffizienz** zu etablieren. Dieser Begriff kennzeichnet einen weltweit führenden Standort, von dem aus sich dort entwickelte technische Lösungen weltweit durchsetzen und damit große Exportchancen für die heimischen Unternehmen schaffen. Oftmals lässt sich eine Entwicklung von nationalen Vorreiter-Märkten zu weltweiten Leitmärkten mit spezifischen Eigenschaften beobachten (vgl. ZSW et al. 2006):

- Preis- oder Kostenvorteile können aus der Größe des Heimatmarktes (economies of scale), aus dem starken Wachstum des Heimatmarktes sowie durch Lernkurveneffekte (bspw. durch im internationalen Vergleich frühzeitiges Marktwachstum) entstehen.
- Nachfragevorteile entstehen durch frühzeitiges Aufgreifen globaler Trends
- Exportvorteile erwachsen aus der Berücksichtigung von Kundenpräferenzen in ausländischen Märkten schon bei der Produktentwicklung und aus der Ähnlichkeit der nationalen Präferenzen mit Präferenzen auf internationalen Märkten (z. Bsp. durch internationale Verpflichtungen, wie den Klimaschutzverpflichtungen).
- Als Transfervorteil lässt sich der sogenannte Schaufenstereffekt bewerten. Die Beobachtbarkeit neuer Technologien in der Anwendung senkt die Unsicherheit und damit das wirtschaftliche Risiko für Nachahmer.

Untersuchungen zur Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands auf „grünen Zukunftsmärkten“ [Walz et al. 2008] zeigen eine führende Position Deutschlands auf dem Weltmarkt und innerhalb des Welthandels bei Energieeffizienztechnologien. Differenzierte Analysen zeigen, dass der relative Welthandelsanteil deutscher Unternehmen im Durchschnitt über alle in der Untersuchung betrachteten Energieeffizienztechnologien bei führenden 17% liegt, mit einem etwas geringeren Anteil, aber immer noch führend bei der Gebäudetechnik und höheren Anteilen in den industriellen Anwendungen.

Zur konkreten Abschätzung der zukünftigen Exportmöglichkeiten im Bereich der in den Maßnahmenpaketen analysierten Energieeffizienztechnologien sind die folgenden Schritte notwendig, die im weiteren Verlauf des Vorhabens näher untersucht werden:

- Analyse des zukünftigen Weltmarkts für Effizienztechnologien
- Ableitung des Welthandelsvolumens aus dem geschätzten Weltmarktvolumen
- Ableitung der Entwicklung des Welthandelsanteils Deutschlands für die Technologien des Maßnahmenszenarios.

5 Literaturverzeichnis

Almeida, A.T. et al. (2001): Improving the penetration of energy-efficient motors and drives - University of Coimbra / Department of Electrical Engineering in Cooperation with Electricite de France; ENEL (Italy); ETSU (UK); NESA (Denmark), Fraunhofer ISI (Germany), Coimbra(Portugal): University of Coimbra.

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2008): Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2007 und Energiebilanz für das Jahr 2005. Stand September 2008. Berlin, Köln (<http://ag-energiebilanzen.de>)

EU Richtlinie 2006/32/EC: Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rats vom 5. April 2006 über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen und zur Aufhebung der Richtlinie 93/76/ EWG des Rates.

Fraunhofer ISI, Forschungszentrum Jülich (2001): Systematisierung der Potenziale und Optionen. Endbericht an die Enquête-Kommission "Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung" des Deutschen Bundestages. Karlsruhe/Jülich

Fraunhofer ISI (2005), Technische und rechtliche Anwendungsmöglichkeiten einer verpflichtenden Kennzeichnung des Leerlaufverbrauchs strombetriebener Haushalts- und Bürogeräte. Studie im Auftrag des für Ministeriums für Wirtschaft und Arbeit

Henzelmann et al. (2009): GreenTech made in Germany 2.0, Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland, Hrsg. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

IEA (2009): The Impact of the Financial and Economic Crisis on Global energy Investment. IEA background paper for the G8 energy ministers' meeting, 24-25 May.

IFEU (2003): Klimaschutzkonzept Baden-Württemberg. Maßnahmen im Verkehrssektor und Ermittlung der CO₂-Emissionen für die Jahre 2000, 2005, 2010, 2020; Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt- und Verkehr Baden-Württemberg; Heidelberg September 2003

Infras (2006): COST-EFFECTIVENESS OF GREENHOUSE GASES EMISSION REDUCTIONS IN VARIOUS SECTORS; FINAL REPORT; Framework Service Contract No Entr/05/18; Zurich/Bern, 30 November 2006 for EC - DG ENTERPRISE AND INDUSTRY.

Lehr, U., Nitsch, J., Kratzat, M., Lutz, C. und Edler, D. (2008): Renewable Energy and Employment in Germany. Energy Policy, 36, pp. 108-117, DOI:10.1016/j.enpol.2007.09.004.

Lutz, C. und Meyer, B. (2008): Beschäftigungseffekte des Klimaschutzes in Deutschland. Untersuchungen zu gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen ausgewählter Maßnahmen des Energie- und Klimapakets. Forschungsbericht 205 46 434, Dessau-Roßlau.

Lutz, C. und Meyer, B. (2009): Economic impacts of higher oil and gas prices. The role of international trade for Germany. Energy Economics, 31. 10.1016/j.eneco.2009.05.009

Lutz, C., Meyer, B., Nathani, C. und Schleich, J. (2007): Endogenous innovation, economy and environment: impacts of a technology based modelling approach for energy-intensive industries in Germany. Energy Studies Review, 15(1), pp. 2-18.

Prognos (2007): Potenziale für Energieeinsparung und Energieeffizienz im Lichte aktueller Preisentwicklungen. Endbericht 18/06 im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Berlin, Basel

Prognos/EWI (2007): Energieszenarien für den Energiegipfel. Endbericht im Auftrag des Bundeskanzleramts und dem Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Basel, Berlin

Prognos (2008): Potenzial der weißen LED in der Straßenbeleuchtung; Studie im Auftrag eines Energieversorgungsunternehmens; nicht veröffentlicht; 2008

Radgen, P. (2002): Market study for improving energy efficiency for fans, Stuttgart: Fraunhofer IRB Verl.

Radgen, P.; Blaustein, E. (2001): Compressed air systems in the European Union, Stuttgart: LOG_X.

Schmid, C.; Brakhage, A.; Radgen, P.; Layer, G.; Arndt U.; Carter, J.; Duschl, A.; Lilleike, J.; Nebelung, O. (2003): Möglichkeiten, Potenziale, Hemmnisse und Instrumente zur Senkung des Energieverbrauchs branchenübergreifender Techniken in den Bereichen Industrie und Kleinverbrauch, Karlsruhe/ München: Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung; Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.

Siemens (2008):

http://w1.siemens.com/innovation/de/news_events/innovationnews/innovationnews-meldungen/licht/clevere_finanzierung_fuer_neue_ampelanlagen.htm

TNO (2006): Review and analysis of the reduction potential and costs of technological and other measures to reduce CO₂-emissions from passenger cars; Final Report; October 31, 2006.

TREMODO (2009): Daten- und Rechenmodell: Schadstoffemissionen aus dem motorisierten Verkehr in Deutschland 1960 - 2030, Erstellung und Aktualisierung der Software TREMOD - Transport Emission Estimation Model; im Auftrag des Umweltbundesamtes (ab 1993 mit verschiedenen Aktualisierungen und Erweiterungen) und der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt); dazu Kooperationsabkommen mit dem Verband der Automobilindustrie, Frankfurt; mit der Deutschen Bahn AG; mit dem Mineralölwirtschaftsverband, Hamburg.

UBA (2003): CO₂-Minderung im Verkehr. Ein Sachstandsbericht des Umweltbundesamtes, - Beschreibung von Maßnahmen und Aktualisierung von Potenzialen - September 2003.

UBA 2009 <http://www.umweltbundesamt-umwelt-deutschland.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeId=2847>

Walz, R. et al., (2008), Innovationsdynamik und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands in grünen Zukunftsmärkten, Nr. 03/08 der Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung, UBA / BMU (Hrsg.), Dessau-Roßlau / Berlin.

ZSW et al. (2006): Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte. Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Studie im Auftrag des Bundesumweltministeriums. ZSW, DLR, DIW, GWS.