

Endbericht 18/06

Potenziale für Energieeinsparung und Energieeffizienz im Lichte aktueller Preisentwicklungen

Auftraggeber

Bundesministerium für
Wirtschaft und Technologie

Ansprechpartner prognos

Friedrich Seefeldt
Marco Wunsch

Ansprechpartner protrans

Dr. Ulrike Matthes

Ansprechpartner basics

Dr. Walter Baumgartner

Basel und Berlin,
31. August 2007
33-6464

prognos AG	progtrans AG
Geschäftsführer Christian Böllhoff	Geschäftsführer Dr. Stefan Rommerskirchen
Basel Aeschenplatz 7 CH-4010 Basel Telefon +41 61 32 73-200 Telefax +41 61 32 73-300 info@prognos.com www.prognos.com	Basel Gerbergasse 4 CH-4001 Basel Telefon +41 61 560 35-00 Telefax +41 61 560 35-01 info@progtrans.com www.progtrans.com
Berlin Karl-Liebknecht-Straße 29 D-10178 Berlin Telefon +49 30 52 00 59-200 Telefax +49 30 52 00 59-201 info@prognos.com	
Brüssel 19-21, Rue du Luxembourg B-1000 Brüssel Telefon +32 2 513 22 27 Telefax +32 2 502 77 03 info@prognos.com	basics AG Entscheidungsgrundlagen für Politik und Wirtschaft
Düsseldorf Schwanenmarkt 21 D-40213 Düsseldorf Telefon +49 211 887 31 31 Telefax +49 211 887 31 41 info@prognos.com	Zürich Technopark Technoparkstrasse 1 CH-8005 Zürich Telefon +41 (44) 362 99 00 Telefax +41 (44) 362 99 71 w.baumgartner@basics.ch
Bremen Wilhelm-Herbst-Straße 5 D-28359 Bremen Telefon +49 421 20 15-784 Telefax +49 421 20 15-789 info@prognos.com	

Autoren		
prognos AG Friedrich Seefeldt Marco Wunsch Christian Michelsen	basics AG Dr. Walter Baumgartner Orsolya Ebert-Bolla	progtrans AG Dr. Ulrike Matthes Patrick Leypoldt Theres Herz
Fachliche Beratung		
prognos AG Dr. Almut Kirchner Dr. Michael Schlesinger		

Inhalt

1. Zusammenfassung	6
2. Ausgangslage & Zielsetzung	12
2.1 Ausgangslage.....	12
2.2 Vorgehensweise	13
3. Methodische Vorüberlegungen.....	15
3.1 Differenzierung und Abgrenzung des Bearbeitungsfeldes.....	15
3.2 Einflussgrößen auf den Endenergieverbrauch	16
3.3 Technisches Potenzial	20
3.4 Wirtschaftlichkeit.....	22
3.5 Erwartungswert.....	23
3.6 Hemmnisse.....	23
3.7 Maßnahmen, Handlungsfelder und Instrumente	26
4. Private Haushalte (PHH).....	28
4.1 Ausgangslage (PHH).....	29
4.2 Energieverbrauch im Sektor PHH	29
4.2.1. Datenlage & Abgrenzung.....	29
4.2.2. Energieverbrauch PHH.....	30
4.3 Maßnahmen im Überblick (PHH)	37
4.3.1. Gebäude: Gebäudehülle.....	38
4.3.2. Gebäude: Niedrigenergiehaus.....	40
4.3.3. Anlagentechnik (TGA)	40
4.3.4. Beleuchtung	44
4.3.5. Geräte	44
4.3.6. Verbraucher: Information, Feedback & Motivation	47
4.4 Potenziale für Energieeinsparung und Energieeffizienz (PHH)	48
4.4.1. Technisches Potenzial.....	48
4.4.2. Wirtschaftliches Potenzial.....	50
4.4.3. Hemmnisse.....	54
5. Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) mit Öffentlicher Hand (ÖH).....	58
5.1 Ausgangslage & Zielsetzung (GHD)	60
5.2 Abgrenzung und Differenzierung (GHD)	60
5.2.1. Differenzierung nach Wirtschaftsgruppen	60
5.2.2. Abgrenzung der Öffentlichen Hand	61
5.3 Methodische Vorgehensweise	63
5.3.1. Allgemeine Methodik	63
5.3.2. Methodik bei der Darstellung der Öffentlichen Hand.....	63
5.4 Energieverbrauch in GHD	65
5.4.1. Energieverbrauch der Öffentlichen Hand	71
5.4.2. Klärungsbedarf / Unsicherheiten	72
5.5 Maßnahmen im Überblick (GHD).....	74
5.5.1. Gebäude: Gebäudehülle.....	75

5.5.2.	Gebäude: Anlagentechnik	76
5.5.3.	Allgemeinbeleuchtung	79
5.5.4.	Steckerfertige Kühl- und Tiefkühlgeräte	80
5.5.5.	Öffentliche Hand: Straßenbeleuchtung	80
5.5.6.	Öffentliche Hand: LED-Ampelanlagen	81
5.5.7.	Maßnahme: Information, Feedback & Motivation Nutzern und Mitarbeitern	81
5.6	Potenziale für Energieeinsparung und Energieeffizienz (Überblick GHD)	83
5.6.1.	Technisches Potenzial	83
5.6.2.	Wirtschaftliches Potenzial	86
5.6.3.	Hemmnisse.....	90
6.	Produzierendes Gewerbe (IND)	94
6.1	Zusammenfassung (IND).....	94
6.2	Ausgangslage & Zielsetzung (IND).....	95
6.3	Methodische Vorüberlegungen (IND).....	96
6.4	Energieverbrauchsmatrix (IND).....	97
6.4.1.	Datenlage & Abgrenzung	97
6.4.2.	Ergebnis	99
6.4.3.	Einordnung, Probleme und Klärungsbedarf	101
6.5	Maßnahmen im Überblick (IND).....	101
6.5.1.	Handlungsfelder & Maßnahmen.....	101
6.5.2.	Bereich Elektromotoren.....	105
6.5.3.	Bereich Galvanische Prozesse	108
6.5.4.	Bereich Beleuchtung	108
6.5.5.	Bereich Thermische Prozesse	109
6.5.6.	Bereich Prozessoptimierung	111
6.5.7.	Gesamtschau	112
6.5.8.	Biotechnologie	112
6.6	Potenziale für Energieeinsparung und Energieeffizienz (IND).....	113
6.6.1.	Technisches Potenzial	113
6.6.2.	Wirtschaftliches Potenzial	115
6.6.3.	Hemmnisse.....	121
6.6.4.	Fazit und Ausblick	125
7.	Transport & Verkehr (VERK)	127
7.1	Ausgangslage & Zielsetzung (VERK)	128
7.2	Methodische Vorüberlegungen (VERK)	128
7.3	Energieverbrauch im Sektor (VERK)	129
7.3.1.	Datenlage & Abgrenzung	129
7.3.2.	Energieverbrauchsmatrix	131
7.3.3.	Ergebnis	132
7.4	Maßnahmen im Überblick (VERK).....	132
7.4.1.	Handlungsfelder & Maßnahmen.....	132
7.4.2.	Matrix der Energiesparmaßnahmen.....	136
7.4.3.	Potenziale Prioritäre Handlungsfelder und Maßnahmen	149
7.5	Potenziale für Energieeinsparung und Energieeffizienz (VERK)	155
7.5.1.	Erwartungswert und Technisches Potenzial	155
7.5.2.	Wirtschaftliches Potenzial	158
7.5.3.	Hemmnisse.....	163

7.5.4.	Bestehende Instrumente:.....	166
7.5.5.	Fazit und Ausblick.....	168
8.	Anhang (Allgemein).....	170
8.1	Begriffsdefinitionen	170
8.2	Glossar	172
8.3	Literatur	174
9.	Private Haushalte (PHH): Maßnahmeblätter.....	184
10.	Gewerbe Handel Dienstleistungen (GHD) und Öffentliche Hand (ÖH): Maßnahmeblätter	214
11.	Prod. Gewerbe (IND): Maßnahmeblätter.....	234
12.	Transport & Verkehr (VERK): Maßnahmen	269

1. Zusammenfassung

Aufgabenstellung	<p>Im Mai 2006 ist die "Richtlinie zu Endenergieeffizienz und zu Energiedienstleistungen" (kurz: EDR) in Kraft getreten. Diese verpflichtet die Bundesregierung, einen "Energieeffizienz-Aktionsplan" (kurz: EEAP) vorzulegen. Für dieses politische Vorhaben werden systematisch identifizierte und bewertete Energieeinspar- und -effizienzpotenziale benötigt, die mit entsprechenden politischen Instrumenten erschlossen werden können.</p>
Vorgehensweise und Methode	<p><i>Energieeinsparung</i> oder <i>Energieeffizienz</i> selbst sind als Begriffe nur unscharf abgegrenzt und umfassen in der Konkretisierung sehr heterogene Ausprägungen in vielen Sektoren und (technischen) Anwendungsfeldern.</p> <p>Während in der Energiebilanz Endenergie (z. B. Heizöl) oder in der Nutzenergiebilanz Verwendungszwecke (Raumwärme, Licht etc.) unterschieden werden, benötigt man für die Identifikation von Energieeinsparpotenzialen weitere Ebenen, wie z. B. relevante Verbrauchergruppen (Haushalte, Wirtschaftszweige, Öffentliche Hand, motorisierter Individualverkehr, etc.) und Anwendungsbereiche (Gebäude, Geräte, Antriebe...). Dies erfordert eine vertiefte Differenzierung sowohl in vertikaler als auch horizontaler Richtung.</p> <p>Zu diesem Zweck wurde der Endenergieverbrauch einer sektoralen Grobgliederung unterzogen, wobei in den einzelnen Sektoren jeweils eine <i>Energieverbrauchsmatrix</i> erstellt wurde, mit je einer Differenzierung nach Verbrauchergruppen sowie relevanten Anwendungsbereichen.</p> <p>Da sich das Vorhaben primär auf die Erschließung von Endenergieeffizienz- und -einsparpotenzialen richtet, werden Effizienzpotenziale in der zentralen Erzeugung (i. d. R. Kraftwerkstechnologien) in der vorliegenden Untersuchung ausgeschlossen. Dies betrifft auch die Erzeugung und Verteilung von Fernwärme sowie die zentrale Groß- und dezentrale Kleinkraftwärmekopplung (KWK).</p> <p>Insgesamt wurden mehr als 90 Einzelmaßnahmen identifiziert, von denen 64 in die nähere Untersuchung einbezogen wurden.</p>
Technisches Potenzial	<p>Als statisches, <i>technisches Potenzial</i> im Sinne der vorliegenden Studie wird diejenige Energieeinsparung (absolut in Verbrauchseinheiten, relativ in Prozentangaben) bezeichnet, welche gegenüber einem Bezugszustand (Verbrauch und Mengen, in der Regel das Jahr 2002) statisch, also bei konstanter Gesamtmenge und ohne gesonderte Berücksichtigung des technologischen Fortschritts aufgrund einer definierten Maßnahme zu erzielen ist.</p> <p>Vor dem Hintergrund der konkreten und unmittelbar umzusetzenden Anforderungen der EDR wird bei der Definition des technischen Potenzials nur der bereits heute am Markt verfügbare <i>Stand</i></p>

der Technik betrachtet. *Stand der Technik* im Sinne dieser Studie ist der Entwicklungsstand fortschrittlicher Produkte, Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Begrenzung des Endenergieeinsatzes insgesamt als gesichert und wirtschaftlich bzw. in der Nähe der Wirtschaftlichkeit erscheinen lässt.

Das technische Potenzial im Sinne der vorliegenden Studie beträgt 1.437 PJ, dies entspricht 15,3 % des zugrunde liegenden Endenergieverbrauchs.

Wirtschaftliches Potenzial

Als *wirtschaftliches Potenzial* im Sinne der vorliegenden Studie wird diejenige einzusparende Energiemenge (absolut in Verbrauchseinheiten, relativ in Prozentangaben) bezeichnet, welche gegenüber dem *Technischen Potenzial (statisch oder gegenüber dem Trend)*, wirtschaftlich darstellbar ist, d.h. zu einer definierten Lebensdauer der Maßnahme und einem definierten Zinssatz, spezifisch geringere Kosten pro eingesparte Verbrauchseinheit hat als der vom jeweiligen Verbraucher zu entrichtende, marktübliche Preis pro Verbrauchseinheit.

Das wirtschaftliche Potenzial im Sinne der vorliegenden Studie beträgt 1.240 PJ, dies entspricht 13,2 % des zugrunde liegenden Endenergieverbrauchs.

Bezeichnung Maßnahme	IST-Verbrauch (2002)	Techn. Potenzial (2008 -2016)	Techn. Potenzial (2008-2016)	Wirtsch. Potenzial (2008 -2016)	Wirtsch. Potenzial (2008 -2016)
Summe	9.412	1.437	15,3%	1.240	13,2%
PHH Private Haushalte	2.833	440	15,5%	347	12,2%
GHD Gewerbe Handel Dienstleistungen (1)	1.370	181	13,2%	147	10,7%
IND Produzierendes Gewerbe (1)	2.530	630	24,9%	352	13,9%
VERK Transport & Verkehr (2)	2.679	186	6,9%	394	14,7%

Tabelle 1.1

Übersicht über die technischen und wirtschaftlichen Potenziale
[Prognos 2007

- (1) Die Gruppen industrielle Kleinverbraucher und Bau werden beim Sektor Prod. Gewerbe bilanziert
- (2) Technische Potenziale im Sektor Verkehr beinhalten nur die Potenziale aufgrund technischer Energiesparmaßnahmen, wirtschaftliche Potenziale enthalten auch die Erwartungswerte aufgrund organisatorischer/ordnungspolitischer Maßnahmen

Hemmnisse

Dieses Ergebnis zeigt, dass ein großer Teil der identifizierten Potenziale heute und bereits vor 5, 10 oder 15 Jahren *wirtschaftlich* erschließbar sind und waren. Neben der Systemträgheit aufgrund langer Reinvestitions- und Instandsetzungszyklen - insbesondere im Gebäude- und Anlagenbereich - handelt es sich dabei um ein Marktversagen, welches in einer in der Regel multiplen Hemmnisstruktur begründet ist. Diese Hemmnisse werden für jede Einzelmaßnahme identifiziert und aufgearbeitet.

Als Hemmnisse im Sinne der vorliegenden Studie werden alle Tatbestände bezeichnet, welche die Realisierung wirtschaftlicher Energieeinsparpotenziale verhindern oder erschweren. Diese Hemmnisse können informatorischer, rechtlicher, finanztechnischer, organisatorischer, motivatorischer und/oder sonstiger Natur sein.

Private Haushalte (PHH)

Der Endenergieverbrauch im Sektor PHH beträgt (klimabereinigt) 2.333 PJ an Brennstoffen und Fernwärme sowie 500 PJ an Strom. Die Raumwärme stellt mit 78 % den Anwendungsbereich mit dem höchsten Energieverbrauch dar.

Neben der Gebäudehülle (Fenster, Oberste Geschossdecke, Kellerdecke und Außenwände) bietet die technische Gebäudeausrüstung (TGA), insbesondere die Erneuerung und die betriebliche Optimierung der Wärmeerzeugung sowie der -verteilung Energieeinsparpotenziale.

Ein weiterer relevanter Anwendungsbereich für Endenergie in Haushalten sind Elektrogeräte. Diese werden unterschieden in Haushaltsgeräte ("Weiße Ware"), Geräte der Unterhaltungselektronik ("Braune Ware") sowie Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik (PC, Drucker, Kopierer, Telefon- und Faxgeräte) eingeteilt. Hier bieten energieeffiziente Geräte Energieeinsparpotenziale durch die Minderung von Betriebs- und Leerlaufverlusten.

Insgesamt beträgt das bis 2016 erschließbare *technische Potenzial* im Sektor der Privaten Haushalte 440 PJ. Das ist ein Sechstel des gesamten Energieverbrauchs, wobei ca. 15 % (345 PJ) im Wärmebereich und annähernd ein Fünftel (95 PJ) im Strombereich einzusparen sind. Die Potenziale ergeben sich nicht nur durch den Ersatz alter Anlagen und durch energieeffiziente Neuinvestitionen. Auch die betriebliche Optimierung bestehender Anlagen kann mit 79 PJ erheblich zur Energieeinsparung beitragen.

Das wirtschaftlich erschließbare Potenzial beträgt 347 PJ. Das ist annähernd ein Achtel des gesamten Energieverbrauchs der Privaten Haushalte, wobei ca. 12 % (271 PJ) im Wärmebereich und mehr als 15 % (77 PJ) im Strombereich einzusparen sind. Damit sind annähernd vier Fünftel (78,5 %) des identifizierten Technischen Potenzials bereits heute wirtschaftlich erschließbar. Neben der Systemträgheit aufgrund langer Reinvestitions- und Instandsetzungszyklen insbesondere im Gebäude- und Anlagenbereich ist ein Marktversagen zu konstatieren, welches auf die bei den einzelnen Maßnahmen existierenden Hemmnisstrukturen zurückzuführen ist.

Die Energiepreise erweisen sich damit zwar als wichtiger, aber

**Gewerbe, Handel,
Dienstleistungen
(GHD)**

nicht allein entscheidender Faktor für die Realisierung von Energiesparpotenzialen. Vielmehr sind im Sektor der Privaten Haushalte Hemmnisse über das gesamte Spektrum der Maßnahmen anzutreffen. Neben Informations- und Motivationsdefiziten spielt das Mieter/Vermieter-Dilemma im vermieteten Bestand eine relevante Rolle.

Der Endenergieverbrauch im Sektor GHD inkl. industrielle Kleinverbraucher und Baugewerbe beträgt (klimabereinigt) 1.089 PJ für Brennstoffe und Fernwärme sowie 490 PJ für Strom. Die Raumwärme stellt mit annähernd 46 % den Anwendungsbereich mit dem höchsten Energieverbrauch dar. Die Wirtschaftsgruppe mit dem höchsten Endenergieverbrauch ist der Handel.

In Gebäuden des Sektors GHD (Nichtwohngebäude) beträgt der Verbrauch an Brennstoffen und Fernwärme für die Bereitstellung der Raumwärme 715 PJ. Neben der Gebäudehülle (Fenster, Oberste Geschossdecke, Kellerdecke und Außenwände) bietet die technische Gebäudeausrüstung (TGA), insbesondere die Erneuerung und die betriebliche Optimierung der Wärmeerzeugung sowie der -verteilung relevante Energiesparpotenziale. In vielen Büro- und Dienstleistungsgebäuden spielt dabei die Ausstattung mit RLT-Anlagen eine wichtige Rolle (17 PJ).

Ein weiterer relevanter Anwendungsbereich für Endenergie im Sektor GHD ist die Beleuchtung. Hier beträgt der Endenergieverbrauch 163 PJ (45 TWh). Weitere relevante Anwendungsbereiche sind die im Handel verwendeten Kühl- und Tiefkühlgeräte sowie der Bereich der weiterhin zunehmenden Ausstattung mit IuK-Technik.

Insgesamt beträgt das bis 2016 erschließbare technische Potenzial im Sektor GHD 181 PJ. Das sind 13 % des Energieverbrauchs, wobei ca. 11 % (107 PJ) im Wärmebereich und mehr als ein Sechstel (74 PJ) im Strombereich einzusparen sind. Die Potenziale ergeben sich nicht nur durch den Ersatz alter Anlagen und durch energieeffizientere Neuinvestitionen. Auch die betriebliche Optimierung bestehender Anlagen kann erheblich zur Energieeinsparung beitragen.

Bei der öffentlichen Hand bestehen neben den genannten technischen Potenzialen in Gebäuden, bei Anlagen und Geräten Energiesparmöglichkeiten bei der Straßenbeleuchtung und bei Ampelanlagen von tlw. über 70%. Insgesamt beträgt das Energiesparpotenzial bei den Einrichtungen der öffentlichen Hand 49 PJ (22 %).

Das bis 2016 wirtschaftlich erschließbare Potenzial im Sektor GHD beträgt 147 PJ. Das sind mehr als 10 % des gesamten Energieverbrauchs, wobei 9,4 % (89 PJ) im Wärmebereich und 13 % (58 PJ) im Strombereich einzusparen sind. Im Bereich der Öffentlichen Einrichtungen sind 39 PJ wirtschaftlich einzusparen, dies entspricht 22 % des Energieverbrauchs. Damit sind mehr als vier Fünftel (81 %) des identifizierten Technischen Potenzials bereits heute wirtschaftlich erschließbar. Neben der Systemträgheit aufgrund langer Reinvestitions- und Instandsetzungszyklen insbeson-

dere im Gebäude- und Anlagenbereich ist ein Marktversagen zu konstatieren, welches auf die bei den einzelnen Maßnahmen existierenden Hemmnisstrukturen zurückzuführen ist.

Die Energiepreise erweisen sich damit zwar als wichtiger, aber nicht allein entscheidender Faktor für die Realisierung von Energiesparpotenzialen. Vielmehr sind im Sektor GHD Hemmnisse über das gesamte Spektrum der Maßnahmen anzutreffen. Neben Informations- und Motivationsdefiziten spielt - wie bei PHH- das Mieter/Vermieter-Dilemma eine relevante Rolle. Teilweise sind Zuständigkeiten für die energetische Bewirtschaftung von Gebäuden sogar noch weiter aufgeteilt. Im Alltag der öffentlichen Verwaltungen und der privaten Betriebe werden zusätzliche administrative Anforderungen wie die Erfassung des Energieverbrauchs oder die Beschaffung energiesparender Geräte zugunsten eingespielter Abläufe und Prozesse neben dem Kerngeschäft häufig vernachlässigt. Hier spielt bei vielen Betrieben der relativ geringe Anteil der Energiekosten an den Gesamtkosten eine Rolle.

Produzierendes Gewerbe (IND)

Der Endenergieverbrauch des produzierendes Gewerbe (inkl. Baugewerbe und industriellem Gewerbe) betrug im Bezugsjahr [2002] rund 2530 PJ.

Im Sinne einer konservativen Einschätzung beträgt das technische Einsparpotenzial für die Industrie rund 25 %. Dabei unterstellt unser Potenzialbegriff lediglich die Einführung bereits jetzt am Markt verfügbarer Techniken. Einsparpotenziale ergeben sich nicht nur durch den Einbau neuer Anlagen oder die energetische Ertüchtigung bestehender Anlagen, sondern auch aus der betrieblichen Optimierung. Die Potenziale verstehen sich ohne Ausgrenzung jener Anlagen, die dem EU-Emissionshandel unterworfen sind.

Mit Amortisationszeiten von maximal acht Jahren und Anlagennutzungsdauern, die mindestens um 50 % größer sind, ergibt sich in der Summe ein wirtschaftliches Einsparpotenzial von mindestens 14 %. Dabei werden weder Prozess- noch Produktsubstitutionen unterstellt. Mit steigenden Energiepreisen nehmen die wirtschaftlichen Potenziale tendenziell zu. Allerdings machen die Energiekosten 2004 im Durchschnitt nur rund 2 % des Bruttoproduktionswertes aus, sind für sich allein genommen, von den energieintensiven Branchen abgesehen, also kein starker "Treiber".

Gerade in der Industrie sind die Hemmnisse zur Realisierung von an sich wirtschaftlichen Einsparpotenzialen besonders vielfältig und verlangen nach einer passenden Adressierung durch geeignete Instrumente. Allerdings muss dabei beachtet werden, dass (noch) nicht ausgeschöpfte wirtschaftliche Potenziale a priori kein Marktversagen darstellen, sondern im Sinne der ökonomischen Effizienz (Reinvestitionszyklen) lediglich "noch nicht" erschlossen wurden.

Wichtig scheint, dass bei der "Instrumentenfrage" beachtet wird, dass erstens ein Teil dieser Potenziale autonom ausgeschöpft wird und zweitens, dass sehr große Unterschiede von Branche zu Branche, von Unternehmen zu Unternehmen und von Prozess zu Pro-

zess bestehen. Daraus ergibt sich, dass ein instrumenteller "Bottom-up-Ansatz" (sei es über Detail-Vorschriften, sei es über ganz spezifische Kampagnen), von Ausnahmen abgesehen, nicht sehr ziel führend sein dürfte. Vielmehr müsste es im Sinne eines "Top-Down-Ansatzes" darum gehen, die Energie auf der Prioritätenliste der Unternehmen nach oben zu bringen, sodass sich diese aus Eigeninteresse veranlasst sehen, nach Möglichkeiten für einen effiziente(re)n Energieeinsatz zu suchen.

Hierzu könnten beispielsweise obligatorische Audits und/oder auf Branchenebene organisierte Benchmarkgruppen dienen.

Transport & Verkehr (VERK)

Der Endenergieverbrauch im Sektor Transport & Verkehr betrug im Jahre 2002 rund 2621 PJ. Aufgrund seines hohen Anteils am Gesamtverbrauch stellt insbesondere der motorisierte Individualverkehr ein wichtiges Zielsegment für Energiesparmaßnahmen dar.

Ein breiter Maßnahmenkatalog wird zunächst anhand von Schlüsselkriterien bewertet, um somit eine Auswahl von Energiesparmaßnahmen treffen zu können, die im Sinne der „EDL-Richtlinie“ geeignet erscheinen.

Mit der vorgeschlagenen Maßnahmenauswahl, die Verhalten steuernde und technische Maßnahmen enthält, kann es gelingen, beachtliche Energieeinsparpotenziale zu erzielen.

Das Einsparpotenzial insgesamt („*Erwartungswert*“ bei verhaltensbezogenen Maßnahmen sowie „*technisches Potenzial*“ bei technischen Maßnahmen) beträgt für die ausgewählten Maßnahmen im Sektor Transport & Verkehr rund 16 %. Die *wirtschaftlichen* Potenziale liegen mit 14 bzw. 15 % nahezu auf gleicher Höhe.

Die Kraftstoffpreise haben sich seit 1970 bis 2006 etwa vervierfacht (Kraftstoffpreise für Diesel auf deutlich niedrigerem Niveau als Benzin). Die Kraftfahrer haben darauf lange Zeit kaum reagiert. Erst seit 1998 sinken die Pkw-Gesamtfahrleistungen mit Otto-Motor tendenziell, während die Pkw-Gesamtfahrleistungen mit Diesel-Motor seit 2000 steigen.

Akzeptanzprobleme und Informationsdefizite über den Nutzen (Einspareffekte) von Maßnahmen sind eine relativ bedeutsame Hemmniskategorie, da Verhalten steuernde Maßnahmen, häufig subjektiv als Einengung und Beschränkung empfunden werden. Zum Abbau von Informations- und Motivationsdefiziten und zur Erhöhung der Akzeptanz von Maßnahmen sind Kommunikations- und Informationskampagnen als Unterstützungs- und Begleitmaßnahme ein wichtiges Instrument.

Im Hinblick auf die Umsetzung von Maßnahmen ist es wichtig, ein kohärentes Gesamtpaket (Maßnahmenbündel) zu bilden, das die verschiedenen Synergien und Konflikte der einzelnen Maßnahmenbestandteile berücksichtigt.

2. Ausgangslage & Zielsetzung

2.1 Ausgangslage

Im Mai 2006 ist die "Richtlinie zu Endenergieeffizienz und zu Energiedienstleistungen" (kurz: EDR) in Kraft getreten. Diese verpflichtet die Bundesregierung, einen "Energieeffizienz-Aktionsplan" (kurz: EEAP) vorzulegen. Darüber hinaus beabsichtigt die Bundesregierung, zusammen mit der Wirtschaft ein Aktionsprogramm Energieeffizienz zu entwickeln ⁽¹⁾. Für beide politischen Vorhaben werden systematisch identifizierte und bewertete Energieeinspar- und -effizienzpotenziale benötigt, die mit entsprechenden politischen Instrumenten erschlossen werden können.

Energieeffizienz selbst ist als Begriff nur unscharf abgegrenzt und umfasst in der Konkretisierung sehr heterogene Ausprägungen in vielen Sektoren und (technischen) Anwendungsfeldern. Ähnliches gilt für den Potenzialbegriff. So werden inzwischen mit einiger Regelmäßigkeit theoretische, physikalische, technische, wirtschaftliche, politisch und sozial akzeptierte, realisierbare etc. Potenziale definiert. Eine Klärung der Begrifflichkeiten, insbesondere zu „*Energieeffizienz*“ und „*Potenzial*“ sowie eine methodische Konkretisierung zur Ermittlung der Effizienzpotenziale ist daher notwendig.

Eng mit der Frage der Potenziale verknüpft ist die Frage der Hemmnisstrukturen. Da ein großer Anteil von Effizienzpotenzialen „*im Prinzip*“ wirtschaftlich erschließbar wäre, dies sich aus den verschiedensten Gründen jedoch nicht ereignet, ist eine sorgfältige Analyse der Hemmnisstrukturen notwendig. Diese sind i. a. nach Anwendungsfeldern, Sektoren, organisatorischen Einbindung der entsprechenden Systeme und Akteurskonstellationen ähnlich heterogen wie die einzelnen Effizienzmaßnahmen. Sie umfassen i. a. vor allem nichtmonetäre Bereiche wie informatorische, rechtliche, motivatorische sowie organisatorische Hemmnisse. Erst auf einer Analyse der Hemmnisstrukturen lässt sich eine Instrumentenbeurteilung und ggf. ein Vorschlag für ein angepasstes System von kohärenten und komplementären Instrumenten aufbauen.

1

Beide Vorhaben sollten nicht verwechselt werden mit dem *Aktionsplan Energieeffizienz* (APEE) des Europäischen Rates, ausgearbeitet und vorgelegt durch die Europäische Kommission am 19.10.2006.

2.2 Vorgehensweise

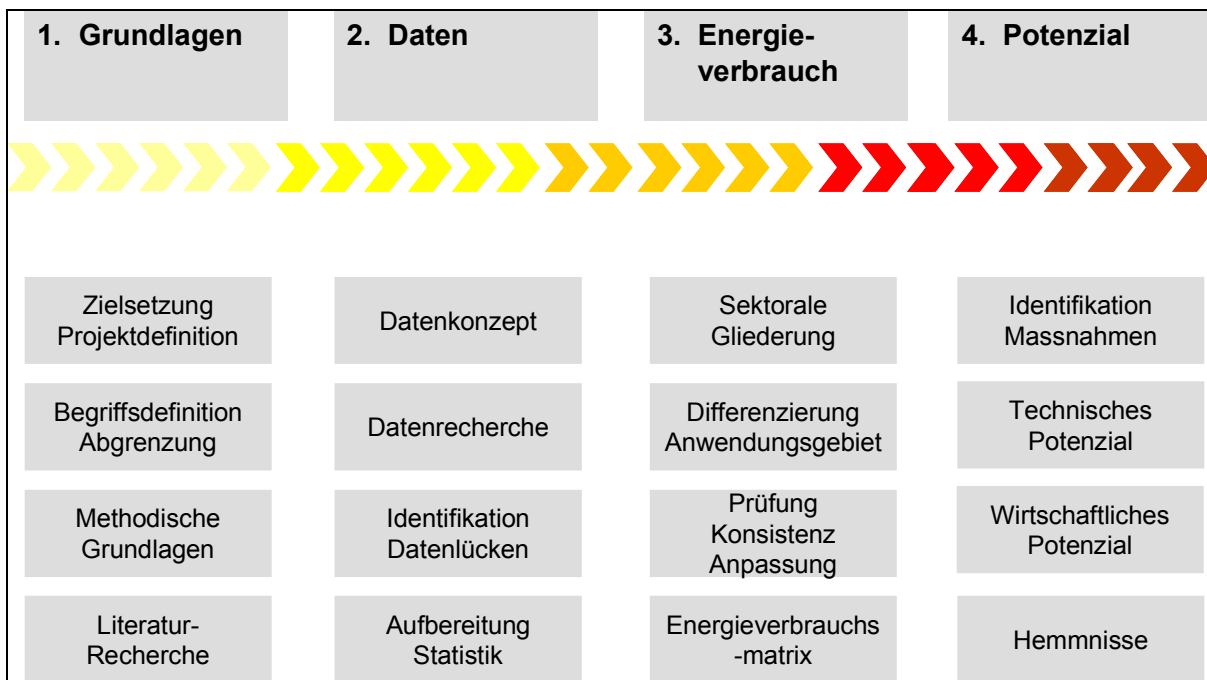


Abbildung 2.1 Vorgehensweise [Prognos 2007]

Energieeinsparung oder *Energieeffizienz* selbst sind als Begriffe unscharf abgegrenzt und umfassen in der Konkretisierung sehr heterogene Ausprägungen in vielen Sektoren und (technischen) Anwendungsfeldern.

Während in der Energiebilanz Endenergien (Heizöl) oder in der Nutzenergiebilanz Verwendungszwecke (Raumwärme, Licht etc.) unterschieden werden, benötigt man für die Identifikation von Energieeinsparpotenzialen weitere Ebenen, wie z. B. relevante Verbrauchergruppen (Haushalte, Wirtschaftszweige, Öffentliche Hand, motorisierter Individualverkehr, etc.) und Anwendungsbereiche (Gebäude, Geräte, Antriebe...). Dies erfordert eine vertiefte Differenzierung sowohl in vertikaler als auch horizontaler Richtung.

Zu diesem Zweck wurde der **Endenergieverbrauch** zunächst einer sektoralen Grobgliederung unterzogen, wobei in den einzelnen Sektoren jeweils eine *Energieverbrauchsmatrix* erstellt wurde, mit je einer Differenzierung nach Verbrauchergruppen sowie relevanten Anwendungsbereichen.

Eine besondere Herausforderung stellt dabei die inhomogene **Datenstruktur** auf Basis öffentlicher Statistiken dar. In der Regel musste bei der Erstellung der Energieverbrauchsmatrizen auf modellgestützte Abschätzungen und Sekundärliteratur zurückgegriffen werden.

Zur systematischen Identifikation von geeigneten Maßnahmen wurden die relevanten Anwendungsbereiche betrachtet und einer ersten

Priorisierung unterzogen. Dabei lag der Schwerpunkt auf den Bereichen mit besonders hohen Anteilen am Endenergieverbrauch bzw. mit (bekannt) hohen **Potenzialen**.

Die vorliegende Studie unterscheidet mehr als 90 Einzelmaßnahmen zur Energieeinsparung. Die identifizierten Einzelmaßnahmen werden (jeweils sektoral) in folgenden Schritten abgearbeitet:

- Beschreibung der Maßnahme,
- Technisches Potenzial,
- Wirtschaftliches Potenzial,

Aufgrund des nahen und konkreten Umsetzungszeitraums der EDR (2008-2016) wurde ein konservativer Potenzialbegriff unterstellt. Dabei identifiziert die Untersuchung jeweils *konkret umsetzbare* und *am Markt verfügbare* Energieeinsparotechniken. Die ermittelten Potenziale sind daher nicht "*abschließend*", sondern stellen vielmehr die Diskussionsgrundlage für ein aktuell zu implementierendes Programm. Es ist davon auszugehen, dass bei einer in wenigen Jahren vorzunehmenden Neubewertung die Potenziale (trotz der unterstellt erfolgreichen Umsetzung der EDR) immer noch *genauso groß* sind.

Ein großer Teil der identifizierten Potenziale sind heute und waren bereits vor 5, 10 oder 15 Jahren wirtschaftlich erschließbar. Im klassischen Sinne handelt es sich dabei um ein Marktversagen, welches in einer in der Regel multiplen **Hemmnisstruktur** begründet ist. Diese Hemmnisse werden für jede Einzelmaßnahme identifiziert und aufgearbeitet. Dabei werden die Hemmnisse in folgende Struktur eingeordnet:

- informatorische & motivatorische Hemmnisse,
- rechtliche Hemmnisse,
- Hemmnisse der Finanzierung,
- organisatorisch-strukturelle, sowie
- organisatorisch-motivatorische Hemmnisse.

Die Hemmnisanalyse ist nicht als "abschließend" zu verstehen. Vielmehr sind die Strukturen und das Umfeld, in dem Energieeinsparung "passiert" (oder "nicht passiert"), ständigen Veränderungen unterworfen. Vielmehr soll die Hemmnisanalyse Hinweise auf die Art und das Design der zu implementierenden Instrumente geben.

3. Methodische Vorüberlegungen

3.1 Differenzierung und Abgrenzung des Bearbeitungsfeldes

Wo tritt Energieeffizienz auf?
 Wo gibt es Potenziale?
 Wie können die Potenziale differenziert werden?

Zur Identifikation der Potenziale gilt es zunächst zu klären, an welcher Stelle der Energiebilanz Energieeffizienz und Energieeinsparung eine relevante Rolle spielen. Hierbei wird das Feld vertikal nach Sektoren und horizontal nach Anwendungsfeldern gegliedert. Bereits in einer ersten Grobrasterung fällt die Heterogenität und Kleinteiligkeit des Untersuchungsgegenstandes auf.

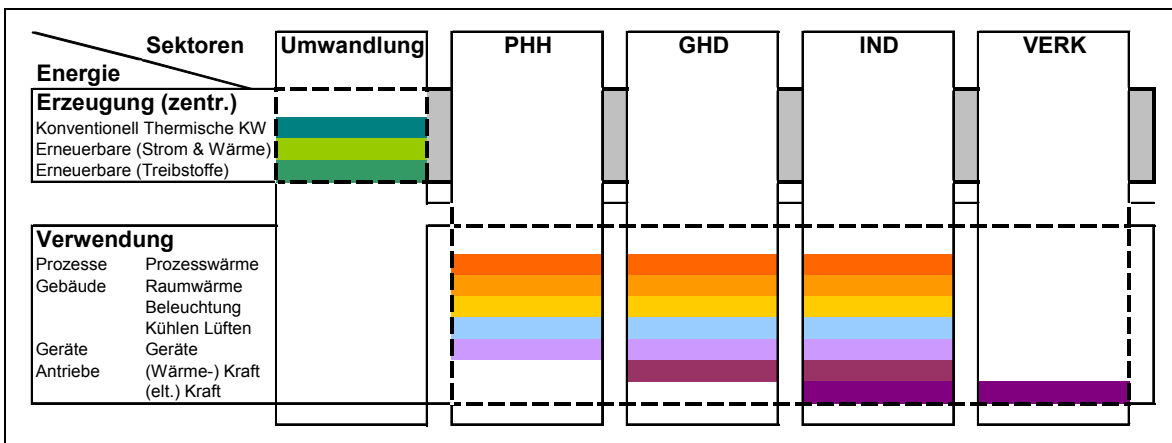


Tabelle 3.1 Heterogenität von „Energieeffizienz“

Während in der Energiebilanz Endenergien (Heizöl) oder in der Nutzeenergiebilanz Verwendungszwecke (Raumwärme, Licht etc.) unterschieden werden, benötigt man für die Identifikation von Energieeinsparpotenzialen noch weitere Ebenen, wie z. B. Verwendungsbereiche (Gebäude, Geräte, Antriebe...) sowie für Querschnittstechnologien die Abgrenzung Technischer Systeme (Heizung-, Lüftung-, Klima-, Druckluftsysteme, etc.). Dies erfordert eine vertiefte Differenzierung in horizontaler Richtung.

Abgrenzung

Da sich das Vorhaben primär auf die Erschließung von Endenergieeffizienz- und –einsparpotenzialen richtet, werden Effizienzpotenziale in der zentralen Erzeugung (i. d. R. Kraftwerkstechnologien) in der Betrachtung ausgeschlossen. Dies betrifft auch die Erzeugung und Verteilung von Fernwärme⁽²⁾.

Gleiches gilt für den Bereich der dezentralen Stromerzeugung mit Erneuerbaren Energien sowie in dezentraler Kraftwärmekopplung. Diese Bereiche werden durch eigene, umfassende Gesetzgebungsbereiche, Instrumente und zugehörige Evaluierungsvorhaben adressiert. Für die Aufnahme in den Energieeffizienz-Aktionsplan sollten Erkenntnisse aus parallel laufenden Projekten übernommen werden (Evaluierung und Monitoring EEG und KWKG).

Explizit einbezogen wird der Bereich der dezentralen regenerativen Wärmeezeugung, da diese nach wie vor über hohe ungenutzte Potenziale verfügt, deren Erschließung eng mit (gebäudeseitigen) Effizienzstrategien gekoppelt ist und bislang nur im geringen Maße über Instrumente adressiert wird.

3.2 Einflussgrößen auf den Endenergieverbrauch

Der Endenergieverbrauch unterliegt einer Reihe von Einflussgrößen, die bei der Betrachtung von Energieeinsparpotenzialen zu berücksichtigen sind. Aus strategischer Sicht interessiert die Frage, welche Effekte man grundsätzlich beeinflussen und daher in die Betrachtung einbeziehen möchte oder welche Faktoren nicht beeinflusst werden können und daher versucht wird, die Betrachtung von diesen zu *bereinigen*.

Vereinfacht sind folgende Einflussgrößen wirksam:

- Mengen,
- Qualitäten,
- Technik und Technologien,
- Preise,
- Sonstige, exogene Effekte.

Mengeneffekte

Der Energieverbrauch ist abhängig von den verwendeten, benutzten oder hergestellten Mengen, dies können z. B. hergestellte Produkte, beheizte Flächen oder transportierte Güter sein. Damit ist der Energieverbrauch direkt abhängig von der Anzahl der Bevölkerung, Erwerbstätigen, Haushalten, Studenten oder Schülern, von

der Produktion, der Bruttowertschöpfung, der Fahr- oder Transportleistung etc..

Qualitätseffekte

Der Energieverbrauch ist abhängig von Qualität und Komfort der hergestellten Produkte, beheizten Flächen, verwendeten Gütern und bezogenen Dienstleistungen. Dies kann neben der produktspezifischen Qualität eines Gutes auch die Qualität des erbrachten Nutzens sein. Zum Beispiel ist bei der Beheizung von Räumen neben dem Temperaturniveau der umgebenden Flächen auch die Reinheit und Feuchtigkeit der Luft ein Qualitätsmerkmal.

Qualitätsmerkmale bei TV-Geräten können zum Beispiel die Größe und Brillanz des Bildes sein⁽³⁾.

Technik & Technologie

Der (End-)Energieverbrauch ist abhängig von der Effizienz der eingesetzten Technologie, in dieser Studie im engeren Sinne verwendet insbesondere als das Verhältnis zwischen energetischem Aufwand und erzieltm *Nutzen*, wie z. B. die energetische Qualität eines Gebäudes oder eines Fahrzeugs. Dabei wäre der Nutzen der beheizte Raum oder die zurückgelegte Wegstrecke. *Technische Qualität im engeren Sinne* kann gemessen werden als spezifischer Heizenergiebedarf [kWh/m²] oder Benzinverbrauch eines Fahrzeugs [l/100 km]. In der technologischen Vorkette wird dieses Verhältnis meist als Wirkungsgrad bezeichnet.

Preiseffekte

Der (End-)Energieverbrauch ist abhängig vom Preis der bereitgestellten Einheit, in der Regel von den Preisen der (End-) Energieträger wie Heizöl, Gas, Kohle, Koks, Fernwärme, Strom, Benzin, Schiffsdiesel o. Flugbenzin etc. Die inkrementelle Reaktion des Endenergieverbrauchs einer bestimmten Verbrauchergruppe auf eine inkrementelle Änderung des Verbraucherpreises wird als Preiselastizität bezeichnet.

Sonstige, exogene Effekte

Der (End-)Energieverbrauch wird beeinflusst von weiteren exogenen, teilweise periodisch, teilweise stochastisch auftretenden (Stör-) Größen. Insbesondere können dies klimatische Einflüsse sein.

Aufgrund der besonderen Aufgabenstellung, die eng mit der Umsetzung der EDR verknüpft ist, betrachtet die vorliegende Studie (sofern im Text nicht anderweitig gekennzeichnet) einen mittelfristigen Zeitraum zwischen 2008 und 2016. Als Referenzzustand dient dabei das Jahr 2002, dies entspricht (annähernd) dem von der EDR adressier-

3

Die Einflussgröße *Qualität* ist natürlich im hohen Maße abhängig von der weiter unten aufgeführten Einflussgröße *Technik*.

ten Fünfjahreszeitraum, welcher als Basis für den Zielwert zugrunde zu legen ist (voraussichtlich 2001-2005).

Wo nicht abweichend darauf hingewiesen wird, erfolgt die Bestimmung einer potenziellen Energieeinsparung *statisch*, also gegenüber einem festen Bezugspunkt (in der Regel das Jahr 2002) mit fest gehaltenem Mengen- und Qualitätsgerüst. An anderen Stellen, insbesondere dort, wo dies eine entscheidende Rolle spielt, wird eine potenzielle Energieeinsparung „*gegenüber dem Trend*“ ermittelt. Der „*Trend*“ ist eine Fortschreibung der bisherigen Entwicklung und enthält damit im Allgemeinen Mengen-, Qualitäts- und Technikeffekte. In der Regel und sofern nicht explizit darauf hingewiesen wird, interessieren im Sinne der vorliegenden Studie die Mengen- und Qualitätsgerüste nur in solchen Fällen, in denen diese für beeinflussbar gehalten werden und bewusst beeinflusst werden sollten. Dort, wo Mengeneffekte eine besondere Dynamik entfalten, wie z. B. bei der Ausstattung der Haushalte mit IuK-Technik, wird gesondert darauf hingewiesen.

Bei der so erhaltenen Betrachtung bei ansonsten gleich bleibenden Gesamtmengen und Qualitäten bleibt als bereinigter Trend eine Entwicklung übrig, welche auch als autonomer technischer Fortschritt bezeichnet wird. Der autonome technische Fortschritt ist das Ergebnis einer Fortschreibung von Kohorten technischer Objekte (wie z. B. Gebäude, Geräte, Anlagen oder Fahrzeuge), welche mit einer bestimmten energetischen Qualität in den Park „eintreten“ (d. h. nach dem zu dem jeweiligen Zeitpunkt geltenden Stand der Technik in Betrieb genommen werden) und nach einer üblichen Lebensdauer aus dem Park austreten (außer Betrieb gesetzt) werden. Diese permanente Diffusion technisch verbesserter Produktklassen verdeutlicht die Abbildung 3.1 anhand einer idealisierten Darstellung des Gebäudeparks.

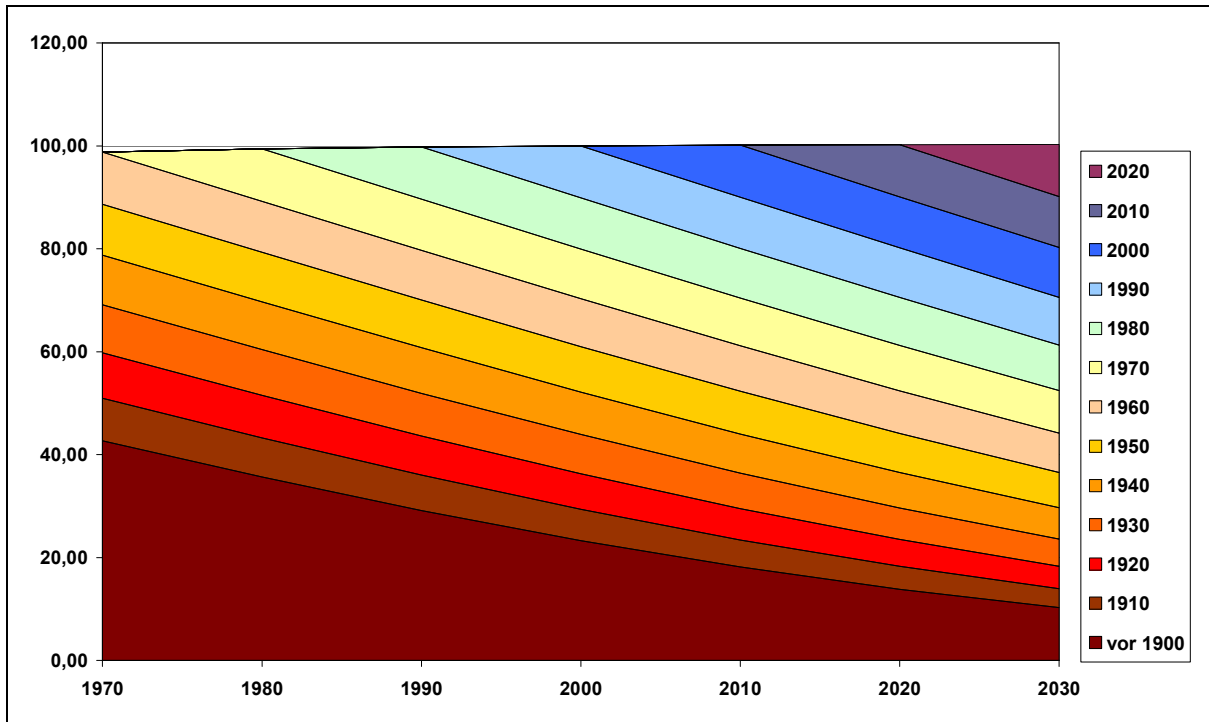


Abbildung 3.1 Modellhafte Darstellung zur Diffusion verbesserter Gebäudestandards; („autonomer technischer Fortschritt, Gesamtmenge 2002=100) [Quelle: Prognos, idealisierte Darstellung]

In der Regel erfolgt eine kontinuierliche Verbesserung des Standes der Technik und es ergibt sich damit ein kontinuierlich verbesserter Durchschnittswert über alle Objekte („Parkeffizienz“). Dabei ist systematisch nicht unterscheidbar, ob dies technologisch oder politisch induziert ist, da beide treibenden Kräfte voneinander abhängig sind: ordnungspolitische Vorgaben und staatliche Förderung sind wichtige Treiber der technologischen Entwicklung, können aber auch immer nur einigermaßen realistische, d. h. am technologischen Horizont sichtbare Technologien fördern oder zum Gegenstand politischer Vorgaben machen.

Zu einem bestimmten Zeitpunkt $t_0 + \Delta t$ ergibt sich ein gegenüber einem vorhergehenden Zeitpunkt t_0 verringerter spezifischer Durchschnittsverbrauchswert aller im Park befindlichen Objekte \bar{E} . Der autonome technische Fortschritt ergibt sich durch den Unterschied zwischen beiden Werten mit:

$$\Delta \bar{E} = \bar{E}(t_0 + \Delta t) - \bar{E}(t_0).$$

Wird zum Zeitpunkt t_0 eine Maßnahme ergriffen, welche z. B. die vermehrte Einführung von Produkten einer verbesserten Effizienzklasse vorschreibt bzw. fördert, ergibt sich ein *Effekt* ΔE_M :

$$\Delta E_M = E(t_0 + \Delta t) - E(t_0)$$

Der gesamte Effekt einer Maßnahme, der zu einem Zeitpunkt $t_0 + \Delta t$ gemessen wird, setzt sich somit aus zwei Anteilen zusammen:

$$\Delta E'_M = \Delta E_M + \Delta \bar{E}$$

Dabei wird in der vorliegenden Studie der Gesamteffekt $\Delta E'_M$ auch als *statische* Einsparung bezeichnet, dies ist die Energieeinsparung bei konstanter Gesamtmenge. ΔE_M wird in der vorliegenden Studie als *Einsparung gegenüber dem Trend* bezeichnet. Dabei wird – wenn nicht explizit anders ausgewiesen – die Gesamtmenge konstant gehalten, allerdings die Diffusion verbesserter Standards im Rahmen üblicher Produktzyklen unterstellt.

Damit ist der *statische* Effekt einer Energieeinsparmaßnahme in der Regel höher als der Effekt *gegenüber dem Trend*. Im Einzelfall bestimmt sich der Unterschied zwischen beiden Effekten aus der Umschlagsgeschwindigkeit, also der Lebensdauer der betrachteten Produkte, sowie aus dem *unterstellten, (in der Regel) fortschreitenden Stand der Technik*.

3.3 Technisches Potenzial

Der Potenzialbegriff wird in verschiedenen Begriffskombinationen (*theoretisch, physikalisch, technisch, wirtschaftlich, sozial akzeptiert, realisierbar*) verwendet. Dabei spielen Faktoren wie der betrachtete Zeithorizont, zugrunde liegende Mengen und Nutzungsgerüste eine entscheidende Rolle bei der Potenzialermittlung. *Theoretisch-idealtypisch* existieren Anwendungsbereiche, bei denen der Energieverbrauch langfristig komplett bzw. *physikalisch* annähernd komplett eingespart werden kann (z. B. "Nullenergiehaus").

Der hier verwendete *technische Potenzialbegriff* orientiert sich an dem am Markt verfügbaren Stand der Technik und richtet sich nach marktüblichen Instandsetzungszyklen. Dabei werden Instandsetzungs- und Sanierungszyklen beibehalten und unterstellt, dass eine verbesserter Zustand gegenüber dem Referenzzustand jeweils mit der *ohnehin anstehenden* Sanierung eingeführt wird. Dies folgt der vorherrschenden Modernisierungspraxis und berücksichtigt, dass außerhalb des Instandsetzungszyklus selten wirtschaftlich durchführbar ist.

Bei der Identifikation von Energieeinsparpotenzialen werden folgende Begriffsdefinitionen verwendet:

Technisches Potenzial
(im Sinne der Studie)

Als statisches, *technisches Potenzial* im Sinne der vorliegenden Studie wird diejenige Energieeinsparung (absolut in Verbrauchseinheiten, relativ in Prozentangaben) bezeichnet, welche gegenüber einem Bezugszustand (Verbrauch und Mengen, in der Regel das Jahr 2002) statisch, also bei konstanter Gesamtmenge und ohne gesonderte Berücksichtigung des technologischen Fort-

schritts aufgrund einer definierten Maßnahme zu erzielen ist.

Als *technisches Potenzial gegenüber dem Trend* im Sinne der vorliegenden Studie wird diejenige Energieeinsparung (absolut in Verbrauchseinheiten, relativ in Prozentangaben) bezeichnet, welche gegenüber einem Bezugszustand (Verbrauch und Mengen, in der Regel das Jahr 2002) *gegenüber dem Trend*, also gegenüber dem autonomen, technischen Fortschritt bei ansonsten konstanter Gesamtmenge, aufgrund einer definierten Maßnahme zu erzielen ist.

Sollte die Entwicklung von Gesamtmengen, wie z. B. bei der Ausstattung der Haushalte mit IuK-Technik, dann wird explizit darauf hingewiesen.

Zeithorizont: bis zum Jahr 2016 (10 Jahre), dabei sind *technische* Restriktionen, wie z. B. die verlangsamte Umsetzung aufgrund der üblichen Produkt-, Sanierungs- und Reinvestitionszyklen zu berücksichtigen.

Vor dem Hintergrund des absehbaren Zeitrahmens und der konkreten und unmittelbar umzusetzenden Anforderungen der EDR wird bei der Definition der technischen Potenzial nur der bereits heute am Markt verfügbare *Stand der Technik* betrachtet, wie z. B. die bereits heute verfügbaren effizientesten Geräte einer Geräteklasse (A+ oder A++). Dabei wird auf einen Begriff des *Standes der Technik* abgestellt, wie er in gängigen Gesetzen in der Umweltgesetzgebung üblich ist [vgl. hierzu auch §3 BImSchG].

In Hinblick auf die im nachfolgenden Untersuchungsschritt durchgeführte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden nur diejenigen Produkte, Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen betrachtet, welche bereits heute wirtschaftlich sind, bzw. in der *Nähe der Wirtschaftlichkeit* liegen. Dabei wird das Kriterium "*Nähe der Wirtschaftlichkeit*" definiert als wirtschaftlich darstellbar im Rahmen der ein bis maximal zweifachen Lebensdauer der Maßnahme. Bereits heute verfügbare Produkte, Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, die in absehbarer Zeit keine wirtschaftliche Anwendung oder keine Nähe zur Wirtschaftlichkeit erwarten lassen, werden daher in der Betrachtung ausgeschlossen, erscheinen also auch nicht als technisches Potenzial.

Stand der Technik
(im Sinne der Studie)

Stand der Technik im Sinne dieser Studie ist der Entwicklungsstand fortschrittlicher Produkte, Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Begrenzung des Endenergieeinsatzes insgesamt als gesichert und wirtschaftlich bzw. in der Nähe der Wirtschaftlichkeit erscheinen lässt.

Kritische Einordnung

Mit den beschriebenen Vorgaben:

- Einführung eines verbesserten Zustands nur im Rahmen von üblichen Instandsetzungs- und Sanierungszyklen
- Orientierung am Stand der Technik
- Orientierung an der Wirtschaftlichkeit bzw. Nähe zur Wirtschaftlichkeit

wird für das technische Potenzial eine eher konservative Abschätzung getroffen. Angesichts der konkreten und zeitlichen Umsetzungsnähe der EDR sowie angesichts des nachfolgenden Untersuchungsschritts der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erscheint dies angemessen.

3.4 Wirtschaftlichkeit

Wirtschaftliches Potenzial

(im Sinne der Studie)

Als *wirtschaftliches Potenzial* im Sinne der vorliegenden Studie wird diejenige einzusparende Energiemenge (absolut in Verbrauchseinheiten, relativ in Prozentangaben) bezeichnet, welche gegenüber dem *Technischen Potenzial (statisch oder gegenüber dem Trend)*, *wirtschaftlich* darstellbar ist, d.h. zu einer definierten Lebensdauer der Maßnahme und einem definierten Zinssatz, spezifisch geringere Kosten pro eingesparte Verbrauchseinheit hat als der vom jeweiligen Verbraucher zu entrichtende, marktübliche Preis pro Verbrauchseinheit.

Dabei ist es zunächst unerheblich, ob der zu tragende Aufwand (Transaktion, Investition, Betrieb) beim selben Akteur alloziiert ist wie der Erlös aus der Energieeinsparung.

Der Wirtschaftlichkeitsbegriff variiert abhängig von den zu betrachtenden Akteuren. Häufig sind Wirtschaftlichkeitsanforderungen der Unternehmen höher als die privater Investoren und Konsumenten. Ferner treten neben das oben definierte Wirtschaftlichkeitskriterium noch zusätzliche, tlw. verschärfte Anforderungen z. B. an die Eigenkapitalverzinsung (gegenüber den Kosten für Fremdkapital) oder kürzere Rückflusszeiten (gegenüber der oben definierten Lebensdauer). Darauf wird an geeigneter Stelle hingewiesen.

Es ist zu berücksichtigen, dass im Rahmen der Studie eine Reihe von Potenzialen identifiziert wird, die nach dem oben definierten Wirtschaftlichkeitskriterium wirtschaftlich sind (in diesem Fall entstehen negative Kosten pro Verbrauchseinheit, also Erlöse), allerdings dennoch nicht realisiert werden. Im klassischen Sinne handelt es sich dabei um ein *Marktversagen*. Im praktischen Sinne handelt es sich um Hemmnisse, die sich unterschiedlich auswirken können, häufig zu einer Erhöhung der Transaktionskosten führen. Die Erhöhung der Transaktionskosten über das *übliche Maß* hinaus wird im Rahmen

der vorliegenden Studie daher als Hemmnis bezeichnet und auch als solches abgehandelt.

3.5 Erwartungswert

Insbesondere im Verkehrssektor handelt es sich um Maßnahmen mit sehr unterschiedlicher Wirkungsrichtung. Einerseits gibt es technische Maßnahmen, d.h. Maßnahmen, die die Antriebstechnik, die Fahrzeugkonstruktion oder den Einsatz elektronischer Geräte im Fahrzeug zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs betreffen. Bei diesen mit technischen Maßnahmen erzielbaren Energieeinsparpotenzialen wird von *technischen* Potenzialen gesprochen.

Den größeren Anteil im Maßnahmenspektrum zur Reduzierung des Energieverbrauchs bilden allerdings *Nachfrage steuernde* Maßnahmen, d.h. Maßnahmen, die sich direkt oder indirekt auf das Verkehrsverhalten auswirken. Die durch diese Maßnahmen erzielbaren Energieeinsparpotenziale können nicht als technische Potenziale bezeichnet werden. Für diese Potenziale wird hier der Begriff „*Erwartungswert*“ gewählt. In dem Begriff „*Erwartungswert*“ spiegelt sich u. E. recht gut wider, dass der Bewertungsspielraum hinsichtlich erzielbarer Potenziale bedeutend größer ist als bei technisch orientierten Maßnahmen. Verhaltensänderungen im Verkehr werden immer von einem sehr komplexen Bündel verschiedener Faktoren bestimmt, und es sind vermehrt Annahmen nötig, um Abschätzungen treffen zu können.

Wie in den anderen Verbrauchssektoren auch beziehen sich sowohl die technischen Potenziale als auch die Erwartungswerte auf das Jahr 2002. Die Potenziale sind statisch, d.h. sie beziehen sich auf ein Jahr und berücksichtigen nicht die Verkehrsentwicklung.

3.6 Hemmnisse

<p>Hemmnisse (im Sinne der Studie)</p>	<p>Als Hemmnisse im Sinne der vorliegenden Studie werden alle Tatbestände bezeichnet, welche die Realisierung wirtschaftlicher Energieeinsparpotenziale verhindern oder erschweren. Diese Hemmnisse können informatorischer, rechtlicher, finanztechnischer, organisatorischer, motivatorischer und/oder sonstiger Natur sein.</p>
---	--

Informatorische Hemmnisse: Rahmenbedingungen, bei denen den relevanten Akteuren die Möglichkeiten ihres Handelns nicht bekannt sind und/oder bei denen die Möglichkeiten ihres Handelns eingengt sind aufgrund mangelnder Schulung oder fehlender Übung. Ein Heizungsinstallateur sollte nicht nur über die Kenntnis verfügen, dass es einen hydraulischen Abgleich gibt, sondern er sollte auch dessen Notwendigkeit erkennen können und über die Fähigkeit verfügen, diesen auch erfolgreich durchzuführen.

Rechtliche Hemmnisse: rechtliche Rahmenbedingungen, welche die Erschließung von Potenzialen verhindern, den Raum der Handlungsmöglichkeiten einengen bzw. die Komplexität aus Sicht der Akteure erhöhen.

Finanztechnische Hemmnisse: *zusätzliche* wirtschaftliche Rahmenbedingungen, die die Umsetzung ansonsten wirtschaftlicher Potenziale erschweren, neben den oben definierten Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit können dies Liquiditätsaspekte sein, Budgetrestriktionen, Haushaltsauflagen oder besondere Finanzierungsaspekte sein, wie z. B. ein begrenzter Kreditrahmen oder ein erschwerter Zugang zu günstigen Krediten (Bonität).

Organisatorisch-formale Hemmnisse: organisatorische Rahmenbedingungen, welche die Erschließung von Potenzialen verhindern bzw. die Komplexität aus Sicht der Akteure erhöhen. Neben der Zahl der beteiligten Akteure ist hier insbesondere das (formale) Verhältnis zueinander bestimmend. Dieses formale Verhältnis kann in Hierarchien bestehen (Vorgesetzte- Mitarbeiter) als auch funktionaler Natur sein, z. B. unterschiedliche Interessenlagen zwischen unterschiedlichen funktionellen Einheiten einer Institution, z. B. zwischen technischen und kaufmännischen Bereichen, oder bei unterschiedlichen Produkt- oder Projektphasen wie z. B. *Planung*, *Bau* und/oder *Betrieb*.

Ein organisatorisch-formales Hemmnis ist z. B. auch die zerfallende Allokation von Aufwand (Transaktion, Investition, Betrieb) und Nutzen (Erlös, Qualität & Komfort) bei unterschiedlichen Akteuren. Ein bekanntes Beispiel ist das Vermieter/Mieter- oder auch Nutzer/Investor-Dilemma: Der Vermieter investiert in energie einsparende Gebäudetechnik, der Mieter profitiert von höherem Komfort und niedrigeren Energiekosten.

Organisatorisch-motivatorische Hemmnisse resultieren aus persönlichen Interessenlagen und Wertorientierungen, welche der Erschließung von Energieeinsparpotenzialen entgegen gerichtet sind. Dies muss nicht notwendigerweise negativ sein und kann zunächst werturteilsfrei fest gestellt werden. Neben Akzeptanzfragen werden insbesondere "*organisatorisch-motivatorische*" bzw. "*strukturell-motivatorische*" Hemmnisse behandelt. Diese können sich darin äußern, dass Dinge innerhalb bestimmter *Strukturen* bzw. *Organisationsformen* mehr oder weniger bevorzugt getan oder gelassen werden.

In Abgrenzung zu *strukturell-* oder *organisatorisch-motivatorischen* Hemmnissen prägen sich *individuell-motivatorische Hemmnisse* derart aus, dass Individuen im ansonsten gleichen Entscheidungsumfeld unterschiedliche Präferenzen haben. Mögliche Energiesparpotenziale aufgrund sich grundlegend ändernder Werteorientierungen und An-

spruchshaltungen ("Suffizienz" ⁴) werden in dieser Studie nicht weiter behandelt.

Die **Hemmnisstruktur** jeder einzelnen Maßnahme wurden im Rahmen der vorliegenden Studie erfasst und nach den genannten Typen differenziert. Dabei wurde eine qualitative Einordnung der Hemmnisse auf einer Skala von **0...6** durchgeführt (Schulnotensystem), wobei die Noten 0 und 6 gar nicht vergeben wurden. Dabei erfolgte die qualitative Einordnung nach der Tabelle 3.2.

Es ist zu berücksichtigen, dass das Vorhandensein und die Superposition unterschiedlicher Hemmnisse unterschiedliche Wirkungen haben kann. Dabei verhalten sich Hemmnisse nicht additiv. Fünf geringe Hemmnisse müssen eine funktionierenden Markt nicht unbedingt signifikant beeinträchtigen, umgekehrt kann ein einzelnes Hemmnis der Stufe "5" dazu führen, dass "gar nichts geht".

Hemmnis nicht vorhanden, keine Auswirkung		0
Hemmnis vorhanden, Auswirkung gering	gering	1
Hemmnis vorhanden, Auswirkung spürbar	eher gering	2
Hemmnis vorhanden, deutliche Beeinträchtigung	mittel	3
Hemmnis vorhanden, erhebliche Beeinträchtigung	eher hoch	4
Hemmnis vorhanden, annähernd unlösbar	hoch	5
hartes Hemmnis faktisch: Verbotscharakter		6

Tabelle 3.2 Einordnung der Hemmnisse nach dem Schulnotensystem [Prognos 2007]

In ihrer Auswirkung führen Hemmnisse der unterschiedlichen Stufen von einer leichten Behinderung und damit einer (im besten Falle: leichten) Verlangsamung bis hin zur totalen Verhinderung der Potenzialerschließung. In jedem Fall erhöht sich der notwendige Transaktionsaufwand, also der Aufwand, der für die Aktivierung der Potenziale einmalig geleistet werden muss. Dieser erhöhte Transaktionsaufwand führt häufig zu einer Verschlechterung der Wirtschaftlichkeit, bzw. zu einer Einschränkung der für den Markt "leicht" erschließbaren Potenziale.

4

Suffizienz steht in der Ökologie für ein Bemühen um einen möglichst geringen Material- und Energieverbrauch. Erreicht werden kann das durch eine geringe Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen, insbesondere derer, die einen hohen Ressourcenverbrauch erfordern [vgl. hierzu WI 2004]

3.7 Maßnahmen, Handlungsfelder und Instrumente

POLITIKEBENE	
Instrumente	<p>Ordnungsrecht Energieeinspar-Verordnung ...</p> <p>Förderung & Finanzierung KfW Programm Effizienzfonds</p> <p>Marktinstrument Weisse Zertifikate ...</p> <p>Fiskalische Instrumente Ökosteuer ...</p> <p>Forschung 5. EF Programm ...</p> <p>Information & Bildung Gebäudeausweis Energietabel Freiwillige Vereinbarung</p>
HANDLUNGSFELD	
Handlungsfeld	<p>...</p> <p>Wärmeschutz im Bestand Markteinführung A++ Geräte Austausch alter Heizkessel ...</p> <p>Energieeffiziente Beschaffung Anreizsysteme in Schulen Mieterinformation ...</p> <p>Energieberatung im Gewerbe Austausch Druckluftsysteme ...</p> <p>Begrenzung Flottenverbrauch Einführung Mautsystem Aufbau einer Infrastruktur Park & Ride Systeme Fahrerbildung ...</p>
NUTZER- und BEDIENEbene Konsument/in, Mieter/in, Nutzer/in, Eigentümer/in, Fahrer/in, ...	
Verhaltensänderung	<p>Information Motivation Vorschrift Dienststanweisung</p> <p>Akteur</p> <p>Eigentümer/in Mieter/in ...</p> <p>Konsument/in Unternehmer/in Angestellte/r ...</p> <p>Ingenieur/Planer Bedienpersonal Reisende/r Fahrer/in</p>
TECHNISCHE SYSTEMEBENE Anlagen, Geräte, Antriebe, Beleuchtung, Systeme, ...	
Massnahme	<p>Wärmeschutz Solaranlagen Brennwertkessel Wärmepumpen Heizungs-Pumpen ...</p> <p>Energiesparleuchten Verlustarme Geräte A++ Geräte ...</p> <p>Effiziente Druckluftsysteme Energiespar. Antriebe ...</p> <p>3L-Auto Hybrid-Antrieb</p>

Tabelle 3.3

Maßnahmen auf verschiedenen Ebenen, Akteure, Handlungsfelder, Instrumente

Die Erschließung von Energieeinsparpotenzialen erfordert das Handeln auf verschiedenen Ebenen. Hierzu ist zunächst hilfreich, im Sinne der Tabelle 3.3 die Politische Ebene, Akteurs- (oder Nutzer-) Ebene von der Technischen Systemebene zu unterscheiden.

Dabei sind eine Reihe von Potenzialen rein oder überwiegend technischer Natur. Eine technische Maßnahme beinhaltet typischerweise den Ersatz alter und weniger effizienter technischer Objekte durch neuere, effizientere, wie z. B. beim Kauf eines A++-Kühlschranks. Alternativ kann auf technischer Ebene eine betriebliche Optimierung erfolgen, das bedeutet den Eingriff in *bestehende* technischer Systeme, sodass diese mit geringerem Energieaufwand gleichen Nutzen bereitstellen (z. B. durch einen hydraulischen Abgleich oder die regelungstechnische Optimierung).

Auf einer zweiten Ebene können Potenziale erschlossen werden, durch das (bessere) Zusammenspiel zwischen Nutzer oder Bediener und dem technischen System (Mensch-Maschine-System). Dabei reicht in einfachen Fällen häufig ein *Ausschalten*, in komplexeren Fällen sind jedoch umfangreiche Schulungen notwendig (wie beim o. g. hydraulischen Abgleich).

Es ist hilfreich, zwischen diesen beiden operativen Ebene von Menschen und Maschinen und der politischen Ebene noch eine vierte Ebene einzuziehen: das Handlungsfeld. Auf dieser Ebene können Maßnahmen gleicher Natur, welche eine Vielzahl von unterschiedlichen Potenzialen adressieren oder unterschiedliche Maßnahmen, welche jeweils ähnliche Potenziale adressieren gebündelt betrachtet werden. Die Handlungsfelder beantworten damit vielmehr die Frage: was alles muss getan werden, damit die identifizierten Potenziale realisiert werden?

Beispiele für Handlungsfelder sind:

- Markteinführung von A++ Geräten,
- Austausch der vor 1978 in Betrieb gesetzten Heizkessel,
- ...

Damit ist im allgemeinen noch keine Aussage darüber getroffen, welche politischen *Instrumente* in Einsatz gebracht werden. Erst auf dieser vierten Ebene wird entschieden, ob diese Handlungsfelder über Ordnungsrecht, freiwillige Vereinbarungen oder Marktinstrumente etc. adressiert werden. Möglicherweise erfolgt dies sogar über eine Kombination, idealerweise über ein ineinander greifendes (kohärentes) *Instrumentenpaket*. Der vorliegende Bericht geht dabei „von unten nach oben“ vor. Lediglich im Verkehrsbereich wird aufgrund der besonderen Komplexität der Ansatz gewählt, zunächst geeignete Handlungsfelder und von diesen aus geeignete Maßnahmen und Potenziale abzuleiten.

4. Private Haushalte (PHH)

Zusammenfassung *Der Endenergieverbrauch im Sektor PHH beträgt (klimabereinigt) 2.333 PJ an Brennstoffen und Fernwärme sowie 500 PJ an Strom. Die Raumwärme stellt mit 78 % den Anwendungsbereich mit dem höchsten Energieverbrauch dar.*

Neben der Gebäudehülle (Fenster, Oberste Geschossdecke, Kellerdecke und Außenwände) bietet die technische Gebäudeausrüstung (TGA), insbesondere die Erneuerung und die betriebliche Optimierung der Wärmeerzeugung sowie der -verteilung Energiesparpotenziale.

Ein weiterer relevanter Anwendungsbereich für Endenergie in Haushalten sind Elektrogeräte. Diese werden unterschieden in Haushaltsgeräte ("Weiße Ware"), Geräte der Unterhaltungselektronik ("Braune Ware") sowie Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik (PC, Drucker, Kopierer, Telefon- und Faxgeräte) eingeteilt. Hier bieten energieeffiziente Geräte Energieeinsparpotenziale durch die Minderung von Betriebs- und Leerlaufverlusten.

Insgesamt beträgt das bis 2016 technisch erschließbare Potenzial im Sektor der Privaten Haushalte 466 PJ. Das ist ein Sechstel des gesamten Energieverbrauchs, wobei ca. 15 % (338 PJ) im Wärmebereich und mehr als ein Viertel (128 PJ) im Strombereich einzusparen sind. Die Potenziale ergeben sich nicht nur durch den Ersatz alter Anlagen und durch energieeffiziente Neuinvestitionen. Auch die betriebliche Optimierung bestehender Anlagen kann mit 79 PJ erheblich zur Energieeinsparung beitragen.

Das wirtschaftlich erschließbare Potenzial beträgt 354 PJ. Das ist ein Achtel des gesamten Energieverbrauchs der Privaten Haushalte, wobei ca. 12 % (269 PJ) im Wärmebereich und mehr als ein Sechstel (86 PJ) im Strombereich einzusparen sind. Damit sind mehr als drei Viertel (76 %) des identifizierten Technischen Potenzials bereits heute wirtschaftlich erschließbar. Damit ist ein Marktversagen zu konstatieren, welches auf die bei den einzelnen Maßnahmen existierenden Hemmnisstrukturen zurückzuführen ist.

Die Energiepreise erweisen sich damit zwar als wichtiger, aber nicht allein entscheidender Faktor für die Realisierung von Energiesparpotenzialen. Vielmehr sind im Sektor der Privaten Haushalte Hemmnisse über das gesamte Spektrum der Maßnahmen anzutreffen. Neben Informations- und Motivationsdefiziten spielt das Mieter/Vermieter-Dilemma im vermieteten Bestand eine relevante Rolle.

4.1 Ausgangslage (PHH)

Der Sektor PHH ist ein vergleichsweise homogenes Feld und bietet gute statistische Grundlagen. Datengrundlage für die Darstellung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte (PHH) ist der Prognos Energiereport IV [EWI/prognos 2005]. Basierend auf dem bottom-up Modell der Prognos AG zur Bestimmung der Endenergienachfrage der privaten Haushalte wurden der Energieverbrauch – aufgeteilt auf die Energieträger Brennstoffe und Strom - der einzelnen Anwendungsbereiche hergeleitet.

Die Bereitstellung von Raumwärme bedarf mit 78 % des ganz überwiegenden Teils der im Sektor PHH benötigten Endenergie. Dabei müssen die Segmente Neubau und Bestand, sowie die Segmente Ein- (EFH), Zwei- (ZFH) und Mehrfamilienhäuser (MFH) unterschieden werden. Während sich EFH und ZFH überwiegend im selbst bewohnten Eigentum befinden, liegen kleinere MFH überwiegend im vermieteten Streubesitz, während sich die großen MFH überwiegend im vermieteten Sammelbesitz, also im Besitz großer Wohnungsunternehmen, befinden. Für diese zu unterscheidenden Segmente unterscheiden sich technische Maßnahmen und deren Wirtschaftlichkeit nicht grundsätzlich, viel mehr bestehen sehr unterschiedliche Hemmnisstrukturen, insbesondere wenn energetische Modernisierungsmaßnahmen im vermieteten Bestand erfolgen.

4.2 Energieverbrauch im Sektor PHH

Zusammenfassung *Der Endenergieverbrauch im Sektor PHH beträgt (klimabereinigt) 2.333 PJ an Brennstoffen und Fernwärme sowie 500 PJ an Strom. Die Raumwärme stellt mit 78 % den Anwendungsbereich mit dem höchsten Energieverbrauch dar. Warmwasser mit 9 % sowie Elektro- und IuK-Geräte mit zusammen knapp 7,5 % weisen einen weiteren Verbrauchsschwerpunkt auf.*

4.2.1. Datenlage & Abgrenzung

Für den Brennstoff- und Fernwärmeverbrauch relevante Anwendungsbereiche sind:

- Raumwärme,
- Warmwasser und
- Kochen.

Für den Stromverbrauch relevante Anwendungsbereiche sind

- Raumwärme,
- Warmwasser,
- Kochen,

- Kraft,
- Beleuchtung,
- IuK-Geräte,
- Elektrogeräte sowie
- Sonstige (Kühlung, Lüftung, etc.) ausgewiesen.

Der dargestellte Energieverbrauch der Anwendungsbereiche Raumwärme und Warmwasser werden klimabereinigt dargestellt.

Die Mikrozensus-Zusatzerhebung aus dem Jahr 2002 für den Bereich „*Bewohnte Wohneinheiten nach Art der Nutzung, Größe des Wohngebäudes, Fläche und Belegung*“ dient als Grundlage, um den Energieverbrauch der privaten Haushalte auf sieben verschiedene Typen von Wohngebäuden mit unterschiedlicher Anzahl von Wohneinheiten aufzuteilen. Der Energieverbrauch für Raumwärme wird anhand der Verteilung der Wohnfläche auf die einzelnen Typen von Wohneinheiten aufgeteilt. Mit Hilfe der Verteilung der Personen auf die einzelnen Typen von Wohneinheiten wird der Energieverbrauch der restlichen Anwendungsbereiche nach Wohneinheitstyp aufgeschlüsselt.

4.2.2. Energieverbrauch PHH

Tabelle 4.1, Tabelle 4.2, Tabelle 4.3 sowie Tabelle 4.4 stellen den Energieverbrauch der privaten Haushalte nach den Energieträgern Brennstoffe und Fernwärme sowie Strom und ihre unterschiedlichen Anwendungsbereiche für verschiedene Typen von Wohneinheiten dar.

Im Jahr 2002 verteilte sich der Energieverbrauch der privaten Haushalte zu 82 % auf Brennstoffe und Fernwärme während 18 % auf Strom entfielen. Brennstoffe und Fernwärme wurden ausschließlich zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser sowie zum Kochen verwendet. Den höchsten Anteil am gesamten Energieverbrauch wiesen Einfamilienhäuser – gefolgt von Zweifamilien- und kleinen Mehrfamilienhäusern – auf.

Die Raumwärme stellte mit 78 % den Anwendungsbereich mit dem höchsten Energieverbrauch dar. Warmwasser mit 9 % sowie Elektro- und IuK-Geräte mit zusammen knapp 7,5 % wiesen einen weiteren Verbrauchsschwerpunkt auf. Abbildung 4.1 stellt die Verteilung des gesamten Energieverbrauchs auf die einzelnen Anwendungsbereiche dar ⁽⁵⁾.

Gebäudeklasse	Gesamt	Brennstoffe ⁽⁶⁾	Strom
PHH gesamt	2.833,7	2.333,8	500,0
Einfamilienhäuser (1 WE)	1.077,2	913,2	164,0
2 Familienhäuser (2 WE)	534,0	446,8	87,2
Kleine Mehrfamilienhäuser (3-6 WE)	537,2	442,7	94,5
Mittlere Mehrfamilienhäuser (7-12 WE)	440,5	359,8	80,8
Große Mehrfamilienhäuser (13-20 WE)	92,9	76,6	16,3
Wohnblöcke (>20 WE)	115,8	94,8	21,1

Tabelle 4.1 *Energieverbrauch des Sektors PHH im Jahr 2002 [EWI/prognos 2005]*

Gebäudeklasse	Raumwärme	Warmwasser	Kraft	Beleuchtung	Elektrogeräte	IuK-Geräte	Kochen	Sonstige
PHH gesamt	2.202,0	260,0	21,0	56,5	136,8	64,4	57,0	36,0
Einfamilienhäuser (1 WE)	873,1	89,1	7,2	19,4	46,9	22,1	19,5	12,3
2 Familienhäuser (2 WE)	422,6	48,6	3,9	10,6	25,6	12,0	10,7	6,7
Kleine Mehrfamilienhäuser (3-6 WE)	413,4	54,0	4,4	11,7	28,4	13,4	11,8	7,5
Mittlere Mehrfamilienhäuser (7-12 WE)	333,4	46,7	3,8	10,2	24,6	11,6	10,2	6,5
Große Mehrfamilienhäuser (13-20 WE)	71,5	9,3	0,8	2,0	4,9	2,3	2,0	1,3
Wohnblöcke (>20 WE)	88,0	12,2	1,0	2,6	6,4	3,0	2,7	1,7

Tabelle 4.2 *Gesamter Energieverbrauch der PHH im Jahr 2002 nach Anwendungsbereichen, PJ [EWI/prognos 2005]*

6

Der Begriff Brennstoffe wird in den Tabellen verkürzend für die Brennstoffen und Fernwärme verwendet

Gebäudeklasse	Raumwärme	Warmwasser	Kochen
	PHH gesamt	2.109,0	207,5
Einfamilienhäuser (1 WE)	836,2	71,1	5,9
2 Familienhäuser (2 WE)	404,8	38,8	3,2
Kleine Mehrfamilienhäuser (3-6 WE)	396,0	43,1	3,6
Mittlere Mehrfamilienhäuser (7-12 WE)	319,4	37,3	3,1
Große Mehrfamilienhäuser (13-20 WE)	68,5	7,5	0,6
Wohnblöcke (>20 WE)	84,2	9,7	0,8

Tabelle 4.3

Brennstoffverbrauch der PHH im Jahr 2002 nach Anwendungsbereichen, PJ
[EWI/prognos 2005]

Gebäudeklasse	Raumwärme	Warmwasser	Kraft	Beleuchtung	Elektrogeräte	IuK-Geräte	Kochen	Sonstige
	PHH gesamt	93,0	52,5	21,0	56,5	64,4	136,8	39,7
Einfamilienhäuser (1 WE)	36,9	18,0	7,2	19,4	22,1	46,9	13,6	12,3
2 Familienhäuser (2 WE)	17,8	9,8	3,9	10,6	12,0	25,6	7,4	6,7
Kleine Mehrfamilienhäuser (3-6 WE)	17,5	10,9	4,4	11,7	13,4	28,4	8,3	7,5
Mittlere Mehrfamilienhäuser (7-12 WE)	14,1	9,4	3,8	10,2	11,6	24,6	7,1	6,5
Große Mehrfamilienhäuser (13-20 WE)	3,0	1,9	0,8	2,0	2,3	4,9	1,4	1,3
Wohnblöcke (>20 WE)	3,7	2,5	1,0	2,6	3,0	6,4	1,9	1,7

Tabelle 4.4

Stromverbrauch der PHH im Jahr 2002 nach Anwendungsbereichen, PJ
[EWI/prognos 2005]

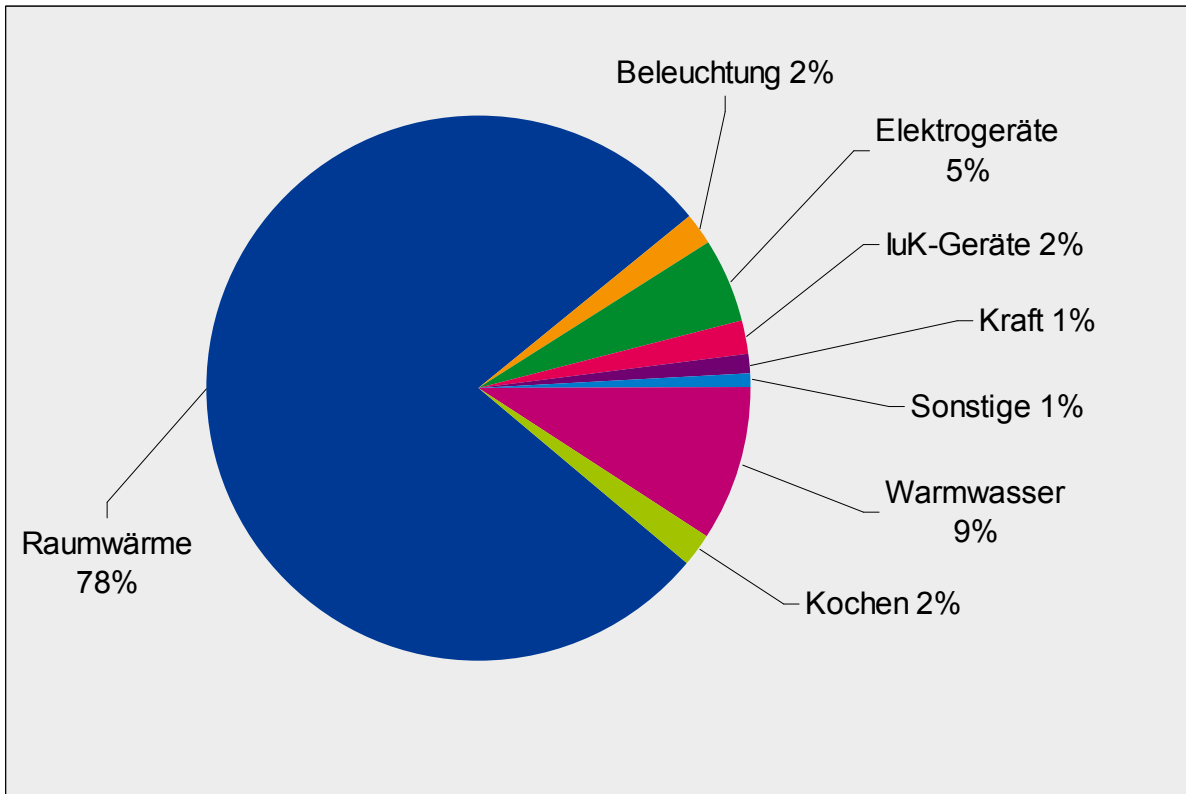


Abbildung 4.1 Gesamter Energieverbrauch der PHH in 2002, PJ [EWI/prognos 2005]

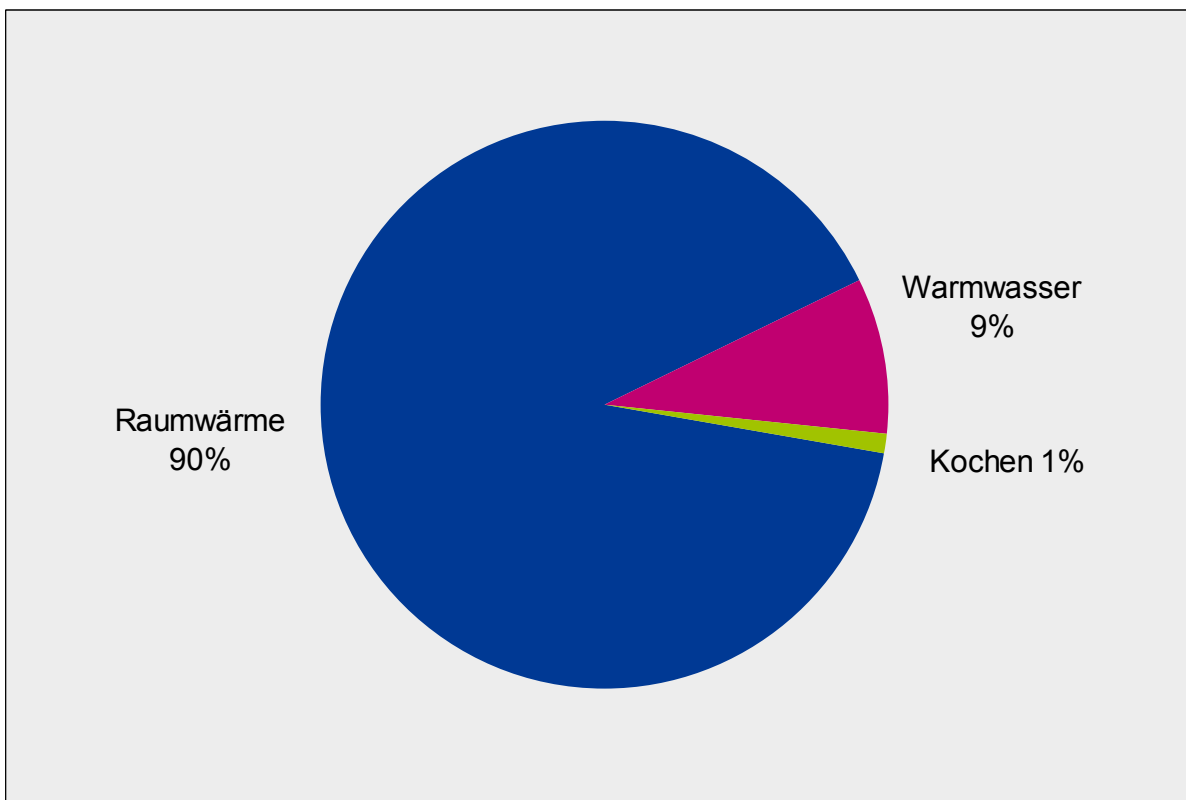


Abbildung 4.2 Brennstoffverbrauch der PHH in 2002, PJ [EWI/prognos 2005]

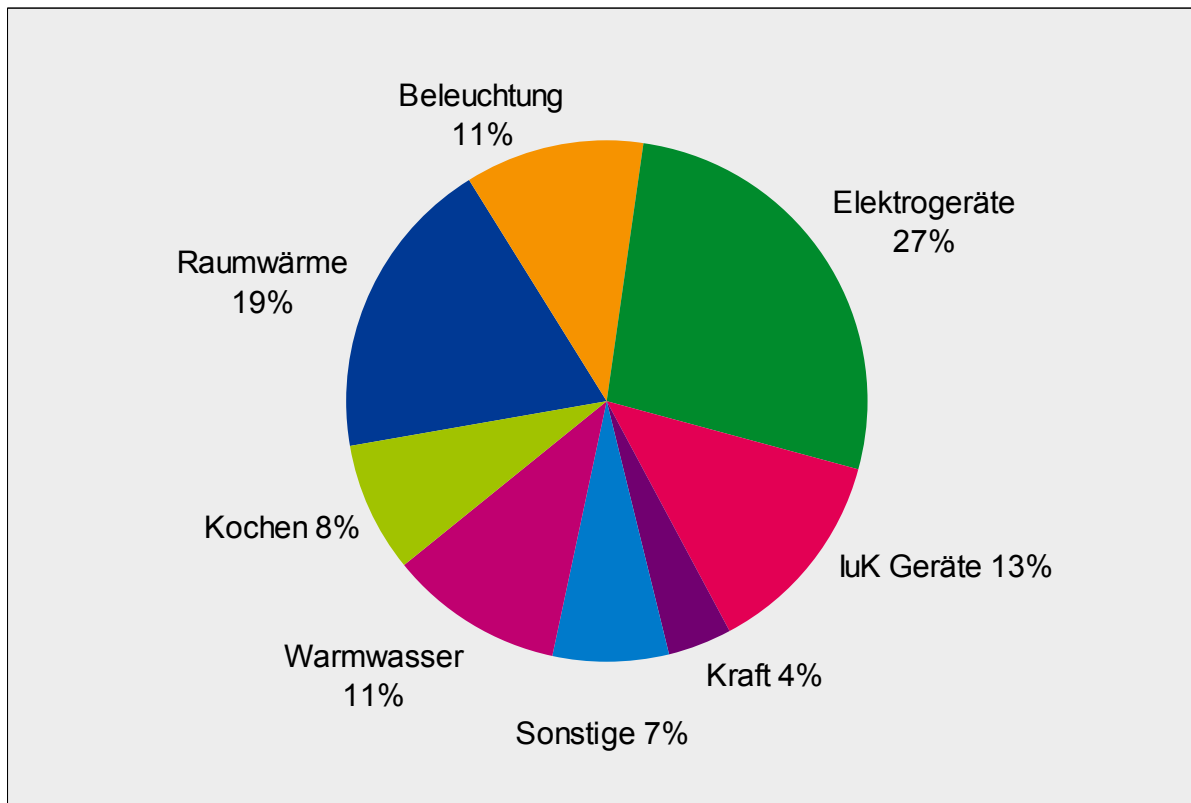


Abbildung 4.3

Stromverbrauch der PHH in 2002, PJ [EWI/prognos 2005]

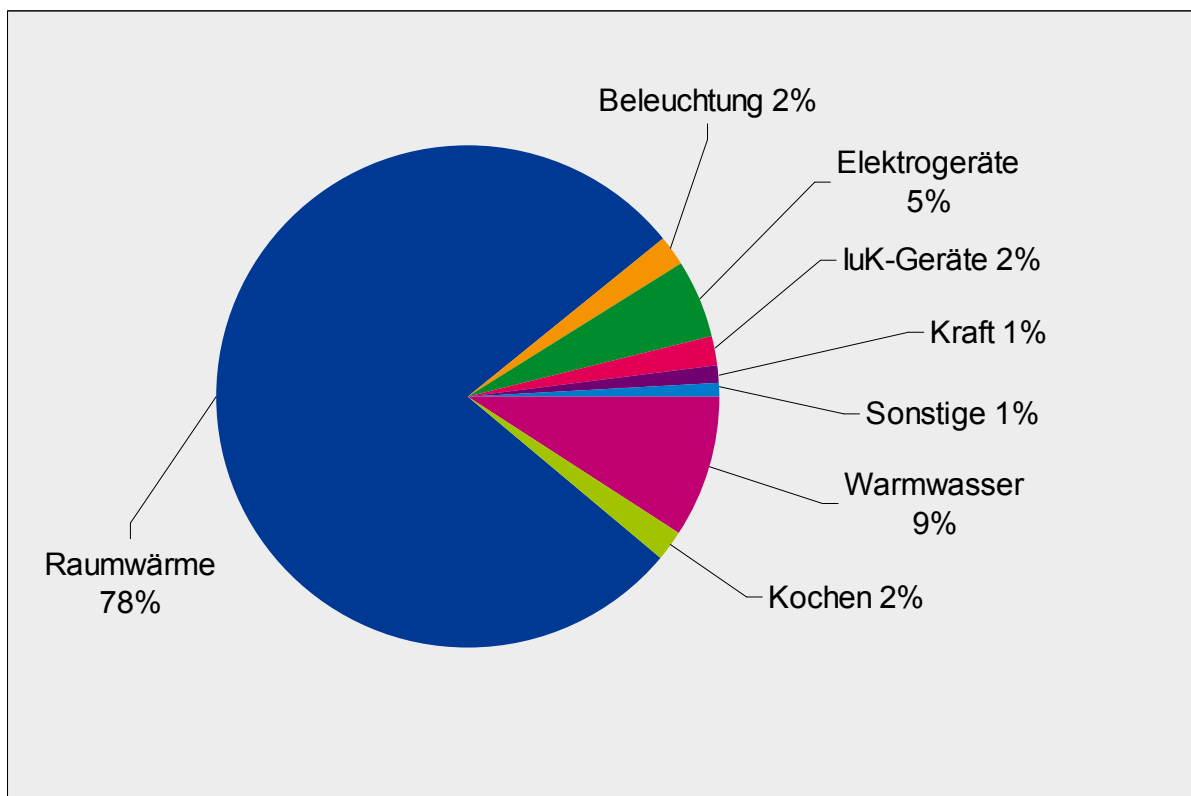


Abbildung 4.4

Endenergieverbrauch nach Verwendungszweck der PHH in 2002, [EWI/prognos 2005]

Elektro- und IuK-Geräte stellten mit insgesamt rund 40 % die größten Stromverbraucher dar. Weitere Verbrauchsschwerpunkte waren Raumwärme, Warmwasser und Beleuchtung. Rund 90 % des Brennstoffverbrauchs konnten im Jahr 2002 der Raumwärme zugerechnet werden während 9 % auf Warmwasser und 1 % aufs Kochen entfielen.

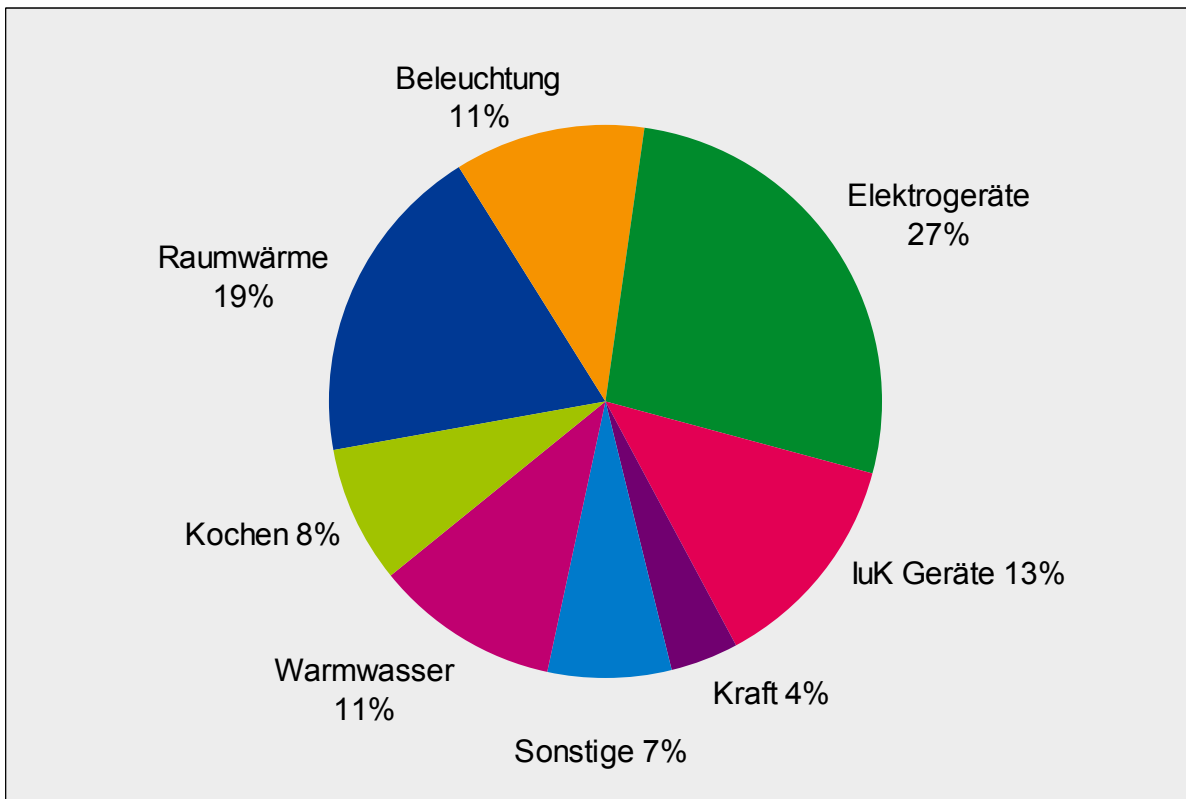


Abbildung 4.5

Stromverbrauch nach Verwendungszweck der PHH in 2002
[EWI/prognos 2005]

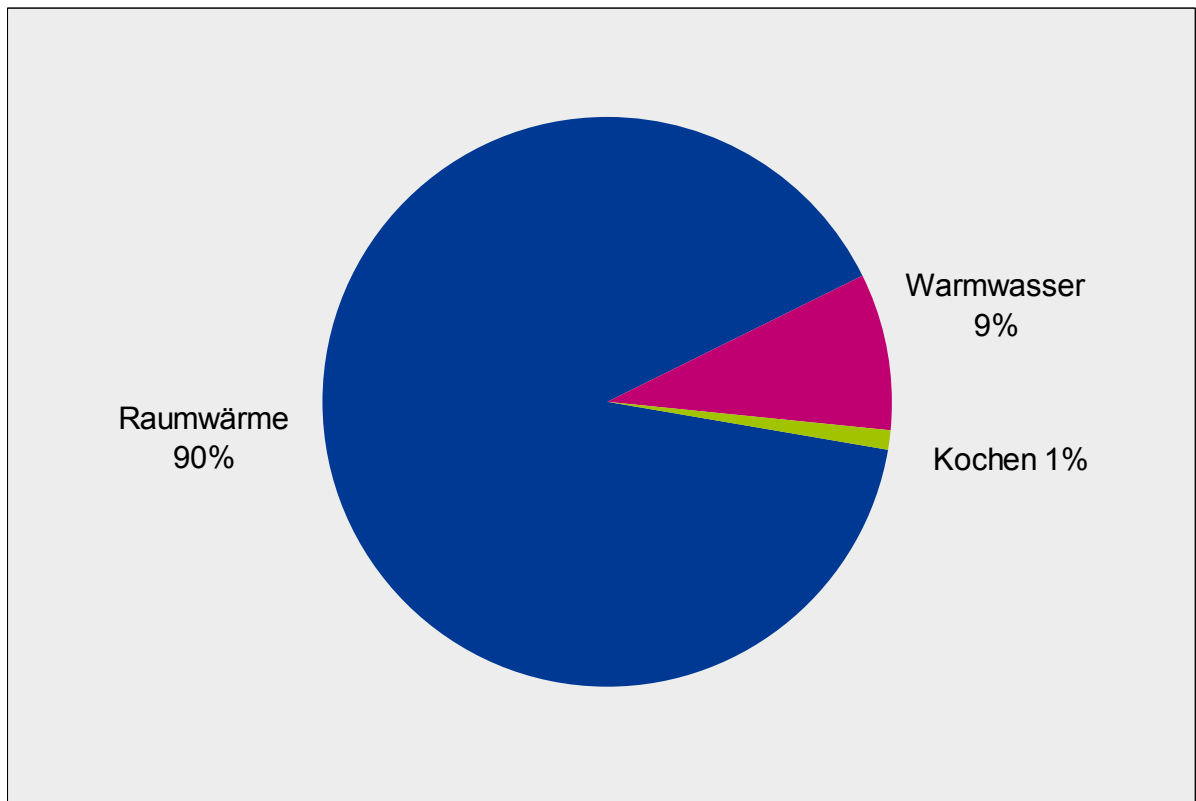


Abbildung 4.6

Brennstoffverbrauch nach Verwendungszweck der PHH in 2002,
[EWI/prognos 2005]

4.3 Maßnahmen im Überblick (PHH)

Inhalt	<p>Die Bereitstellung von Raumwärme bedarf mit 78 % des ganz überwiegenden Teils der im Sektor PHH benötigten Endenergie. Dieser Bereich ist daher auch mit Abstand der wichtigste Bereich für Energiesparmaßnahmen im Sektor PHH.</p> <p>Neben der Gebäudehülle (Fenster, Oberste Geschossdecke, Kellerdecke und Außenwände) bietet die technische Gebäudeausrüstung (TGA), insbesondere die Erneuerung und die betriebliche Optimierung der Wärmeerzeugung sowie der -verteilung Energiesparpotenziale.</p> <p>Ein weiterer relevanter Anwendungsbereich für Endenergie in Haushalten sind Elektrogeräte. Diese werden unterschieden in Haushaltsgeräte ("Weiße Ware"), Geräte der Unterhaltungselektronik ("Braune Ware") sowie Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik (PC, Drucker, Kopierer, Telefon- und Faxgeräte). Hier bieten energieeffiziente Geräte Energieeinsparpotenziale durch die Minderung von Betriebs- und Leerlaufverlusten.</p>
---------------	---

Nr.		Bezeichnung Maßnahme	Anwendung System	Energie- träger	IST-Verbrauch (2002)
		PHH Private Haushalte			[PJ] 2.833
		Maßnahme			
1	PHH	Sanierung Gebäudehülle im Bestand EFH	Gebäude	Brennstoffe	1241
2	PHH	Sanierung Gebäudehülle im Bestand MFH	Gebäude	Brennstoffe	869
3	PHH	Niedrigenergiehäuser	Gebäude	Brennstoffe	12
4	PHH	Kesseltausch im Bestand	Anlagen (TGA)	Brennstoffe	2110
5	PHH	Optimierung des Heizungssystem EFH	Anlagen (TGA)	Brennstoffe	1241
6	PHH	Optimierung des Heizungssystem MFH	Anlagen (TGA)	Brennstoffe	869
7	PHH	Hydraulischer Abgleich, Effizienzpumpen EFH	Anlagen (TGA)	Strom	21
8	PHH	Hydraulischer Abgleich, Effizienzpumpen MFH	Anlagen (TGA)	Strom	21
9	PHH	Ersatz von elektr. Widerstandsheizungen	Anlagen (TGA)	Strom	77
10	PHH	Solarthermische Warmwasserbereitung	Anlagen (TGA)	Brennstoffe	260
11	PHH	Wärmepumpenheizungsanlagen	Anlagen (TGA)	Brennstoffe	3,7
12	PHH	Beleuchtung	Beleuchtung	Strom	57
13	PHH	Kühlschränke	Geräte	Strom	61
14	PHH	Wäschetrockner	Geräte	Strom	14
15	PHH	Waschmaschinen	Geräte	Strom	17
16	PHH	Geschirrspüler	Geräte	Strom	16
17	PHH	Reduktion Leerlaufbrauch lüK/Unterhaltung	Geräte	Strom	83
18	PHH	Reduktion Betriebsverluste lüK/Unterhaltung	Geräte	Strom	83
19	PHH	Reduktion Leerlaufbrauch Haushaltsgeräte	Geräte	Strom	108
20	PHH	Motivation & Information	Verbraucher	Brenn/Strom	2833

Tabelle 4.5 Definition und Unterscheidung der Maßnahmen im Sektor PHH [Prognos 2007]

Der Endenergieverbrauch im Sektor der *Privaten Haushalte* (PHH) beträgt 2'833 PJ, davon entfallen 500 PJ (ca. 140 TWh) auf Strom. Energiesparmaßnahmen ergeben sich in vier Anwendungsbereichen:

- Gebäude (Neubau und Bestand)
- Anlagen
- Beleuchtung
- Geräte
- Verbraucher

Die Bereitstellung von Raumwärme bedarf mit 78 % des ganz überwiegenden Teils der im Sektor PHH benötigten Endenergie. Dieser Bereich ist daher auch mit Abstand der wichtigste Bereich für Energiesparmaßnahmen im Sektor PHH.

Der gesamte Gebäudebereich unterliegt aufgrund der Langlebigkeit der Objekte nur geringen Reinvestitionsraten. Erhöhte Anforderungen an den Wärmeschutz im Neubau und bei der Sanierung (z. B. aufgrund der Anforderungen der EnEV 2002 oder aufgrund der Förderung von KfW Programmen) durchdringen daher den Bestand nur langsam und entfalten ihre Wirkung erst mittel- bis langfristig.

Neben der Gebäudehülle (Fenster, Oberste Geschossdecke, Kellerdecke und Außenwände) bietet die technische Gebäudeausrüstung (TGA), insbesondere die Erneuerung und die betriebliche Optimierung der Wärmeerzeugung sowie der -verteilung Energiesparpotenziale.

Ein weiteres wichtiges Feld für die Energieeinsparung im Sektor PHH ist die Beleuchtungstechnik. Dies betrifft weniger die Elektroverteilung, die zum Gebäude selbst gehört, sondern eher die Ausstattung der Haushalte mit Leuchten und Lampen, insbesondere die Effizienz der Leuchtmittel und ihre Betriebsweise.

Ein letzter relevanter Anwendungsbereich für Endenergie in Haushalten sind Elektrogeräte. Diese werden unterschieden in Haushaltsgeräte ("*Weißer Ware*"), Geräte der Unterhaltungselektronik ("*Braune Ware*") sowie Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik (PC, Drucker, Kopierer, Telefon- und Faxgeräte), wobei die letztgenannte Gruppe in den letzten Jahren aufgrund wachsender Ausstattungsraten zunehmend relevant geworden ist.

4.3.1. Gebäude: Gebäudehülle

Sanierungsmaßnahmen im Bereich der Gebäudehülle umfassen die Bereiche:

- Wanddämmung
- Dämmung der obersten Geschossdecke oder Dachdämmung
- Dämmung der Kellerdecke
- Fenstererneuerung

Der Referenzwert für die energetische Qualität von Gebäuden verschiedener Typen und Baualterklassen wurde dem Prognos-Gebäudemodell entnommen. Dieses basiert auf einer Datenbank und differenziert den Wohnungsbestand und die zugehörigen Wohnflächen nach Gebäudetypen (EFH, ZFH, MFH, Wohnungen in Nichtwohngebäuden (NWG)) sowie nach Baualterklassen. Dabei werden den unterschiedlichen Gebäudeklassen zyklische Erneuerungs- und Instandsetzungsraten unterstellt, wobei nur ein bestimmter Anteil einer energetische Modernisierung unterzogen wird. Der Zielwert für die energetische Qualität im Neubau richtet sich nach den gesetzlichen Bestimmungen, wobei Abschläge bei der praktischen Realisierung der Zielwerte gemacht werden. Der Zielwert für die energetische Qualität nach der Modernisierung im Bestand (*Sanierungseffizienz*) richtet sich nach den üblichen und durchschnittlich erreichten energetischen Qualitäten, differenziert nach den verschiedenen Baualterklassen.

Bei der Einführung der unten näher beschriebenen Maßnahmen werden dem Stand der Technik und am Markt verfügbare Techniken und Standards eingeführt, die eine Verbesserung gegenüber dem Referenzwert darstellen. Dabei werden weiterhin die vorgegebenen Instandsetzungs- und Sanierungszyklen beibehalten. Insbesondere wird unterstellt, dass ein verbesserter Zustand jeweils mit einer ohnehin anstehenden Sanierung eingeführt wird, da in den meisten Fällen eine energetische Modernisierung nur im Zuge einer Instandsetzung erfolgt, bzw. eine Modernisierung außerhalb des Instandsetzungszyklus selten wirtschaftlich durchführbar ist.

Die technische Ausgestaltung der Sanierungsmaßnahmen hängt von der vorhandenen Bausubstanz und den gebäudetypischen Gegebenheiten ab. Folgende Maßnahmen wurden unterstellt:

- Im Bereich der Wanddämmung wurde für den Großteil der betrachteten Gebäudetypen eine Außenwanddämmung (12 cm) angenommen. Für Gebäude, bei denen eine Außendämmung, z.B. aus Denkmalschutzgründen nicht möglich ist, wurde eine Innenwand- (6 cm) oder Kerndämmung (6 cm) unterstellt.
- Bei der Dachisolierung liegt die Stärke der unterstellten Dämmung, je nach Dachtyp, bei 8 bis 12 cm.
- Bei der Kellerdeckendämmung wird Dämmstoff in einer Dicke von 6 cm eingebracht.
- Die oberste Geschossdecke wird mit einem Wärmeschutz von 2x10 cm starken Dämmplatten versehen..
- Beim Einbau neuer Fenster wurde einheitlich eine Zweischeiben-Wärmeschutz-Verglasung (U-Wert = 1,1 W/(m² K)) unterstellt.

Annahme:

Die erwartete Häufigkeit der Sanierung der Gebäudehülle bleibt unverändert. Bei bisherigen Sanierungen wird das energetische Sanie-

rungspotenzial nur ungenügend ausgenutzt. Die Maßnahme sieht eine Erhöhung der energetischen Sanierungseffizienz auf 100 % vor.

Wirtschaftlichkeit: Die Maßnahmen im Bereich Wärmeschutz sind überwiegend wirtschaftlich. Dabei wird davon ausgegangen, dass im Rahmen der üblichen Sanierungszyklen ohnehin Instandsetzungsbedarf bei den angesprochenen Gebäudebereichen besteht. Dementsprechend werden für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nur die *Mehrkosten* für eine energetisch optimierte Sanierung angesetzt. Mit einer Lebensdauer der baulichen Maßnahmen von 25 Jahren ergeben sich bei einem Zinssatz von 4,2 %/a durchschnittlichen Vermeidungskosten von ca. 2,2 €/kWh.

[nach IWU 2003]

4.3.2. Gebäude: Niedrigenergiehaus

Im Rahmen des KfW-Programms *Ökologisch Bauen* wurden 2005 der Bau von ca. 7600 Energiesparhäusern (*KfW 60 Haus*, *KfW 40 Haus*, *Passivhaus*) gefördert. Der Anteil an Energiesparhäusern betrug damit im Neubau ca. 4,5 %.

Annahme: Bis 2016 steigt der Anteil von Energiesparhäusern im Neubau auf 35%.

Wirtschaftlichkeit: In der Regel erfolgt die Errichtung eines *KfW 60* Niedrigenergiehauses gegenüber dem *EnEV-Standard* im Neubaubereich zu vertretbaren Differenzkosten ohne einschneidende Änderungen des architektonischen oder haustechnischen Konzepts, sondern im wesentlichen durch Einbringung höherer Dämmstoffdicken und verbesserter Fensterverglasung. Diese *zusätzlichen* Maßnahmen liegen in der Regel in der Nähe der Wirtschaftlichkeit im Vergleich mit dem EnEV Standard.

Die Realisierung von *KfW 40* und *Passivhaus*standard erfordert *zusätzlichen* architektonischen Mehraufwand und einschneidende haustechnische Anpassungen. Darüber hinaus ist die Menge der *zusätzlich* gegenüber *KfW 60* eingesparten Endenergie gering. Die Wirtschaftlichkeit ist daher in der Regel (auch unter Einbeziehung der KfW Förderung) bei üblichen Finanzierungszeiträumen nicht mehr gegeben. Derzeitig geltende Förderbedingungen rücken die Maßnahme in die Nähe der Wirtschaftlichkeit.

[FfM 2006a, FH RaWe 2006, BINE 2003, INET 2006c]

4.3.3. Anlagentechnik (TGA)

Im Bereich der Anlagentechnik werden folgende Einzelmaßnahmen betrachtet:

- Erneuerung des Wärmeerzeugers,
- Optimierung des Heizungssystems einschließlich der Durchführung eines hydraulischen Abgleichs,

- Einsatz solarthermischer Warmwasseraufbereitung,
- Ersatz von elektr. Widerstandsheizungen,
- Einsatz von Wärmepumpen.

Mit den beiden letztgenannten Maßnahmen ist eine Substitution von Strom durch Brennstoffe bzw. umgekehrt von Brennstoffen mit Strom verbunden. Diese Maßnahmen sind in ihrer energetischen Bewertung daher abhängig von der Wahl des Stromfaktors.

Endenergieeinsparungen ergeben sich im Bereich der Heizungsanlagen durch verbesserte Wirkungsgrade, knappe Dimensionierung, bedarfsgerechte Regelung, idealerweise verbunden mit der Optimierung der Wärme- und Warmwasserverteilung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Vorteile moderner Anlagentechnik nur dann optimal genutzt werden können, wenn die Sekundärverteilung entsprechend angepasst wird (z. B. Einsatz der Brennwerttechnik in Verbindung mit einer Niedertemperaturverteilung). Beim Einsatz moderner Heizungspumpen sollte gleichzeitig ein hydraulischer Abgleich erfolgen, damit die Vorteile der neuen Anlagentechnik zum Tragen kommen.

Maßnahme: Erneuerung des Wärmeerzeugers

Es gibt eine große Anzahl veralteter Wärmeerzeuger im Bestand. Auf Basis der Verkaufszahlen der Kesselanlagen [*Ausgangsdaten verkaufte Kesselanlagen in 2005, VdZ 2007*] kann bei Wärmeerzeugern eine Austauschrate von ca. 3,3 % pro Jahr abgeschätzt werden, dies entspricht einer mittleren Nutzungsdauer von 30 Jahren.

Annahme: Die hier modellierte Maßnahme sieht eine erhöhte Austauschrate von 4 % pro Jahr vor, was einer mittleren Nutzungsdauer von 25 Jahren entspricht. Gleichzeitig wird eine Erhöhung des Marktanteils von Brennwertkesseln von heute (2005) 65 % auf 75 % unterstellt. Damit erhöht sich insgesamt die Marktdurchdringung moderner Anlagen gegenüber der Fortschreibung bisheriger Marktdaten.

Wirtschaftlichkeit: Sofern alte Kessel und Brenner mit in der Regel geringen Gesamtnutzungsgraden ausgetauscht werden, amortisiert sich die Maßnahme in der Regel innerhalb der (wirtschaftlichen) Lebensdauer des Wärmeerzeugers (15a) und liegt damit in der Wirtschaftlichkeit. Sensible Einflussgrößen, wie möglicherweise parallel notwendige Investitionen in die Sekundärverteilung (z. B. aufgrund der Korrosionsgefahr bei veralteten Systemen), können die Maßnahme unwirtschaftlich werden lassen.

[*VdZ 2007, VDI 2076, Recknagel 2004*]

Maßnahme: Optimierung des Heizungssystem einschließlich der Durchführung eines hydraulischen Abgleichs

Mit der Installation einer neuen Heizungspumpe sollte stets ein hydraulischer Abgleich des Heizungssystems erfolgen. Dabei wird sicher gestellt, dass die Wärme sich gleichmäßig auf alle Heizkörper bzw. Heizflächen verteilt und Strömungsverluste werden minimiert. Der hydraulische Abgleich ist Voraussetzung für die optimale Dimensionierung und den energiesparenden Betrieb einer energiesparenden Umwälzpumpe.

Ferner sollte dieses Maßnahmenpaket idealerweise beim Kessel-tausch bzw. beim Einbau einer neuen Heizungsanlage erfolgen. Damit die Vorteile effizienter Wärmeerzeugungsanlagen und effizienter Umwälzpumpen zum Tragen kommen, sind diese auf eine knappe Dimensionierung und eine optimale Einregulierung des Sekundärsystems angewiesen.

Annahme:

Die hier modellierte Maßnahme unterstellt die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs in *jeder* Heizungsanlage während des Betrachtungszeitraums. Es werden Heizenergieeinsparungen von 5 bis 15 kWh/m² erwartet. Dabei ist die Einsparung bei Gebäuden, die jünger als 25 Jahre sind und mit NT-Heizungssystemen ausgestattet sind, größer als bei älteren Gebäuden.

[Optimus 2005, FfM/Mainova 2005].

Maßnahme: Einsatz solarthermischer Warmwasseraufbereitung

Theoretisch sind alle Systeme der Warmwasserversorgung mit einem solarthermischen System nachrüstbar. Technische Einschränkungen sind jedoch durch die Eignung der zur Verfügung stehenden Dachflächen und der Warmwasserverteilung gegeben. Die Zentralisierung einer bestehenden dezentralen Warmwasserverteilung erfordert einen hohen Aufwand beim Einbau einer Strangverteilung, der sich aus den energetischen Vorteilen der solaren Brauchwarmwassererwärmung heraus nicht allein rechnet. Mittel- bis langfristig ergeben sich Vorteile beim Instandsetzungsaufwand.

Nach Energiereport IV leben 56 % der Bundesbürger in Haushalten mit zentraler Warmwasserbereitung, 40 % in Haushalten mit dezentraler Warmwasserbereitung. Davon sind 2002 ca. 2,4 % mit solarthermischer Brauchwarmwasserunterstützung ausgestattet (5 PJ). Vorsichtige Potenzialschätzungen rechnen mit einem mittelfristig realisierbaren technischen Potenzial von ca. 25 PJ [prognos 2005a]. Andere Schätzungen gehen langfristig von bis zu 250 PJ [Staiß 2005] aus.

Annahme:

Annähernd 20 % der WW-Bereitung erfolgen elektrisch, daher werden 20 % des Technischen Potenzials als wirtschaftlich betrachtet.

[EWI/Prognos 2005, Staiß 2005, Solarthermie 2000]

Maßnahme: Ersatz von elektr. Widerstandsheizungen

Die direkte Verwendung von Strom zu Heizzwecken (überwiegend: Nachtspeichergeräte) erscheint - endenergetisch bewertet - leicht vorteilhaft, da keine weiteren Wandlungsverluste auftreten. Primär-energetisch sind elektr. Widerstandsheizungen ineffizient. Die Geräte können je nach Einsatzart durch konventionelle oder regenerative zentrale Heizungssysteme, Wärmepumpenheizungen oder steckerfertige Klimageräte mit Heizfunktion ersetzt werden.

Annahme: Ersatz aller elektr. Widerstandsheizungen im Bestand bis 2016. Strom wird jeweils mit Faktor 1,0 bzw. alternativ mit 2,5 bewertet: Bei einem Stromfaktor von 1.0 führt nur der Ersatz durch Wärmepumpenheizsysteme zu einer Energieeinsparung. Der Einsatz durch (primär-energetisch vorteilhafte) konventionelle Heizungssysteme führt zu keiner Endenergieeinsparung.

Wirtschaftlichkeit: Die Maßnahme erfordert mindestens die Nachrüstung eines wohnungsseitigen Sekundärsystems, in der Regel eine Zentralisierung des gesamten Hausheizungssystems (incl. Steigleitungen). Eine Zentralisierung führt aus Sicht des Eigentümers zwar zu Verringerung von Instandsetzungskosten, von daher ist die Zentralisierung aus wohnungswirtschaftlicher Sicht grundsätzlich attraktiv. Allerdings führt dies zu hohen Investitionskosten, die sich (bei weitem) nicht allein aus der Energiekosteneinsparung refinanzieren lassen. Auch bei der Umstellung auf Luftwärmepumpen mit Effizienzvorteilen gegenüber Widerstandsheizungen sind in der Regel zusätzliche bauliche Maßnahmen (Aussenluftzuführung) erforderlich. Sofern nicht wohnungsseitige Heizsysteme umgestellt wird, erfolgen nach der Maßnahme Abrechnung und Inkasso der Wärmeversorgung über Eigentümer bzw. Verwalter.

Maßnahme: Vermehrter Einsatz von Wärmepumpenanlagen in EFH und ZFH Neubau

Langjährige Felduntersuchungen von Wärmepumpenanlagen in der Schweiz haben für Anlagen mit Sole o. Wasser als Wärmequelle Jahresarbeitszahlen von 3,5 ermittelt. Wärmepumpen mit Luft als Wärmequelle lassen eine mittlere Jahresarbeitszahl von 2,7 erwarten. Um eine Jahresarbeitszahl von 3,5 zu erreichen sind eine knappe Dimensionierung, ein gut ausgelegtes Niedrigtemperaturheizsystem und ausreichend Flächen für die Verlegung von Erdkollektoren bzw. Erdsonden notwendig. In der Regel bietet der EFH Neubau angesichts dieser Anforderungen gute Einsatzmöglichkeiten.

Annahme: Gegenüber der erwarteten Marktentwicklung (Marktanteil WP 2008: ca. 8 % , 2016: ca. 20 %) wird durch die Maßnahme der Anteil ver-

doppelt. Zwischen 2008 und 2016 werden ca. 240'000 Wärmepumpen *zusätzlich* installiert.⁽⁷⁾
(Strom wird alternativ mit Faktor 1,0 bzw 2,5 bewertet)

Wirtschaftlichkeit: Die Maßnahme erfordert eine erhöhte Anfangsinvestition, die sich bei der Erreichung der o. g. Planungsparameter wirtschaftlich durch die eingesparten Energiekosten refinanzieren lässt. Die Wirtschaftlichkeit ist abhängig vom Kostenverhältnis konventioneller Brennstoffe gegenüber (Wärme-)Strom. Die Wirtschaftlichkeit nimmt bei hohen Wärmeschutzstandards (KfW 40 und Passivhaus) wieder ab, da die Vorteile der geringen verbrauchsgebundenen Kosten.

[Eicher & Pauli 2004]

4.3.4. Beleuchtung

Im Bereich der Haushaltsbeleuchtung kann ein beträchtliches Potenzial durch den Austausch von konventionellen Lampen durch Kompaktleuchtstofflampen (Energiesparlampen) realisiert werden. Bei Halogenlampen kann durch die Verwendung von Lampen mit einer Infrarotbeschriftung (IRC Halogenlampen) der Verbrauch um ca. ein Drittel reduziert werden. An der überwiegenden Zahl von Leuchtstellen ist damit der Ersatz energiesparender Leuchtmittel problemlos und überwiegend ohne Abstriche an Designanforderungen möglich.

Der zunehmende Einsatz von LED als Leuchtmittel auch im Haushaltsbereich dürfte mittel- bis langfristig weitere Energiesparpotenziale bieten. Aktuell verfügen die bislang am Markt verfügbaren "weißen LED" jedoch nicht über die gleiche Lichteffizienz wie Kompaktleuchtstofflampen und sind daher nicht als Energiesparmaßnahme abgebildet.

Im Jahr 2006 wurden ca. 260 Mio. konventionelle Glühlampen und ca. 65 Mio. Halogenleuchtstofflampen in Deutschland verkauft [ZVEI 2007].

Annahmen: Bis 2016 werden 70 % der Beleuchtungsstunden konventioneller Glühlampen durch Energiesparlampen ersetzt. Alle Halogenlampen sind IRC Halogenlampen.

Wirtschaftlichkeit: Die Maßnahme ist ganz überwiegend wirtschaftlich darstellbar. Ausnahmen bestehen in Bereichen mit sehr kurzen Nutzungsdauern, wie z. B. die Treppenhausbeleuchtung in Wohnhäusern.

[HE 2003, HE 2004, Enquete 2002, ZVEI 2007]

4.3.5. Geräte

Der Bereich der großen Elektrohaushaltsgeräte (*"Weiße Ware"*) ist bereits Regelungsgegenstand der Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung. Am Markt setzen sich zunehmend Geräte der besten Verbrauchsklasse ("A") durch, sodass für viele Geräteklassen bereits die Klassen "A+" bzw. "A++" eingeführt wurden. Eine Fortschreibung der Klasseneinteilung ist erforderlich.

Die großen Elektrohaushaltsgeräte werden differenziert nach folgenden Anwendungsbereichen:

- Kühlen: Kühlschränke, Gefriergeräte und Kühl-Gefrierkombinationen
- Waschen: Waschmaschinen und Wäschetrockner
- Spülen: Geschirrspülmaschinen.

Maßnahme: Energiesparende Kühlgeräte

In der Betrachtung werden die Ausstattungsgrade der PHH für folgende Geräteklassen differenziert:

- Kühlschränke,
- Gefriergeräte und
- Kühl-Gefrierkombinationen.

Annahme:

Ab 2008 werden nur noch die besten bereits heute auf dem Markt verfügbaren Geräten verkauft. Kühl – und Gefrierschränke der Effizienzklassen A+ und A++ sind in allen Größenklassen auf dem Markt verfügbar. Ab 2010 kommen nur noch Geräte mit A++ Standard in den Markt.

Durchschnittlicher Energieverbrauch der Neugeräte ab 2010

- Kühlschrank: 160 kWh/a
- Kühltruhe: 170 kWh/a
- Kühl-Gefrierkombination: 190 kWh/a

Wirtschaftlichkeit:

Die Differenzkosten bei der Anschaffung gegenüber Geräten der Effizienzklasse A amortisieren sich innerhalb von 5 bis 8 Jahren.

Maßnahme: Wäschetrockner

Durch den Einsatz eines Wäschetrockners mit Wärmepumpe kann der Energieverbrauch gegenüber einem konventionellen Wäschetrockner um 40 bis 50 % gesenkt werden. Der Einsatz von Geräten mit Gasheizung ist primärenergetisch sinnvoll, aus Sicht der EDR nur bei Verwendung eines höheren Stromfaktors.

Annahme:

Ab 2008 haben alle neu verkauften Wäschetrockner die Energieeffizienzklasse A.

Wirtschaftlichkeit:

Wäschetrockner mit Wärmepumpentechnik kosten heute durchschnittlich 300 bis 400 Euro mehr als vergleichbare Kondensationswäschetrockner. Die Wirtschaftlichkeit hängt stark vom Nutzungsgrad

ab. Bei einer intensiven Nutzung (4-köpfige Familie, 5 Trocknerläufe pro Woche) amortisiert sich die Wärmepumpentechnik nach ca. 5 Betriebsjahren. Beim Einsatz von Wäschetrocknern mit Gasbrenner verschlechtert sich die Wirtschaftlichkeit erheblich, sofern die Infrastruktur erst geschaffen werden muss.

Maßnahme: Geschirrspüler und Waschmaschinen

Bei Geschirrspülern und Waschmaschinen sind die zusätzlichen, über die unterstellte Marktentwicklung hinaus zu erwartenden Einsparpotenziale vergleichsweise gering. Vergleicht man die heute marktbesten Geräte mit dem Durchschnitt der heute verkauften Geräte, lässt sich die Effizienzverbesserung mit pauschal 10 % abschätzen.

Maßnahme Reduktion Standby-Verbrauch (IuK, Haushaltsgeräte)

Bei Informations- und Kommunikationsgeräten und bestimmten Haushaltsgeräten besteht noch ein großes Einsparpotenzial im Bereich der Leerlaufverluste, dem so genannten Standby-Verbrauch. Hinsichtlich der Verwendung der Geräte existieren verschiedenen Möglichkeiten, den Standby-Verbrauch zu reduzieren. Z.B. kann bei Waschmaschinen oder Monitoren der Stromverbrauch durch die Anbringung eines netzseitigen Schalters gänzlich vermieden werden. Der Einsatz von Schaltnetzteilen statt von Block- und Ringkerntrafos ermöglicht bei Geräten die nicht von Netz getrennt werden können eine wesentliche Verbrauchsreduzierung.

Annahme: Alle entsprechenden Neugeräte haben ab 2008 einen reduzierten Leerlaufverbrauch. Die erzielbaren Einsparungen sind je nach Gerätetyp sehr verschieden. Die größten relativen Einsparungen sind bei Geräten mit hoher Standby-Betriebszeit möglich, wie z.B. schnurlosen Telefonen, Radioweckern, Druckgeräten, Mikrowellengeräten Kaffeeautomaten.

Wirtschaftlichkeit: Die Maßnahme ist überwiegend wirtschaftlich. Die Mehrkosten für primärseitige Schalter liegen im Bereich weniger Euro. Andere technische Maßnahmen erfordern teilweise höhere Zusatzinvestitionen.

[FhG ISI 2005]

Maßnahme: Reduktion Betriebsverluste (Desktop-Computer)

Annahme: Ab 2008 werden alle verkauften Desktopcomputer nur noch von energiesparenden Prozessoren ausgerüstet. Diese verbrauchen im Mittel ca. 30 bis 40 % weniger Strom.

- Bestand an Desktop-Computern in PHH: 28 Mio.
- Durchschnittliche Betriebsdauer: 1100 h/a

Wirtschaftlichkeit: Die Wirtschaftlichkeit hängt im wesentlichen von der Nutzungsintensität ab. Bei Mehrkosten von 30 € je Computer (Beschaffung) und ei-

ner Nutzungsdauer von 4 Jahren ist der Einsatz von effizienten Prozessoren ab einer täglichen Nutzungszeit von 3 Stunden wirtschaftlich.

[FhG ISI 2005, eigene Berechnung]

4.3.6. Verbraucher: Information, Feedback & Motivation

Neben den genannten investiven und betrieblichen Maßnahmen zur Reduzierung des Endenergieverbrauchs bestehen umfangreiche Möglichkeiten zur Beeinflussung von Verhalten und Entscheidungen privater Endverbraucher.

Die Einflussmöglichkeiten bestehen auf mehreren Ebenen und reichen von der grundlegenden Beeinflussung der Werteorientierung (z. B. bei der Umweltorientierung, beim nachhaltigen Umgang mit natürlichen Ressourcen) über konkrete Hinweise und Tipps bei der Kaufentscheidung bis hin zur Nutzung technischer Informationssysteme (Smart Metering, Internet), welche dem Verbraucher eine Rückmeldung zu seinem Verbrauchsverhalten geben.

Information und Motivation sind häufig entscheidend bei der Erschließung von Energiesparpotenzialen. Aus folgenden Gründen werden im Rahmen der vorliegenden Studie jedoch keine weiteren Annahmen und Abschätzungen dazu vorgenommen.

- **Interdependenz:** Information und Motivation verknüpfen sich meist mit konkreten technischen oder betrieblichen Maßnahmen (z. B. *"Beschaffung und Schalten von schaltbaren Steckerleisten"*), sodass sich die Potenziale mit den hier identifizierten Potenzialen stark überschneiden.
- **Abhängigkeit vom Handlungsfeld:** Information und Motivation sind sehr gezielt mit ausgewählten Handlungsfeldern verknüpft und sollten bedarfsgerecht auf das jeweilige Handlungsfeld ausgerichtet werden. Erst auf Ebene des Handlungsfeldes (*"Energiesparen in Schulen"* bzw. *"vor-Ort-Energieberatung"* etc.) kann eine Abschätzung über die zusätzlichen, über technische Potenziale hinausgehende Potenziale gemacht werden.
- **Methodik:** Angaben zu Energieeinsparung aufgrund der Beeinflussung von Verbraucherverhalten divergieren stark, insbesondere, wenn Information und Motivation auf einer sehr grundlegenden Ebene erfolgen.

4.4 Potenziale für Energieeinsparung und Energieeffizienz (PHH)

4.4.1. Technisches Potenzial

Zusammenfassung *Insgesamt beträgt das bis 2016 technisch erschließbare Potenzial im Sektor der Privaten Haushalte 440 PJ. Das ist fast ein Sechstel des gesamten Energieverbrauchs, wobei ca. 15 % (345 PJ) im Wärmebereich und fast ein Fünftel (95 PJ) im Strombereich einzusparen sind. Die Potenziale ergeben sich nicht nur durch den Ersatz alter Anlagen und durch energieeffizientere Neuinvestitionen. Auch die betriebliche Optimierung bestehender Anlagen kann mit 79 PJ erheblich zur Energieeinsparung beitragen.*

Potenziale ergeben sich nicht nur durch die Einführung energieeffizienter Anlagen und Geräte, sondern auch aus deren bedarfsgerechten Dimensionierung und Regelung. Die betriebliche Optimierung bereits vorhandener Anlagen und Geräte und angepasstes Nutzerverhalten bieten weitere nicht unerhebliche Potenziale.

Nr.	Bezeichnung Maßnahme	Anwendung System	IST-Verbrauch	Techn. Potenzial	Techn. Potenzial
			(2002)	(2008-2016)	(2008-2016)
			[PJ]	[PJ]	[%]
PHH Private Haushalte			2.833	440	15,5%
Maßnahme					
1	Sanierung Gebäudehülle im Bestand EFH	Gebäude	1241	94,0	8%
2	Sanierung Gebäudehülle im Bestand MFH	Gebäude	869	37,0	4%
3	Niedrigenergiehäuser	Gebäude	12	7,0	58%
4	Kesseltausch im Bestand	Anlagen (TGA)	2110	103,0	5%
5	Optimierung des Heizungssystem EFH	Anlagen (TGA)	1241	45,0	4%
6	Optimierung des Heizungssystem MFH	Anlagen (TGA)	869	31,0	4%
7	Hydraulischer Abgleich, Effizienzpumpen EFH	Anlagen (TGA)	21	2,1	10%
8	Hydraulischer Abgleich, Effizienzpumpen MFH	Anlagen (TGA)	21	1,2	6%
9a	Ersatz von elektr. Widerstandsheizungen	Anlagen (TGA)	77	16,0	21%
9b	<i>Ersatz von elektr. Widerstandsheizungen*</i>	<i>Anlagen (TGA)</i>	<i>77</i>	<i>43,0</i>	<i>56%</i>
10	Solarthermische Warmwasserbereitung	Anlagen (TGA)	260	25,0	10%
11a	Wärmepumpenheizungsanlagen	Anlagen (TGA)	3,7	2,7	73%
11b	<i>Wärmepumpenheizungsanlagen*</i>	<i>Anlagen (TGA)</i>	<i>3,7</i>	<i>1,3</i>	<i>35%</i>
12	Beleuchtung	Beleuchtung	57	23,0	40%
13	Kühlschränke	Geräte	61	19,2	31%
14	Wäschetrockner	Geräte	14	9,1	65%
15	Waschmaschinen	Geräte	17	1,7	10%
16	Geschirrspüler	Geräte	16	1,6	10%
17	Reduktion Leerlaufbrauch luK/Unterhaltung	Geräte	83	17,3	21%
18	Reduktion Betriebsverluste luK/Unterhaltung	Geräte	83	3,2	4%
19	Reduktion Leerlaufbrauch Haushaltsgeräte	Geräte	108	1,0	1%
20	Motivation & Information	Verbraucher	2833	k. A.	k. A.

Tabelle 4.6

Technisches Potenzial im Sektor PHH [eigene Berechnungen]

* informatorisch: Bewertung mit Stromfaktor 2,5

Gebäude

Im Gebäudebestand beträgt das technische Energieeinsparpotenzial 131 PJ. Mit 94 PJ entfällt der überwiegende Teil auf den Einfamilienhausbereich und 37 PJ auf den Mehrfamilienhausbereich. Obwohl die Zahl der Wohneinheiten in beiden Bereichen ähnlich verteilt ist, trägt der Einfamilienhausbereich aufgrund der spezifisch pro Wohneinheit höheren Flächenausstattung bei gleichzeitig schlechterem energetischen Standard überwiegend zum Energiesparpotenzial bei.

Aufgrund des kurzen Betrachtungszeitraums (2008-2016) und der vergleichsweise geringen Neubau- (ca. 1 %) und Sanierungsraten (ca. 2,3 %) wirken sich die Maßnahmen zur Erhöhung des Wärmeschutz an Gebäuden in dieser Betrachtung relativ gering aus. In einer mittel- bis langfristigen Betrachtung entfalten diese Maßnahmen ein höheres Potenzial.

Anlagen (TGA)

In der technischen Gebäudeausrüstung liegen die Reinvestitions- und Instandsetzungsraten deutlich über jenen von Gebäuden bzw. von der Gebäudehülle. Dadurch entfalten die Maßnahmen bei einem kurz- bis mittelfristigen Betrachtungszeitraum eine größere Wirkung. 146 PJ beträgt das Potenzial aufgrund der *Investition* in neue Kesselanlagen bzw. aufgrund der Umstellung auf effizientere technische Systeme (solarthermische Unterstützung, Wärmepumpen sowie beim Ersatz von elektr. Widerstandsheizungen).

Das technische Potenzial, welches vorrangig durch eine *betriebliche Optimierung* der Anlagentechnik zu erschließen ist, erreicht mit 79 PJ ebenfalls eine signifikante Größenordnung. Dies umfasst im wesentlichen die Einsparung von Brennstoffen bzw. Fernwärme aufgrund des hydraulischen Abgleichs sowie der bedarfsgerechten Regelung des Sekundärsystems. Ferner sind stromseitig mehr als 3 PJ (knapp 1 TWh) durch den Ersatz energiesparender Umwälzpumpen erschließbar.

Beleuchtung

Mit moderner Beleuchtungstechnik sind 40 % des in privaten Haushalten für Licht benötigten Stroms einzusparen, dies entspricht einem Potenzial von 23 PJ (6,4 TWh). Mittel- bis langfristig sind weitere Potenziale erschließbar, sofern energieeffiziente Leuchtmittel ihr Spektrum an Anwendungsmöglichkeiten noch erweitern (z. B. durch den Einsatz von weißen LED). Dabei sind weitere Potenziale aufgrund bedarfsabhängiger Regelung (Zeit- und Dämmerungsschalter, Bewegungsmelder) in Treppenhäusern, Kellerräumen und Außenanlagen nicht berücksichtigt).

Geräte

Das technische Potenzial bei Haushaltsgeräten (Weiße Ware) beträgt 31 PJ, wobei der größte Anteil mit 19 PJ auf Kühlen und Gefrieren

entfällt. Durch effiziente Waschmaschinen und Wäschetrockner mit Wärmepumpen können weiter 12 PJ eingespart werden. Ein Beitrag von ca. 1 PJ ergibt sich aus der Reduzierung der Leerlauf- und Bereitschaftsverluste der Haushaltsgroßgeräte.

Anders als bei den Haushaltsgroßgeräten machen die Leerlaufverluste im Bereich der IuK -Technik den weitaus größten Anteil aus. Bis 2016 lassen sich gut 17 PJ einsparen. Im gesamten Bereich der IuK-Technik sind 21 PJ einzusparen, wenn neben den Leerlaufverlusten auch die Betriebsverluste reduziert werden (im wesentlichen durch energiesparende Prozessoren bei Desktop-Computern).

4.4.2. Wirtschaftliches Potenzial

Zusammenfassung

Insgesamt beträgt das bis 2016 wirtschaftlich erschließbare Potenzial im Sektor der Privaten Haushalte 347 PJ. Das ist annähernd ein Achtel des gesamten Energieverbrauchs der Privaten Haushalte, wobei ca. 12 % (271 PJ) im Wärmebereich und 15 % (77 PJ) im Strombereich einzusparen sind.

Damit sind annähernd vier Fünftel (78,5%) des identifizierten Technischen Potenzials wirtschaftlich erschließbar. Dieser Befund gilt nicht nur angesichts des aktuellen Marktpreisniveaus für die durchschnittlich vermiedenen Kosten der Energiebeschaffung, sondern ganz überwiegend auch für das Marktpreisniveau vor 5 oder 10 Jahren. Neben der Systemträgheit aufgrund langer Reinvestitions- und Instandsetzungszyklen insbesondere im Gebäude- und Anlagenbereich ist damit ein Marktversagen festzustellen, welches auf die in den einzelnen Handlungsfeldern existierenden Hemmnisstrukturen zurückzuführen ist.

Die Energiepreise erweisen sich damit zwar als wichtiger, aber nicht allein entscheidender Faktor für die Realisierung von Energiesparpotenzialen.

Wirtschaftlichkeitsbegriff

Als *wirtschaftliches Potenzial* im Sinne der vorliegenden Studie wird diejenige einzusparende Energiemenge (absolut in Verbrauchseinheiten, relativ in Prozentangaben) bezeichnet, welche gegenüber dem *Technischen Potenzial*, *wirtschaftlich* darstellbar ist, d.h. zu einer definierten Lebensdauer der Maßnahme und einem definierten Zinssatz spezifisch geringere Kosten pro eingesparte Verbrauchseinheit hat als der vom jeweiligen Verbraucher zu entrichtende, marktübliche Preis pro Verbrauchseinheit.

Nr.	Bezeichnung Maßnahme	Anwendung System	IST-Verbrauch	Wirtsch. Potenzial	
			(2002)	(2008 -2016)	(2008 -2016)
			[PJ]	[PJ]	[%]
PHH Private Haushalte			2.833	347	12,2%
Maßnahme					
1	Sanierung Gebäudehülle im Bestand EFH	Gebäude	1241	83,0	7%
2	Sanierung Gebäudehülle im Bestand MFH	Gebäude	869	32,0	4%
3	Niedrigenergiehäuser	Gebäude	12	5,0	42%
4	Kesseltausch im Bestand	Anlagen (TGA)	2110	103,0	5%
5	Optimierung des Heizungssystem EFH	Anlagen (TGA)	1241	21,0	2%
6	Optimierung des Heizungssystem MFH	Anlagen (TGA)	869	19,0	2%
7	Hydraulischer Abgleich, Effizienzpumpen EFH	Anlagen (TGA)	21	0,6	3%
8	Hydraulischer Abgleich, Effizienzpumpen MFH	Anlagen (TGA)	21	0,3	1%
9a	Ersatz von elektr. Widerstandsheizungen	Anlagen (TGA)	77	5,3	7%
9b	Ersatz von elektr. Widerstandsheizungen*	Anlagen (TGA)	77	14,3	19%
10	Solarthermische Warmwasserbereitung	Anlagen (TGA)	260	5,0	2%
11a	Wärmepumpenheizungsanlagen	Anlagen (TGA)	3,7	2,7	73%
11b	Wärmepumpenheizungsanlagen*	Anlagen (TGA)	3,7	1,3	35%
12	Beleuchtung	Beleuchtung	57	23,0	40%
13	Kühlschränke	Geräte	61	19,2	31%
14	Wäschetrockner	Geräte	14	4,5	32%
15	Waschmaschinen	Geräte	17	1,7	10%
16	Geschirrspüler	Geräte	16	1,6	10%
17	Reduktion Leerlaufbrauch luK/Unterhaltung	Geräte	83	17,3	21%
18	Reduktion Betriebsverluste luK/Unterhaltung	Geräte	83	1,6	2%
19	Reduktion Leerlaufbrauch Haushaltsgeräte	Geräte	108	1,0	1%
20	Motivation & Information	Verbraucher	2833	k. A.	k. A.

Tabelle 4.7 *Wirtschaftliches Potenzial im Sektor PHH [Berechnungen: Prognos]
* informatorisch: Bewertung mit Stromfaktor 2,5*

Energiepreise im Sektor

Die Endverbraucherpreise im Sektor PHH beinhalten energiewirtschaftliche Erzeugerkosten incl. Aufschläge für Vertrieb und Marge, Netzentgelte sowie staatliche Bestandteile mit Umlagen, Abgaben und Steuern.

Folgende Verbraucherpreise werden nach Angaben des Statistischen Bundesamtes [StaBu 2007] zugrunde gelegt:

Energiepreise Private Haushalte		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
nominal, incl. MwSt., nach Verbraucherpreisindex, Statistisches Bundesamt 2007								
Strom 3'500 kWh	€/MWh	153,35	160,30	166,35	170,00	170,90	179,30	185,25
FW (Vollkosten)	€/MWh	49,26	57,82	57,73	58,46	58,07	62,99	70,28
Erdgas (Brennstoff)	€/MWh	34,11	43,05	40,42	44,06	44,87	49,26	58,65
HEL (Brennstoff)	€/MWh	35,30	32,06	30,27	30,75	34,41	45,11	50,32

Tabelle 4.8 *Preise für Endenergie im Sektor PHH [StaBu 2007]*

Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Preise für Fernwärme, Erdgas und HEL nur bedingt vergleichbar sind. Die Fernwärmepreise beste-

hen aus einem Grund- und Arbeitspreis und bilden damit Vollkosten der Wärme (incl. Kapital-, variablen und fixen Betriebskosten) ab. Eine Energiesparmaßnahme führt in erster Linie zur Einsparung von variablen Betriebskosten (Arbeits- bzw. Brennstoffkosten). Erst bei weitgreifenden Änderungen (Wärmeschutz, Optimierung des Sekundärsystems, Einbau eines Wärmespeichers) können auch mittel- bis langfristig Kapitalkosten eingespart werden durch die Reduktion der Kesselleistung bzw. durch die Anpassung der Fernwärmeanschlussleistung ⁽⁸⁾.

Vermiedene Kosten der Energieeinsparung

Der Ansatz vermiedener Energiekosten ist abhängig vom Energieträger, seiner Preisstruktur und Umfang und Art der Maßnahme. Die in Tabelle 4.9 gemachten Ansätze sind auf der Preisbasis des Jahres 2006 pauschaliert worden und liegen insbesondere bei den vermiedenen Wärmepreisen *in der Nähe* der variablen Kosten für Wärme. Für die Sammelabnahme im MFH-Bereich wurde ein pauschaler Abschlag kalkuliert. Für Wärmestrom variieren die Preisangaben ebenfalls stark nach Abnahmefall (Nachtspeichergeräte, Wärmepumpen) und entsprechen dem Preisniveau von Neuverträgen. Insbesondere für Nachtstrom können Altverträge durchaus noch günstigere Konditionen bieten.

Durchschnittlich vermiedene Kosten der Energiebeschaffung (Private Haushalte)			2006
Strom (Haushalte)	€/MWh		185,00
Wärme (EFH)	€/MWh		70,00
Wärme (MFH)	€/MWh		60,00
Wärmestrom	€/MWh		110,00

Tabelle 4.9

Durchschnittlich vermiedene Kosten der Energiebeschaffung im Sektor PHH [Prognos]

Kosten der Energieeinsparung

Abbildung 4.7 stellt die (typologischen) Differenzkosten der Energieeinsparung pro Maßnahme den vermiedenen Beschaffungskosten der Energiebeschaffung über den wirtschaftlich erschließbaren Potenzialen aus Sicht der Privaten Haushalte dar.

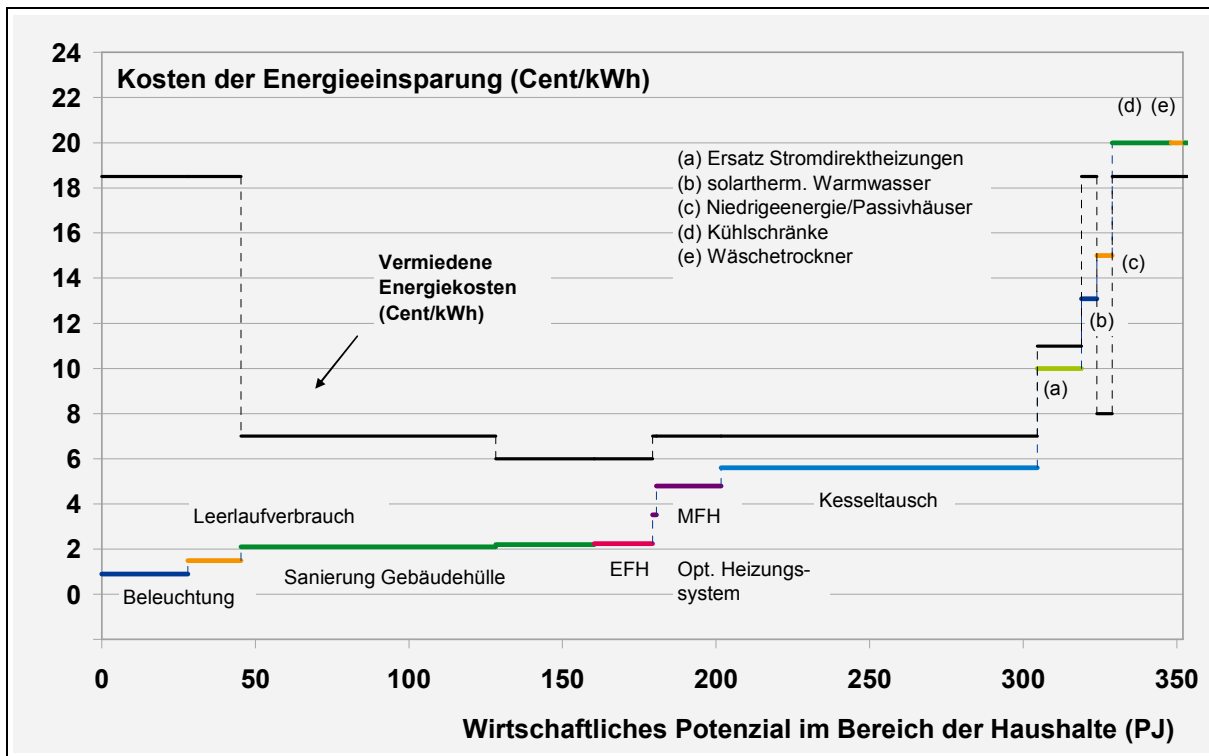


Abbildung 4.7

Wirtschaftlich erschließbare Potenziale mit (typologischen) Differenzkosten der Energieeinsparung gegenüber vermiedenen Kosten der Energiebeschaffung

Die Kosten der Energieeinsparung werden in der Regel als Differenzkosten gegenüber der definierten Standardmaßnahme (vgl. hierzu Kapitel 4.3) kalkuliert, wobei die Differenzkosten für Investition oder Anschaffung annuitätisch abgeschrieben werden über die (übliche) Lebensdauer des Produktes bei einem unterstellten Verbraucherzinsatz von 4,5%. Die so erhaltenen jährlichen Differenzkosten werden den jährlich zusätzlich eingesparten Verbrauchseinheiten gegenübergestellt. Das Ergebnis sind durchschnittliche Kosten für die eingesparte Energieeinheit, die den durchschnittlich vermiedenen Kosten der Energiebeschaffung gegenüber gestellt werden kann. Auf diese Weise erhält man die in Abbildung 4.7 dargestellte Kurven. Der Abstand veranschaulicht ein Maß für die Wirtschaftlichkeit.

Es zeigt sich, dass die stromseitigen Maßnahmen für Beleuchtung und Reduktion des Leerlaufverbrauchs hoch wirtschaftlich einzustufen sind, während die Kosten der vermiedenen Verbrauchseinheit bei den Maßnahme *Ersatz von elektr. Widerstandsheizungen* und der *Beschaffung von energieeffizienten Haushaltsgroßgeräten* in der Nähe den durchschnittlichen Kosten für die Beschaffung einer Verbrauchseinheit liegen. Bei Wäschetrocknern hängt die Wirtschaftlichkeit stark von der jährlichen Nutzungsdauer ab, bei Kühlschränken liegen die Kosten der *zusätzlich* vermiedenen Verbrauchseinheit relativ hoch, da die zusätzliche Einsparung gegenüber dem bereits heute am Markt verfügbaren üblichen Standard relativ gering ist, allerdings immer noch beträchtlich gegenüber dem Standard der Altgeräte.

Im Wärmebereich rechnen sich die Maßnahmen für den (zusätzlichen) Wärmeschutz und die Optimierung des Heizsystems gut, die Maßnahmen zum Kesseltausch rechnen sich gerade innerhalb der Lebensdauer. Die solarthermische Warmwasserbereitung stellt sich gegenüber elektrischen Systemen als wirtschaftlich dar, allerdings nicht gegenüber konventionell-thermischen Systemen der Warmwasserbereitung. Wie bereits bei der Maßnahmenbeschreibung selbst ausgeführt, rechnen sich Niedrigenergiehäuser gerade (unter Einbeziehung der aktuell geltenden Förderung) für den KfW 60 Standard. Darüber hinaus angestrebte Standards sind derzeit nicht wirtschaftlich darstellbar.

Einfluss der Energiepreise (Sensitivität)

Wie dargestellt werden kann, rechnet sich der ganz überwiegende (linke) Teil der ermittelten wirtschaftlichen Potenziale bereits zu heutigem Marktpreisniveau deutlich positiv, zum (rechten) Ende der Vermeidungskostenkurve der wirtschaftlichen Potenziale stellt sich die Wirtschaftlichkeit zunehmend schwieriger dar. Es ist deutlich erkennbar, dass das Marktpreisniveau einen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit im engeren Sinne hat: bei steigenden Preisen übersteigen die Kurven der durchschnittlich vermiedenen Beschaffungskosten die Kurve der Differenzkosten der Energieeinsparung.

Viel entscheidender stellt sich jedoch angesichts dieses Befunds die Frage, warum die Potenziale, die *bereits heute* sehr deutlich wirtschaftlich erschließbar sind (und dies zum großen Teil auch zum Marktpreisniveau vor fünf Jahren bereits waren) in einem rational funktionierenden Markt nicht schon längst erschlossen wurden. Dies liegt nur zum Teil an den Systemträgheiten aufgrund langer Reinvestitions- und Instandsetzungszyklen, wie z. B. im Gebäudebereich. Vielmehr ist ein *Marktversagen* zu konstatieren, welches seine Ursachen in den unten dargestellten Hemmnissen hat.

4.4.3. Hemmnisse

Zusammenfassung	<i>Im Sektor der Privaten Haushalte sind Hemmnisse über das gesamte Spektrum der identifizierten Maßnahmen anzutreffen. Neben Informations- und Motivationsdefiziten spielt das Mieter/Vermieter-Dilemma im vermieteten Bestand eine relevante Rolle.</i>
------------------------	---

Maßnahmen zur Energieeinsparung stehen unterschiedliche Hemmnisse gegenüber, die dazu führen, dass Potenziale, die eigentlich wirtschaftlich sind, dennoch nicht erschlossen werden. In Kapitel 3.6 wurden die Hemmnisse in fünf unterschiedliche Gruppen eingeteilt. Im Anhang werden die Hemmnisse zu den einzelnen Maßnahmen im Sektor Private Haushalte detailliert beschrieben. In der folgenden Tabelle wurde eine einfache Bewertung der Hemmnisse durchgeführt und Mittelwerte gebildet. Die Mittelwerte wurden nicht gewichtet (z. B. mit dem Verbrauch oder dem wirtschaftlich erschließbaren Potenzial) und sind daher rein informatorisch zu verstehen.

Nr.		Bezeichnung Maßnahme	Information	Recht.	Finanzierung	Organ. (Verantw.)	Organ. (Akteurs.)
		PHH Private Haushalte	2,6	1,6	2,2	1,6	2,9
		Maßnahme					
1	PHH	Sanierung Gebäudehülle im Bestand EFH	2	2	2	1	2
2	PHH	Sanierung Gebäudehülle im Bestand MFH	2	3	4	4	3
3	PHH	Niedrigenergiehäuser	2	1	3	3	2
4	PHH	Kesseltausch im Bestand	2	1	3	3	2
5	PHH	Optimierung des Heizungssystem EFH	3	1	3	1	4
6	PHH	Optimierung des Heizungssystem MFH	3	1	3	2	4
7	PHH	Hydraulischer Abgleich, Effizienzpumpen EFH	3	1	3	1	4
8	PHH	Hydraulischer Abgleich, Effizienzpumpen MFH	3	1	3	2	4
9	PHH	Ersatz von elektr. Widerstandsheizungen	1	1	5	3	3
10	PHH	Solarthermische Warmwasserbereitung	3	1	2	1	2
11	PHH	Wärmepumpenheizungsanlagen	2	1	2	1	2
12	PHH	Beleuchtung	3	2	1	1	2
13	PHH	Kühlschränke	3	2	1	1	3
14	PHH	Wäschetrockner	3	2	1	1	3
15	PHH	Waschmaschinen	3	2	1	1	3
16	PHH	Geschirrspüler	3	2	1	1	3
17	PHH	Reduktion Leerlaufbrauch luK/Unterhaltung	3	2	1	1	3
18	PHH	Reduktion Betriebsverluste luK/Unterhaltung	3	2	1	1	3
19	PHH	Reduktion Leerlaufbrauch Haushaltsgeräte	3	2	1	1	3
20	PHH	Motivation & Information	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

Tabelle 4.10

Bewertung der Hemmnisse bei den einzelnen Energiesparmaßnahmen im Sektor Private Haushalte [prognos]

Im Bereich der Privaten Haushalte hat man es im wesentlichen mit folgenden Hemmnisstrukturen zu tun:

Information

Informatorische Hemmnisse gibt es im Sektor Private Haushalte beim Kauf, Einsatz und auch der Kennzeichnung energiesparender Geräte. Hemmnis kann dabei sein:

- Maßnahme ist dem Verbraucher nicht bekannt (z. B. *energiesparende Umwälzpumpe, IRC Halogenlampen*),
- Maßnahme ist grundsätzlich bekannt, Motivation zur Umsetzung ist gering bzw. steht anderen Wertorientierungen nach (*Energieeffizienz tritt als Kaufkriterium hinter Preis und Ausstattung zurück*)
- Maßnahme ist dem Verbraucher grundsätzlich bekannt, aber im entscheidenden Moment fehlt eine Entscheidungsgrundlage (*konkrete Angabe der jährlich eingesparten Kosten bei energiesparenden Haushaltsgroßgeräten*),
- Maßnahme ist grundsätzlich bekannt, Umsetzung erfordert jedoch spezielle Qualifikation bei Ausführenden (z. B. *"hydraulischer Abgleich", "Passivhaus-Standard"*), Ausführende raten daher zu weniger energieeffizienten Alternativen.

Es ist dabei zu beachten, dass Informationsdefizite bereits vielfach adressiert werden, z. B. bei der zunehmenden Verbrauchskennzeich-

nung von energiesparenden Geräten oder der Umsetzung der Eco-design-Richtlinie. Allerdings ist die Erarbeitung einer aussagekräftigen und rechtsicheren Verbrauchskennzeichnung selbst ein komplexer und anspruchsvoller Prozess, der mit allen gesellschaftlichen Akteuren abgestimmt wird und sich auf abgestimmte Verfahren und Meßmethoden abstützen muss. Im Vorfeld sind geeignete Normen zu Messverfahren und Ermittlung des gerätespezifischen Energieverbrauchs zu erarbeiten.

Recht

Harte, rechtliche Hemmnisse im Sektor der Private Haushalte sind eher geringfügig ausgeprägt. Im Bereich der wärmetechnischen Sanierung im vermieteten Bestand ist das rechtliche Umfeld allerdings sehr komplex und erschwert die Transaktion für Akteure mit wenig Erfahrung, z. B. im vermieteten Streubesitz, oder bei der Realisierung von Contracting-Lösungen.

- *komplexes Rechtsumfeld:*
mehrere Bestimmungen regeln ein und denselben Gegenstand: Energiesparende Sanierung erfolgt in einem komplexen Umfeld von Baurecht, Mietrecht, Förderrecht und Steuerrecht.
- *hemmende Rechtsnormen:*
mietrechtliche Auflagen bei Umlagefähigkeit und Zustimmungsverfahren bei Contracting-Verträgen.

Finanzierung

Im Sektor Private Haushalte limitieren den Finanzierungsspielraum vor allem Bonitäts- und Liquiditätsprobleme von privaten wie institutionellen Investoren. Diese führen häufig dazu, dass zusätzliche Investitionen für die Energiesparinvestitionen eingespart werden.

Beim Mieter-/Vermieterdilemma sieht das Mietrecht zwar (begrenzte) Umlagespielräume für eine energetische Modernisierung vor, diese sind aber nur bei hohem Mietpreinsniveau voll auszuschöpfen. Die energetische Modernisierungsumlage steht dabei in Konkurrenz zu anderen Modernisierungsinvestitionen (z. B. für Komfortsteigerung, Sicherheitstechnik), die am Markt (ebenfalls oder eher) als Wohnwert steigernde Merkmale präferiert werden.

Ähnlich gelagert ist die Hemmnisstruktur dort, wo Modernisierungsmaßnahmen nur in Verbindung mit umfangreichen Investitionsmaßnahmen zu erschließen sind. Dies ist z. B. der Fall bei der Umstellung von elektr. Widerstandsheizungen oder bei der Zentralisierung der Warmwasserbereitung zur Einbindung solarer Systeme: während sich die Maßnahme im engeren Sinne wirtschaftlich darstellen lässt, sind die umfangreichen Investitionen in das Sekundärsystem bzw. die Warmwasserverteilung reine Instandsetzungsinvestitionen und daher nicht umlagefähig aus Sicht des Vermieters.

Organisatorisch-formale Ebene

Ein wichtiges organisatorisch-formales Hemmnis, das die Erschließung von Potenzialen verhindert bzw. die Komplexität aus Sicht der Akteure erhöht, ist im Bereich der Privaten Haushalte das Nutzer/Investor- bzw. Mieter/Vermieter-Dilemma: der Vermieter investiert in energiesparenden Techniken, der Mieter partizipiert von den eingesparten Energiekosten. Neben den begrenzten Umlagespielräumen bei *Modernisierungen* ist bei reinen *Instandsetzungsmaßnahmen keine* Umlage möglich, wie z. B. beim Ersatz von konventioneller Beleuchtung durch energiesparende Leuchtmittel im Treppenhausbereich. Im übrigen ist der Transaktionsaufwand einer formalen Modernisierungsankündigung, der Durchführung und anschließenden Mieterhöhung bei geringfügigen Investitionen vergleichsweise hoch.

Organisatorisch-motivatorische Ebene

Grundsätzlich ist eine zunehmende Akzeptanz von energieeffizienten Maßnahmen im Bereich der Privaten Haushalte zu verzeichnen. Allerdings basieren die Kaufentscheidungen gerade bei Konsumartikeln mit vielen anderen wichtigen Kaufkriterien nicht vorrangig auf dem Kriterium der Energieeffizienz.

Ein relevantes Hemmnis bei der Optimierung der Anlagentechnik wird in den fehlenden Anreizen gesehen, neue oder bestehende Anlagen mit relativ viel personellem Aufwand aufwändig einzuregulieren und zu optimieren. Statt dessen ist es bei den existierenden Vergütungsstrukturen in der Planung (HOAI) und im Gewerbe häufig attraktiver (und sicherer) die jeweils größere oder leistungsstärkere Anlage zu empfehlen, zu verkaufen bzw. einzubauen und nach Einbau auf den Aufwand der Einregulierung zu verzichten. Diese Verhaltensweise wird auf Verbraucherseite häufig noch dadurch gefördert, dass das Bewusstsein und die Beschwerden stärker darauf ausgerichtet sind, wenn "es nicht schnell genug warm wird" und nicht darauf, wenn "der neue Heizkessel viel zu viel Energie verbraucht".

5. Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) mit Öffentlicher Hand (ÖH)

Zusammenfassung *Der Endenergieverbrauch im Sektor GHD beträgt (klimabereinigt) 1.089 PJ für Brennstoffe und Fernwärme sowie 490 PJ Strom. Die Raumwärme stellt mit annähernd 46 % den Anwendungsbereich mit dem höchsten Energieverbrauch dar. Für Beleuchtung wird im Tertiären Sektor absolut (163 PJ) und relativ (11 %) mehr Energie verwendet als in anderen Sektoren. Die Wirtschaftsgruppe mit dem höchsten Endenergieverbrauch ist der Handel.*

Neben der Gebäudehülle (Fenster, Oberste Geschossdecke, Kellerdecke und Außenwände) bietet die technische Gebäudeausrüstung (TGA), insbesondere die Erneuerung und die betriebliche Optimierung der Wärmeerzeugung sowie der -verteilung Energiesparpotenziale. Ein weiterer relevanter Anwendungsbereich für Endenergie im Sektor GHD ist die Beleuchtung.

Insgesamt beträgt das bis 2016 technisch erschließbare Potenzial im Sektor GHD 181 PJ. Das sind 13 % des Energieverbrauchs, wobei ca. 11 % (107 PJ) im Wärmebereich und mehr als ein Sechstel (74 PJ) im Strombereich einzusparen sind. Die Potenziale ergeben sich nicht nur durch den Ersatz alter Anlagen und durch energieeffizientere Neuinvestitionen. Auch die betriebliche Optimierung bestehender Anlagen kann erheblich zur Energieeinsparung beitragen.

Bei der öffentlichen Hand bestehen neben den genannten Potenzialen bei Gebäuden, Anlagen und Geräten Energiesparmöglichkeiten bei der Straßenbeleuchtung und bei Ampelanlagen von tlw. über 70%. Insgesamt beträgt das Energiesparpotenzial dort 49 PJ (22 %).

Darüber hinaus bestehen viele Ansatzpunkte zur Information und Motivation von Gebäudenutzern und Mitarbeitern im gewerblichen Bereich. Diese Potenziale überschneiden sich tlw. mit den genannten technischen Maßnahmen und werden daher nicht näher quantifiziert

Insgesamt beträgt das bis 2016 wirtschaftlich erschließbare Potenzial im Sektor GHD 147 PJ. Das sind mehr als 10 % des gesamten Energieverbrauchs, wobei 9,4 % (89 PJ) im Wärmebereich und 13 % (58 PJ) im Strombereich einzusparen sind. Im Bereich der Öffentlichen Einrichtungen sind 39 PJ wirtschaftlich einzusparen, dies entspricht 22 % des Energieverbrauchs.

Damit sind vier Fünftel (81 %) des identifizierten Technischen Potenzials bereits heute wirtschaftlich erschließbar. Neben der Systemträgheit aufgrund langer Reinvestitions- und Instandsetzungszyklen insbesondere im Gebäude- und Anlagenbereich ist ein Marktversa-

gen zu konstatieren, welches auf die bei den einzelnen Maßnahmen existierenden Hemmnisstrukturen zurückzuführen ist.

Die Energiepreise erweisen sich damit zwar als wichtiger, aber nicht allein entscheidender Faktor für die Realisierung von Energiesparpotenzialen. Vielmehr sind im Sektor GHD Hemmnisse über das gesamte Spektrum der Maßnahmen anzutreffen. Neben Informations- und Motivationsdefiziten spielt - wie bei PHH- das Mieter/Vermieter-Dilemma eine relevante Rolle. Teilweise sind Zuständigkeiten für die energetische Bewirtschaftung von Gebäuden sogar noch weiter zersplittert. Im Alltag der öffentlichen Verwaltungen und der privaten Betriebe werden zusätzliche administrative Anforderungen wie die Erfassung des Energieverbrauchs oder die Beschaffung energiesparender Geräte zugunsten eingespielter Abläufe und Prozesse neben dem Kerngeschäft häufig vernachlässigt.

5.1 Ausgangslage & Zielsetzung (GHD)

Der Sektor GHD bildet aus energetischer Sicht den heterogensten Sektor, mit sehr unterschiedlichen Akteuren (von der Landwirtschaft, über das Kredit- und Versicherungsgewerbe bis hin zur Öffentlichen Hand) mit überwiegend gebäudebezogenem Energieverbrauch, aber – gerade im Bürobereich – auch mit zunehmend nutzerbedingtem Energieverbrauch, wie z. B. im Bereich der Geräte- und IuK-Ausstattung. Auch die zunehmende Ausstattung mit Klima- und Lüftungstechnik bietet eine wichtige künftige Herausforderung.

Aufgrund seiner Heterogenität verfügt dieser Bereich über die größten Datenlücken bzgl. der Gebäude- und Geräteausstattung. Dort, wo keine primärstatistischen Erhebungen z. B. zu Gebäuden vorhanden sind, sind Flächen über geeignete Treibergrößen zu ermitteln (Erwerbstätige, Schüler, Betten, Übernachtungen...). Über Kennwerte kann der Energieverbrauch ermittelt werden, welcher auf aggregierter Ebene mit Energieberichten⁽⁹⁾ und auf hoch-aggregierter Ebene mit Energiebilanzen abgeglichen werden kann.

5.2 Abgrenzung und Differenzierung (GHD)

Herausforderung	<i>Der Endenergieverbrauch im Sektor GHD ist primärstatistisch am wenigsten dokumentiert. Dies erschwert die Differenzierung nach Anwendungsbereichen wie auch die Differenzierung nach den einzelnen Segmenten. Insbesondere die Öffentliche Hand ist nach Einordnung der Wirtschaftsgruppen nicht eindeutig abgrenzbar.</i>
------------------------	---

5.2.1. Differenzierung nach Wirtschaftsgruppen

Grundlage für die Darstellung des Energieverbrauchs für den Sektor GHD ist der Energiereport IV [EWI/prognos 2005]. Mit Hilfe des bottom-up Modells der Prognos AG zur Bestimmung der Endenergienachfrage des Sektors GHD wurden der Energieverbrauch für die einzelnen Anwendungsbereiche – aufgeteilt nach den Energieträgern Brennstoffe und Strom – berechnet.

Die Wirtschaftsgruppen im Sektor GHD werden wie folgt gegliedert:

A+B	Land- und Forstwirtschaft, Gärtnerei
C+D	Industrielle Kleinbetriebe, Handwerk ⁽¹⁰⁾
F	Baugewerbe ⁽¹⁰⁾
G	Handel; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen und Gebrauchsgütern
H	Gastgewerbe
I	Verkehr und Nachrichtenübermittlung
J	Kredit- und Versicherungsgewerbe
K	Grundstück- und Wohnungswesen, Vermietung beweglicher Sachen, Erbringung von Dienstleistungen für Unternehmen.
L	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung
M	Erziehung und Unterricht
N	Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen
O	Sonstige private und öffentliche Dienstleistungen

Tabelle 5.1 Differenzierung GHD nach Gruppen [NACE]

Die ausgewiesenen Anwendungsbereiche umfassen dabei beim Brennstoffverbrauch die Raumwärme, Prozesswärme und Kraftanwendungen. Der Stromverbrauch wird auf die Anwendungsbereiche Raumwärme, Kraft, Beleuchtung, Prozesswärme, Kühlen und Lüften sowie Bürogeräte aufgeteilt. Der Energieverbrauch des Jahres 2002 werden temperaturbereinigt ausgewiesen.

5.2.2. Abgrenzung der Öffentlichen Hand

Die Bereiche der Öffentlichen Hand (im wesentlichen die Bereiche L bis O) stellen eine besondere Herausforderung dar, da die statistische Datenlage vergleichsweise schlecht ist. Insbesondere müssen quer zur o. g. Abgrenzung nach Wirtschaftsgruppen die Zuständigkeitsbereiche von Bund, Ländern und Kommunen unterschieden werden.

Öffentlicher Sektor (public sector)	In der vorliegenden Untersuchung wird als der <i>Öffentliche Sektor im engeren Sinne</i> die Gesamtheit der Einrichtungen bezeichnet, die von einer Öffentlichen Körperschaft wie Bund, Länder oder Kommunen beherrscht und bewirtschaftet werden. Der Begriff Kommune umfasst Gemeinden und Landkreise. Zweckverbände, Eigenbetriebe, Renten- oder Sozialversicherungsträger werden
---	--

10

Der Energieverbrauch für *Baugewerbe* sowie *Industrielle Kleinverbraucher* wird im Sektor GHD bilanziert. In der vorliegenden Untersuchung werden aus methodischen Gründen die zugehörigen Maßnahmen und Energieeinsparpotenziale jedoch unter *Produzierendem Gewerbe* behandelt.

dabei nicht einbezogen.

Der *Öffentliche Sektor im weiteren Sinne* umfasst über die oben genannten Einrichtungen hinaus noch Zweckverbände, Eigenbetriebe, Renten- oder Sozialversicherungsträger, Einrichtungen des Gesundheitswesens, Bäderbetriebe, Sportstätten, Theater, Museen und Verkehrsinfrastruktureinrichtungen wie Flughäfen, Bahnhöfe und Häfen. Diese Einrichtungen werden überwiegend bzw. im zunehmenden Maße von privatwirtschaftlich organisierten Trägern beherrscht. Der Einfluss der Öffentlichen Körperschaften ist hier begrenzt.

Die Bauministerkonferenz der Länder (ARGE Bau) definiert einen umfassenden Bauwerkszuordnungskatalog für Öffentliche Liegenschaften mit einer Unterscheidung von 9 Hauptnutzungsarten, wie dargestellt in Tabelle 5.2. Die vorliegende Untersuchung beschränkt sich auf die Gruppen 1000, 2000 sowie 4000 und 5000, also Öffentliche Liegenschaften *im engeren Sinne*. Insbesondere befinden sich Liegenschaften der anderer Nutzungsarten zunehmend in privater Trägerschaft, so dass nicht durchgängig von „*Öffentlichen Liegenschaften*“ im engeren Sinne gesprochen werden kann. Dort, wo die statistischen Daten ausreichende Informationen über die Eigentumsverhältnisse bieten (zum Beispiel Sportstätten, Erziehungseinrichtungen) werden die Einrichtungen in privater Trägerschaft abgegrenzt. So befinden sich lediglich ca. 20'000 der knapp 50'000 Einrichtungen zur Kinderbetreuung in öffentlicher Trägerschaft.

1000	Parlaments-, Gerichts- u. Verwaltungsgebäude
2000	Gebäude für Lehre und Forschung
3000	Gebäude des Gesundheitswesens
4000	Schulen (unter anderem Kindertagesstätten und Weiterbildungseinrichtungen)
5000	Sportbauten (unter anderem Sportplätze, -hallen und Schwimmbäder)
6000	Wohnbauten/Gemeinschaftsstätten
7000	Gebäude für Produktion, Verteilung, Wartung und Lagerung
8000	Bauwerke für technische Zwecke (unter anderem Kläranlagen, Abfallbeseitigung, Hafenanlagen)
9000	Sonstige Gebäude (unter anderem Sakralbauten, Museen, Theater, Büchereien)

Tabelle 5.2 Bauwerkszuordnungskatalog [ARGE Bau]

5.3 Methodische Vorgehensweise

5.3.1. Allgemeine Methodik

Grundlage für die Darstellung des Energieverbrauchs für den Sektor GHD ist der Energiereport IV [EWI/prognos 2005]. Mit Hilfe des bottom-up Modells der Prognos AG zur Bestimmung der Endenergienachfrage des Sektors GHD wurden der Energieverbrauch für die einzelnen Anwendungsbereiche – aufgeteilt nach den Energieträgern Brennstoffe und Strom – berechnet.

Die ausgewiesenen Anwendungsbereiche umfassen dabei beim Brennstoffverbrauch die Raumwärme, Prozesswärme und Kraftanwendungen. Der Stromverbrauch wird auf die Anwendungsbereiche Raumwärme, Kraft, Beleuchtung, Prozesswärme, Kühlen und Lüften sowie Bürogeräte aufgeteilt. Der Energieverbrauch des Jahres 2002 werden temperaturbereinigt ausgewiesen.

5.3.2. Methodik bei der Darstellung der Öffentlichen Hand

Für die Liegenschaften der Öffentlichen Hand gibt es keine offiziell verfügbare und durchgängige statistische Datenbasis. Bestenfalls sind Angaben aus kommunalen und Landesenergieberichten verfügbar. Diese weisen jedoch meist eine heterogene Systematik bezüglich der Liegenschafts-, Kosten- und Verbrauchsabgrenzung sowie der zugrunde liegenden Flächenangaben auf. Primäre Grunddaten wie die Anzahl von Gebäuden, Flächen und Verbrauchsdaten sind daher lediglich auf Grundlage von Kennzahlen ermittelbar.

Zunächst erfolgte die Aufbereitung der ausgewählten Segmente („bottom-up“) in folgenden Schritten [Abbildung 5.1]:

- Aufbau einer statistisch fundierten Datenbasis
- Auswahl stabiler Treibergrößen
- Ermittlung zugehöriger Gebäudeflächen
- Strukturierung nach ausgewählten Größenverteilungen
- Berechnung von Energieverbrauch und Energiekosten
- Abgleich und Kalibrierung mit vorhandenen Energieberichten

Sowohl im Abgleich mit den Energieberichten als auch Ergebnissen vergleichbarer Studien [Geiger/Gruber 1999], [FhG ISI et. al. 2004] konnte ein durchweg zufrieden stellendes und die vorliegende Zwecke ausreichendes Ergebnis erzielt werden.

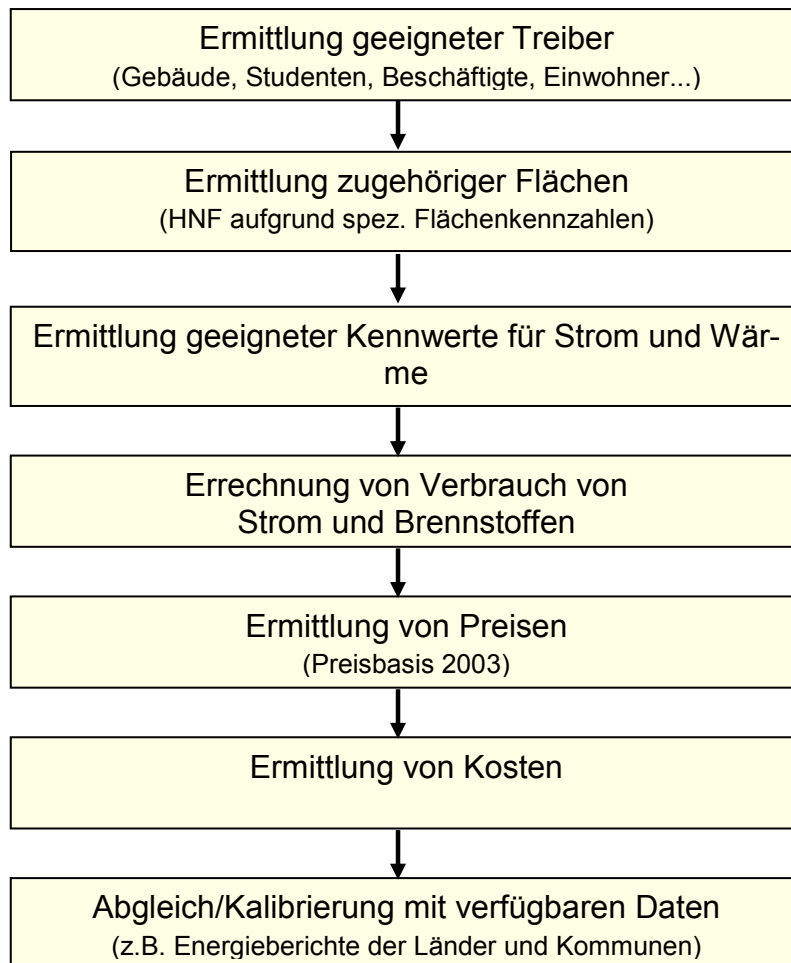


Abbildung 5.1

Vorgehensweise bei der Verbrauchsermittlung der Öffentlichen Hand.

5.4 Energieverbrauch in GHD

Zusammenfassung *Der Endenergieverbrauch im Sektor GHD beträgt (klimabereinigt) 1.089 PJ für Brennstoffe und Fernwärme sowie 490 PJ Strom. Die Raumwärme stellt mit annähernd 46 % den Anwendungsbereich mit dem höchsten Energieverbrauch dar. Für Beleuchtung wird im Tertiären Sektor absolut (163 PJ) und relativ (11 %) mehr Energie verwendet als in anderen Sektoren. Die Wirtschaftsgruppe mit dem höchsten Endenergieverbrauch ist der Handel.*

Wirtschaftszweig		Gesamt	Brennstoffe & Fernwärme	Strom
GHD gesamt		1.579,72	1.089,29	490,43
A+B	Land- und Forstwirtschaft, Gärtnerei	166,30	134,15	32,15
C+D	Industrielle Kleinbetriebe, Handwerk ⁽¹⁰⁾	121,10	66,10	55,00
F	Baugewerbe ⁽¹⁰⁾	87,71	74,88	12,84
G	Handel; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen und Gebrauchsgütern	316,00	194,98	121,02
H	Gastgewerbe	211,07	161,46	49,61
I	Verkehr und Nachrichtenübermittlung	59,53	40,38	19,16
J	Kredit- und Versicherungsgewerbe	47,88	29,96	17,91
K	Grundstücks- und Wohnungswesen	75,63	36,45	39,18
L	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	167,30	92,68	74,62
M	Erziehung und Unterricht	88,86	77,14	11,72
N	Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	196,55	160,98	35,57
O	Erbringung von sonstigen öffentlichen und persönlichen Dienstleistungen	41,79	20,14	21,65

Tabelle 5.3

Energieverbrauch des Sektors GHD in 2002, PJ [EWI/prognos 2005]

Tabelle 5.3 , Tabelle 5.4 , Tabelle 5.5 und Tabelle 5.6 stellen den Energieverbrauch des Sektors GHD nach den Energieträgern Brennstoffen/Fernwärme und Strom sowie unterschiedlichen Anwendungsbereichen für verschiedene Branchen des Sektors im Jahr 2002 dar.

Wirtschaftszweig		Raumwärme	Kraft	Beleuchtung	Prozesswärme	Kühlen und Lüften	Bürogeräte
GHD gesamt		726,09	222,29	163,17	322,28	74,79	71,10
A+B	Land- und Forstwirtschaft, Gärtnerei	38,56	83,54	5,82	29,70	7,85	0,84
C+D	Industrielle Kleinbetriebe, Handwerk ⁽¹⁰⁾	40,37	25,87	12,05	30,45	6,85	5,49
F	Baugewerbe ⁽¹⁰⁾	35,63	30,56	4,44	13,93	1,29	1,87
G	Handel	160,76	20,47	47,22	37,26	28,61	21,68
H	Gastgewerbe	136,83	8,63	13,99	43,18	6,50	1,93
I	Verkehr und Nachrichtenübermittlung	33,58	6,77	6,09	7,75	0,67	4,67
J	Kredit- und Versicherungsgewerbe	18,26	0,93	6,16	12,66	2,24	7,63
K	Grundstücks- und Wohnungswesen	6,32	7,27	8,34	39,05	6,26	8,40
L	Öff. Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	63,48	28,53	40,73	25,28	2,58	6,70
M	Erziehung und Unterricht	67,13	1,68	4,21	11,30	2,28	2,25
N	Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	121,70	4,01	9,52	50,13	6,20	4,99
O	Erbringung von sonstigen Dienstleistungen	3,49	4,02	4,61	21,58	3,46	4,64

Tabelle 5.4

Gesamter Energieverbrauch des Sektors GHD im Jahr 2002 nach Anwendungsbereichen, PJ [EWI/prognos 2005]

Wirtschaftszweig		Raumwärme	Kraft	Beleuchtung	Prozesswärme	Kühlen und Lüften	Bürogeräte
GHD gesamt		11,19	109,01	163,17	61,16	74,79	71,10
A+B	Land- und Forstwirtschaft, Gärtnerei	1,59	11,24	5,82	4,81	7,85	0,84
C+D	Industrielle Kleinbetriebe, Handwerk⁽¹⁰⁾	1,14	25,87	12,05	3,59	6,85	5,49
F	Baugewerbe⁽¹⁰⁾	0,76	3,77	4,44	0,72	1,29	1,87
G	Handel	1,70	18,87	47,22	2,95	28,61	21,68
H	Gastgewerbe	1,04	8,63	13,99	17,51	6,50	1,93
I	Verkehr und Nachrichtenübermittlung	0,34	6,77	6,09	0,62	0,67	4,67
J	Kredit- und Versicherungsgewerbe	0,27	0,93	6,16	0,68	2,24	7,63
K	Grundstück- und Wohnungswesen	0,75	7,27	8,34	8,16	6,26	8,40
L	Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	1,27	15,98	40,73	7,35	2,58	6,70
M	Erziehung und Unterricht	0,41	1,68	4,21	0,89	2,28	2,25
N	Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	1,50	3,99	9,52	9,37	6,20	4,99
O	Erbringung von sonstigen Dienstleistungen	0,42	4,02	4,61	4,51	3,46	4,64

Tabelle 5.5

Stromverbrauch des Sektors GHD im Jahr 2002 nach Anwendungsbereichen, PJ [EWI/prognos 2005]

Wirtschaftszweig		Raumwärme	Kraft	Prozesswärme
GHD gesamt		714,90	113,27	261,12
A+B	Land- und Forstwirtschaft, Gärtnerei	36,97	72,29	24,89
C+D	Industrielle Kleinbetriebe, Handwerk⁽¹⁰⁾	39,24	0,00	26,87
F	Baugewerbe⁽¹⁰⁾	34,87	26,79	13,21
G	Handel	159,06	1,61	34,31
H	Gastgewerbe	135,79	0,00	25,67
I	Verkehr und Nachrichtenübermittlung	33,25	0,00	7,13
J	Kredit- und Versicherungsgewerbe	17,98	0,00	11,98
K	Grundstücks- und Wohnungswesen	5,56	0,00	30,89
L	Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	62,20	12,55	17,93
M	Erziehung und Unterricht	66,72	0,00	10,42
N	Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	120,19	0,02	40,76
O	Erbringung von sonstigen Dienstleistungen	3,07	0,00	17,07

Tabelle 5.6

*Brennstoffverbrauch des Sektors GHD im Jahr 2002 nach Anwendungsbe-
reichen, PJ [EWI/prognos 2005]*

Im Jahr 2002 entfielen rund 69 % des Energieverbrauchs im Sektor GHD auf die Brennstoffe und 31 % konnten dem Strom zugerechnet werden. Brennstoffe wurden ausschließlich zur Bereitstellung von Raum- und Prozesswärme sowie für Kraftanwendungen verwendet. Die größten Energieverbraucher im Sektor GHD waren der Handel, das Gastgewerbe sowie das Gesundheits-, Veterinär und Sozialwesen. Die Anwendungsbereiche mit dem höchsten Energieverbrauch gemessen am gesamten Energieverbrauch waren Raumwärme mit 46 %, Prozesswärme mit 20 % und Kraftanwendungen mit 14 % (Abbildung 5.2).

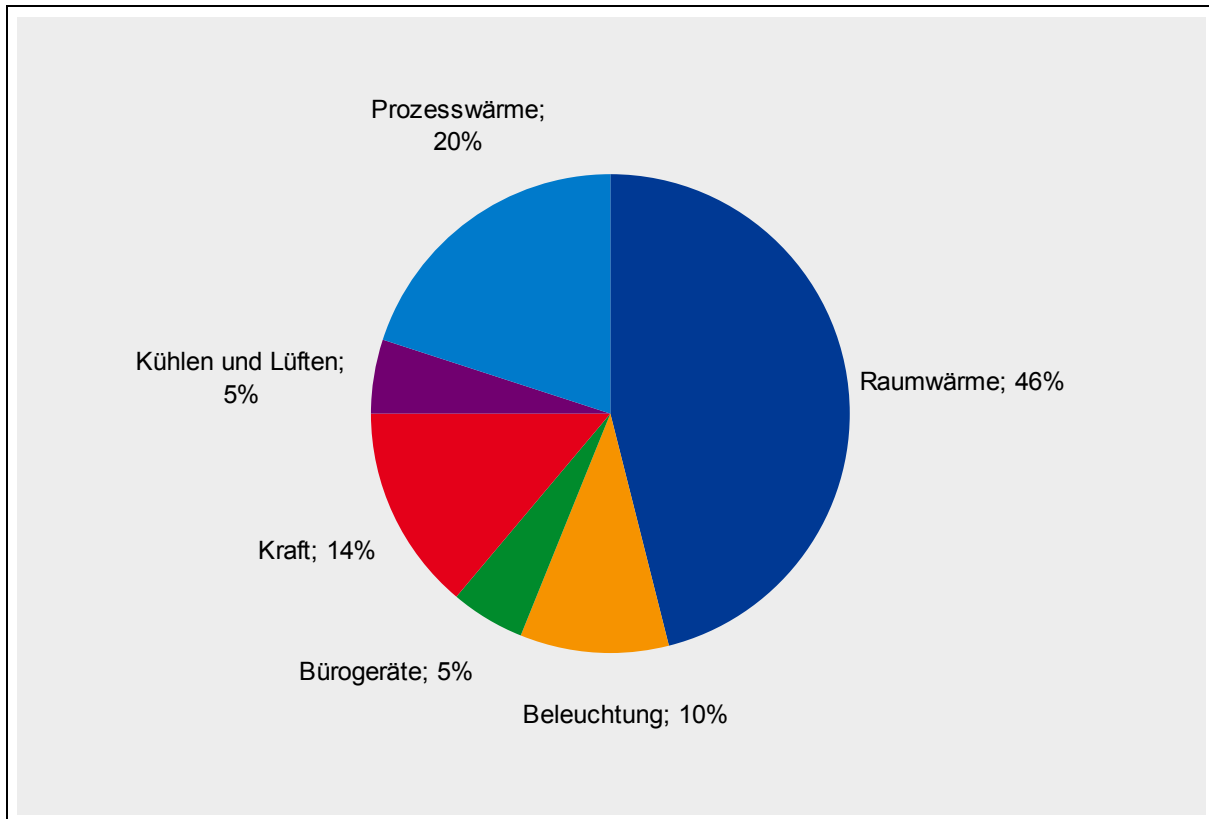


Abbildung 5.2 *Energieverbrauch des Sektors GHD in 2002 [EWI/prognos 2005]*

Ein Großteil des Brennstoffverbrauchs entfällt auf die Bereitstellung von Raumwärme – im Jahr 2002 machte dieser Anwendungsbereich 66 % des Brennstoffverbrauchs aus (Abbildung 5.3) .

Beleuchtung machte mit 34 % einen Großteil des Stromverbrauchs im Sektor GHD im Jahr 2002 aus. Ein weiterer Verbrauchsschwerpunkt waren die Kraftanwendungen mit 23 % (Abbildung 5.4).

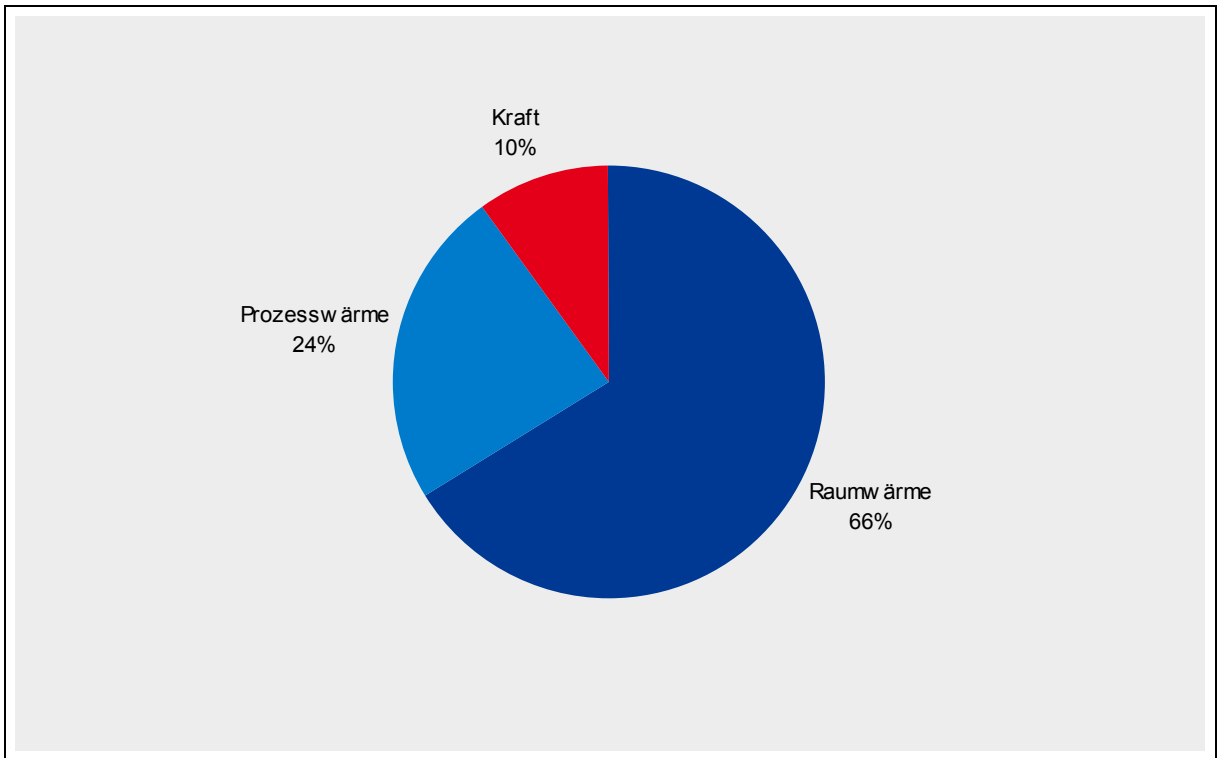


Abbildung 5.3 Brennstoff- u. Fernwärmeeinsatz GHD in 2002 [EWI/prognos 2005]

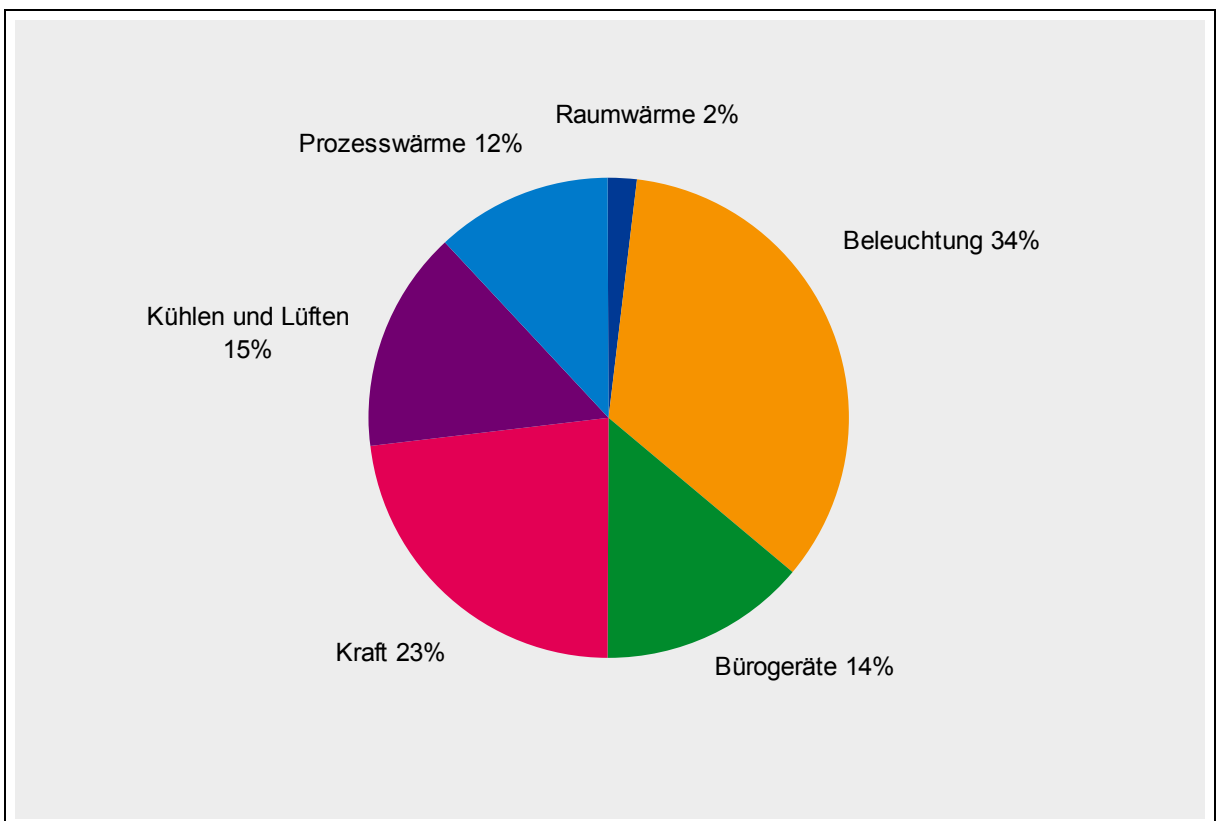


Abbildung 5.4 Stromverbrauch des Sektors GHD in 2002 [EWI/prognos 2005]

5.4.1. Energieverbrauch der Öffentlichen Hand

Wie in Kapitel 5.3.1 dargestellt, wurde der Energieverbrauch der Öffentlichen Hand *bottom-up*, d. h. auf Basis von ausgewählten Treibergrößen hochgerechnet und mit Energieberichten der Kommunen und Länder abgeglichen. Dabei wurde nach ausgewählten Nutzungsarten differenziert (siehe Tabelle 5.7). Dieses Verfahren wurde auch in anderen Studien angewendet, vgl. hierzu insbesondere [prognos/dena 2006].

Wirtschaftszweig		Energie	Wärme	Strom
Öffentliche Hand (gesamt)		221,68	167,68	53,99
Bund (gesamt)		38,86	30,73	8,13
	Verwaltung Bund (zivil)	13,86	9,96	3,90
	Verteidigung(Bund)	25,00	20,77	4,22
Länder		41,00	27,44	13,56
	Verwaltung Länder	24,96	17,83	7,13
	Hochschulen	16,04	9,61	6,43
Kommunen (gesamt)		141,82	109,51	32,31
	Verwaltung Kommunen	7,78	6,29	1,49
	Sonstige Gebäude Kommunen	6,00	3,92	2,08
	Schulen	68,63	60,07	8,56
	Kindergärten (öffentlich)	7,18	6,36	0,82
	Weiterbildungseinrichtungen	11,13	9,60	1,53
	Sportstätten (öffentlich)	13,45	11,33	2,12
	Schwimmbäder (öffentlich)	15,77	11,95	3,82
	Straßenbeleuchtung Kommunen	11,88	0,00	11,88

Tabelle 5.7

Wärme- und Stromverbrauch der Öffentlichen Hand, differenziert nach Bund, Ländern und Kommunen [nach prognos/dena 2006, ergänzt mit FhG ISI et. al. 2004]

Die Institutionen der Öffentlichen Hand übergreifen in der Einteilung nach Wirtschaftsgruppen die GHD-Segmente L bis O. Dabei sind dort nicht ausschließlich Einrichtungen der Öffentlichen Hand *im engeren Sinne* (vgl. hierzu Kap. 5.2.2), sondern auch *im weiteren Sinne*, sowie sonstige, tlw. rein privatwirtschaftliche Institutionen bilanziert, die in dieser Betrachtung nicht einbezogen wurden. Daher ist der in Tabelle 5.7 dargestellte Energieverbrauch den Gruppen L bis O zwar *zuzuordnen*, bildet diesen aber nicht vollständig ab. Insbesondere sind der

Gruppe *N Gesundheitswesen* lediglich Öffentliche Einrichtungen *im weiteren Sinne* bilanziert, welche in der unten stehenden Tabelle keine Berücksichtigung finden.

Insgesamt verbrauchen die Öffentlichen Einrichtungen *im engeren Sinne* über 220 PJ jährlich, dies sind fast 14 % des Energieverbrauchs im gesamten Sektor GHD. Drei Viertel des Verbrauchs (168 PJ) entfällt auf Brennstoffe und Fernwärme, die hier zum ganz überwiegenden Teil für Raumwärme eingesetzt werden. Ein Viertel ist Stromverbrauch (54 PJ).

Auf die Kommunen entfällt mehr als 60 % des Energieverbrauchs, die restlichen knapp 40 % verteilen sich etwa hälftig auf den Bund und die Länder. Insbesondere in den Bereichen mit Liegenschaften mit einem hohen technischen Ausstattungsgrad sind überdurchschnittliche Stromanteile zu verzeichnen (vgl. zivile Bundesliegenschaften, Hochschulen sowie sonstige kommunale Gebäude). Dies ist zum Teil auf die Gerätenutzung in Instituts-, Labor- und Forschungsgebäuden zurückzuführen, wie etwa bei zahlreichen nach geordneten Bundesbehörden, bei Hochschulen (Länder) oder Gesundheits- und Umweltämtern (Kommunen), zum überwiegenden Teil aber auch auf eine (häufig mit diesen Nutzungen) einhergehende starke Ausstattung mit raumluftechnischen Anlagen.

Den mit Abstand größten Anteil an Energieverbrauch der Öffentlichen Liegenschaften haben die Schulen mit annähernd 70 PJ, also fast einem Drittel des Gesamtverbrauchs. Allein 60 PJ wird für Heizzwecke und zu ganz geringem Anteil für Warmwasser verbraucht. Lediglich 10 PJ sind Stromverbrauch.

Eine Sonderstellung nimmt das Segment der Straßenbeleuchtung ein: hier werden jährlich ca. 12 PJ Strom verbraucht.

5.4.2. Klärungsbedarf / Unsicherheiten

Die Datengrundlage für den Bereich GHD ist insbesondere aufgrund der vergleichsweise schlechten primärstatistischen Unterfütterung für den Sektor GHD mit Unsicherheiten behaftet.

So lassen sich die Ergebnisse der Verbrauchsaufteilung nur unvollständig mit den Ergebnissen anderer Studien wie etwa [FhG ISI et al. 2004] abgleichen. Gründe hierfür sind u. a. eine unterschiedliche Abgrenzung der einzelnen Branchen oder die Einbeziehung von Kraftstoffen, welche möglicherweise dem Sektor Verkehr zuzuordnen sind.

Eine vergleichsweise sichere Grundlage ist dort gegeben, wo (mit hohem Aufwand) der Energieverbrauch bottom-up sehr detailliert aufgeschlüsselt und abgeglichen wurde (z. B. bei der Öffentlichen Hand). Hier ist allerdings dort zu berücksichtigen, dass häufig unterschiedliche Abgrenzungen gewählt werden

Grundsätzlich erscheinen die Unsicherheiten für die vorliegenden Zwecke der Potenzialabschätzung als akzeptabel. Allerdings sollte für eine spätere methodische Ausarbeitung für die Erfassung und Evaluierung von Energieeinsparmaßnahmen gerade für den Bereich GHD und auch die Öffentliche Hand eine stärkere Unterfütterung mit Primärdaten gewährleistet werden. Als erste Grundlage ist hierzu eine (idealerweise) an der Abgrenzung der Wirtschaftszweige orientierte Zuordnung der Institutionen und des zugehörigen Energieverbrauchs notwendig.

5.5 Maßnahmen im Überblick (GHD)

Zusammenfassung In Gebäuden des Sektors GHD (Nichtwohngebäude) beträgt der Verbrauch an Brennstoffen und Fernwärme für die Bereitstellung der Raumwärme 715 PJ. Neben der Gebäudehülle (Fenster, Oberste Geschossdecke, Kellerdecke und Außenwände) bietet die technische Gebäudeausrüstung (TGA), insbesondere die Erneuerung und die betriebliche Optimierung der Wärmeerzeugung sowie der -verteilung relevante Energiesparpotenziale. In vielen Büro- und Dienstleistungsgebäuden spielt dabei die Ausstattung mit RLT-Anlagen eine wichtige Rolle (17 PJ).

Ein weiterer relevanter Anwendungsbereich für Endenergie Sektor GHD ist die Beleuchtung. Hier beträgt der Endenergieverbrauch 163 PJ (45 TWh). Weitere relevante Anwendungsbereiche sind die im Handel verwendeten Kühl- und Tiefkühlgeräte sowie der Bereich der weiterhin zunehmenden Ausstattung mit IuK-Technik.

Der Bereich der Öffentlichen Hand verfügt im Gebäudebereich im wesentlichen über vergleichbare Energieverbrauchsstrukturen. Neben den bereits genannten Anwendungsbereichen bietet der Bereich der Straßenbeleuchtung und der Ampelanlagen Ansatzmöglichkeiten für Energiesparmaßnahmen.

Bezeichnung Maßnahme	Anwendung System	Energie- träger	IST-Verbrauch (2002)
GHD Gewerbe Handel Dienstleistungen (1)			1.370
Maßnahme			
Sanierung Gebäudehülle im Bestand	Gebäude	Brennstoffe	715
Kesseltausch im Bestand	Anlagen (TGA)	Brennstoffe	715
Optimierung des Heizungssystem	Anlagen (TGA)	Brennstoffe	715
Hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpen	Anlagen (TGA)	Brennstoffe	21
Opt. Klima- und RLT-Anlagen	Anlagen (TGA)	Strom	17
Allgemeinbeleuchtung	Beleuchtung	Strom	163
Steckerfertige Kühl- und Tiefkühlgeräte	Geräte	Strom	11
Reduktion Leerlaufverluste IuK-Endgeräte Büro	Geräte	Strom	25
Reduktion Betriebsverluste IuK-Endgeräte Büro	Geräte	Strom	25
ÖH Bauliche Sanierung	Gebäude	Brennstoffe	168
ÖH Opt./San. TGA	Anlagen (TGA)	Brennstoffe	168
ÖH Beschaffung	Geräte	Strom	54
ÖH Straßenbeleuchtung	Verkehrsbauten	Strom	12
ÖH LED-Ampelanlagen	Verkehrsbauten	Strom	2
Motivation & Information	Nutzer/Mitarbeiter	Brenn/Strom	1.370

Tabelle 5.8

Definition und Unterscheidung der Maßnahmefelder GHD
[Prognos 2007] ⁽¹⁰⁾

Energiesparmaßnahmen ergeben sich in folgenden Anwendungsbereichen:

- Gebäude (Neubau und Bestand)
- Anlagen
- Beleuchtung
- Geräte
- Verkehrsbauten (Straßenbeleuchtung /Ampelanlagen)
- Nutzer/Verbraucher.

5.5.1. Gebäude: Gebäudehülle

Annähernd 46 % des Endenergieverbrauchs und damit der größte Anteil im Sektor GHD entfällt auf die Bereitstellung von Raumwärme. Damit ist - ähnlich wie im Sektor PHH - der Gebäudebereich der entscheidende Bereich.

Sanierungsmaßnahmen im Bereich der Gebäudehülle umfassen die Bereiche:

- Wanddämmung
- Dämmung der obersten Geschossdecke oder Dachdämmung
- Dämmung der Kellerdecke
- Fenstererneuerung

Der Referenzwert für die energetische Qualität von Gebäuden verschiedener Typen und Baualterklassen wurde dem Prognos-Gebäudemodell entnommen. Dieses basiert auf einer Datenbank und differenziert den Wohnungsbestand und die zugehörigen Wohnflächen nach Gebäudetypen (EFH, ZFH, MFH, Wohnungen in Nichtwohngebäuden (NWG)) sowie nach Baualterklassen. Dabei werden den unterschiedlichen Gebäudeklassen zyklische Erneuerungs- und Instandsetzungsraten unterstellt, wobei nur ein bestimmter Anteil einer energetische Modernisierung unterzogen wird.

Der Zielwert für die energetische Qualität im Neubau richtet sich nach den gesetzlichen Bestimmungen, wobei Abschläge bei der praktischen Realisierung der Zielwerte gemacht werden. Der Zielwert für die energetische Qualität nach der Modernisierung im Bestand (*Sanierungseffizienz*) richtet sich nach den üblichen und durchschnittlich erreichten energetischen Qualitäten, differenziert nach den verschiedenen Baualterklassen.

Bei der Einführung der unten näher beschriebenen Maßnahmen werden verbesserte, dem Stand der Technik und am Markt verfügbare Techniken und Standards eingeführt, die eine Verbesserung gegenüber dem Referenzwert darstellen. Dabei werden weiterhin die vorgegebenen Instandsetzungs- und Sanierungszyklen beibehalten. Insbesondere wird unterstellt, dass eine verbesserter Zustand jeweils mit einer ohnehin anstehenden Sanierung eingeführt wird, da in den

meisten Fällen eine energetische Modernisierung nur im Zuge einer Instandsetzung erfolgt, bzw. außerhalb des Instandsetzungszyklus selten wirtschaftlich durchführbar ist.

Die technische Ausgestaltung der Sanierungsmaßnahmen hängt von der vorhandenen Bausubstanz und den gebäudetypischen Gegebenheiten ab. Folgende Maßnahmen wurden unterstellt:

- Im Bereich der Wanddämmung wurde für den Großteil der betrachteten Gebäudetypen eine Außenwanddämmung (12 cm) angenommen. Für Gebäude, bei denen eine Außendämmung, z.B. aus Denkmalschutzgründen, nicht möglich ist, wurde eine Innenwand- (6 cm) oder Kerndämmung (6 cm) unterstellt.
- Bei der Dachisolierung liegt die Stärke der unterstellten Dämmung, je nach Dachtyp, bei 8 bis 12 cm.
- Bei der Kellerdeckendämmung wird Dämmstoff in einer Dicke von 6 cm eingebracht.
- Die oberste Geschossdecke wird mit einem Wärmeschutz von 2x10 cm starken Dämmplatten versehen..
- Beim Einbau neuer Fenster wurde einheitlich eine Zweischeiben-Wärmeschutz-Verglasung (U-Wert = 1,1 W/(m² K)) unterstellt.

Annahme:

Die erwartete Häufigkeit der Sanierung der Gebäudehülle bleibt unverändert. Bei bisherigen Sanierungen wird das energetische Sanierungspotenzial nur ungenügend ausgenutzt. Die Maßnahme sieht eine Erhöhung der energetischen Sanierungseffizienz auf 100 % vor.

Wirtschaftlichkeit:

Die Maßnahmen im Bereich Wärmeschutz sind überwiegend sehr wirtschaftlich. Dabei wird davon ausgegangen, dass im Rahmen der üblichen Sanierungstätigkeiten ohnehin ein Erneuerungsbedarf besteht. Dementsprechend wurden für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nur die Mehrkosten für eine energetisch optimierte Sanierung angesetzt. Mit einer Lebensdauer der baulichen Maßnahmen von 25 Jahren ergeben sich bei einem Zinssatz von 4,2 %/a durchschnittlichen Vermeidungskosten von ca. 2,2 €/kWh.

[IWU 2003].

5.5.2. Gebäude: Anlagentechnik

Im Bereich der Anlagentechnik werden folgende Einzelmaßnahmen betrachtet:

- Austausch des Wärmeerzeugers,
- Optimierung des Heizungssystems einschließlich der Durchführung eines hydraulischen Abgleichs,
- Optimierung der RLT-Anlagen,
- *[Einsatz solarthermischer Warmwasseraufbereitung]*

Endenergieeinsparungen ergeben sich im Bereich der Heizungsanlagen durch verbesserte Wirkungsgrade, knappe Dimensionierung, bedarfsgerechte Regelung, idealerweise verbunden mit der Optimierung der Wärme- und Warmwasserverteilung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Vorteile moderner Anlagentechnik nur dann optimal genutzt werden können, wenn die Sekundärverteilung entsprechend angepasst wird (z. B. Einsatz der Brennwerttechnik in Verbindung mit einer Niedertemperaturverteilung). Beim Einsatz moderner Heizungspumpen sollte gleichzeitig ein hydraulischer Abgleich erfolgen, damit die Vorteile der neuen Anlagentechnik zum Tragen kommen.

Maßnahme: Austausch des Wärmeerzeugers

Es gibt eine große Anzahl veralteter Wärmeerzeuger im Bestand. Auf Basis der Verkaufszahlen der Kesselanlagen [*Ausgangsdaten verkaufte Kesselanlagen in 2005*] kann bei Wärmeerzeugern eine Austauschrate von ca. 3,3 % pro Jahr abgeschätzt werden, dies entspricht einer mittleren Nutzungsdauer von 30 Jahren.

Annahme:

Die hier modellierte Maßnahme sieht eine erhöhte Austauschrate von 4 % pro Jahr vor, was einer mittleren Nutzungsdauer von 25 Jahren entspricht. Gleichzeitig wird eine Erhöhung des Marktanteils von Brennwertkesseln von heute (2005) 65 % auf 75 % unterstellt. Damit erhöht sich insgesamt die Marktdurchdringung moderner Anlagen gegenüber der Fortschreibung bisheriger Marktdaten.

Wirtschaftlichkeit:

Gerade, wenn alte Kessel und Brenner mit in der Regel geringen Gesamtnutzungsgraden ausgetauscht werden, amortisiert sich die Maßnahme in der Regel innerhalb der (wirtschaftlichen) Lebensdauer des Wärmeerzeugers (15a) und liegt damit in der Wirtschaftlichkeit. Sensible Einflussgrößen, wie möglicherweise parallel notwendige Investitionen in die Sekundärverteilung (z. B. aufgrund der Korrosionsgefahr bei veralteten Systemen), können die Maßnahme auch unwirtschaftlich werden lassen.

[VdZ 2007, VDI 2076, Recknagel 2004]

Maßnahme: Optimierung des Heizungssystem einschließlich der Durchführung eines hydraulischen Abgleichs

Mit der Installation einer neuen Heizungspumpe sollte stets ein hydraulischer Abgleich des Heizungssystems erfolgen. Dabei wird sicher gestellt, dass die Wärme sich gleichmäßig auf alle Heizkörper bzw. Heizflächen verteilt und Strömungsverluste werden minimiert. Der hydraulische Abgleich ist Voraussetzung für die optimale Dimensionierung und den energiesparenden Betrieb einer energiesparenden Umwälzpumpe.

Ferner sollte dieses Maßnahmenpaket idealerweise beim Einbau eines neuen Wärmeerzeugers erfolgen. Damit die Vorteile innovativer Wärmeerzeugungsanlagen und effizienter Umwälzpumpen zum Tra-

gen kommen, sind diese auf eine knappe Dimensionierung und eine optimale Einregulierung des Sekundärsystems angewiesen.

Annahme: Die hier modellierte Maßnahme unterstellt die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs in *jeder* Heizungsanlage während des Betrachtungszeitraums. Es werden Heizenergieeinsparungen von 5 bis 15 kWh/m² erwartet. Dabei ist die Einsparung bei Gebäuden, die jünger als 25 Jahre sind und mit NT-Heizungssystemen ausgestattet sind, größer als bei älteren Gebäuden.

Wirtschaftlichkeit Die Maßnahme ist wirtschaftlich.

[FfM/Mainova 2005, Optimus 2005].

RLT-Optimierung

Im Bereich gewerblich und öffentlich genutzter Gebäude existieren (zentrale) raumluftechnische 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.

Folgende Maßnahmen bieten sich an:

- Reduktion bzw. Regelung des Volumenstroms (Luftwechsellzahl) durch Einbau einer Drehzahlregelung (Frequenzumrichter),
- bedarfsabhängige Regelung, im einfachsten Fall Zeitabschaltung,
- Vorgabe eines größeren Toleranzbereichs bei Temperatur- und Feuchtigkeitssollwerten (Behaglichkeitsfeld nach [DIN 1946])
- Erhöhung der Filterdimensionierung zur Reduktion der Druckabfalls,
- Einbau einer Wärmerückgewinnung (sofern nicht vorhanden).

Diese Maßnahmen sollten immer im Rahmen geltender hygienischer Anforderungen [DIN 1946/2, VDI 6022] erfolgen, wobei eine derzeit erfolgende Überarbeitung des Normenwerks dahin geht, die Toleranzbereiche auszuweiten.

Annahme: Die RLT-Anlagen sind nicht in der Gebäude- bzw. Anlagendatenbank abgebildet. Die Schätzungen des Energieverbrauchs und des Energiesparpotenzials basieren auf Erfahrungswerten und aus überschlägigen Berechnungen bzw. Literaturquellen.

Wirtschaftlichkeit: Niedrig-investive und rein regelungstechnische Maßnahmen wie Zeitabschaltung, Reduktion des Volumenstroms, Erhöhung des Toleranzbereichs sind wirtschaftlich, während sich einschneidende Eingriffe wie z. B. in die Luftkanalführung für den Einbau einer Wärmerückgewinnung in der Regel nicht wirtschaftlich darstellen lassen.

[DKV 2000, Recknagel 2002, Duschl 2002]

Maßnahme: Solarthermische Warmwasserbereitung

Die Maßnahme wird im Sektor PHH im Detail beschrieben (und potenziellseitig abgeschätzt) und bietet sich insbesondere in Bereichen mit hohem und über das Jahr (relativ) gleichmäßig verteiltem Warmwasserbedarf an:

- Hotelgewerbe,
- Gesundheitswesen,
- Seniorenwohnheime und Pflegeeinrichtungen,
- Schwimmbäder und Wellness-Einrichtungen,
- Sport- und Freizeitanlagen.

Für die solarthermische Warmwasserbereitung ist eine geeignete Dachfläche und eine zentrale Verteilung erforderlich (bei den genannten Einrichtungen in der Regel vorhanden). In Büro-, Verwaltungs- und Schuleinrichtungen ist der Warmwasserbedarf gering, so dass sich bei einer umfangreichen Sanierung der Einsatz von NT-Solarthermie nicht lohnt. Bei den letzt genannten sollte eher eine Dezentralisierung der WW-Bereitung erfolgen, um Zirkulationsverluste in den Strängen zu vermeiden.

5.5.3. Allgemeinbeleuchtung

Im Gegensatz zum Bereich privater Haushalte werden in vielen Bereichen der Allgemeinbeleuchtung im tertiären Sektor bereits heute Systeme mit (relativ) energiesparenden Leuchtstoffröhren verwendet. Es 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.

Annahmen: Für die Maßnahme wurde keine eigene Modellierung durchgeführt. In enger Anlehnung an die Ergebnisse aus dem Bericht der Enquete-kommission wird ein technisches Potenzial von ca. 50 PJ unterstellt.

Wirtschaftlichkeit: Die Maßnahme ist wirtschaftlich darstellbar, sofern der Eingriff im Rahmen üblicher Instandsetzungszyklen erfolgt. Die Maßnahme ist in der Regel nicht wirtschaftlich darstellbar, sofern ein Neuaufbau der Elektroverteilung (incl. Unterputzarbeiten) erforderlich ist.

[HE 2003, HE 2004, Enquete 2002, ZVEI 2007]

5.5.4. Steckerfertige Kühl- und Tiefkühlgeräte

Je nach Ausstattung eines Lebensmittelgeschäftes werden pro Jahr und Quadratmeter Verkaufsfläche zwischen 80 und 350 kWh Strom für die Kühlmöbel benötigt. Davon entfallen bis zu 80 % auf die eigentliche Erzeugung der Kälte, der Rest auf die technischen Einrichtungen der Kühlmöbel (Beleuchtung, Ventilatoren, Abtauung und Rahmenheizung). Die Kühlmöbel „verlieren Kälte“ durch verschiedene Faktoren wie z. B. durch warme Umgebungsluft oder die Beladung mit zu warmen Waren. Diese zugeführte Wärme muss genauso wie die Abwärme der technischen Einrichtungen (Beleuchtung, Ventilatoren, Abtauung und Rahmenheizung) über den Kühlkreislauf abgeführt werden.

Energieverluste können vermieden werden durch die Optimierung des Kältesystems, die Schließung bzw. Teilschließung der Kühlmöbel, eine Nachtdeckung für alle Geräte sowie eine effiziente Gerätebeleuchtung.

Annahme: Optimierte Geräte haben gegenüber den Bestandsgeräten im Durchschnitt einen um 30 % geringeren Stromverbrauch. Im Betrachtungszeitraum werden 90 % der Bestandsgeräte ausgetauscht.

Wirtschaftlichkeit: Bei einer ohnehin anstehenden Neuanschaffung sind Differenzkosten für energiesparende Geräte wirtschaftlich darstellbar.

[BayLfU 2006, DKV 2000, ProCool]

5.5.5. Öffentliche Hand: Straßenbeleuchtung

Eine Verringerung des Strombedarfs der Straßenbeleuchtung lässt sich erreichen durch Optimierung des eingesetzten Lampentyps, Leuchtkörpers, der Vorschaltgeräte sowie durch bedarfsangepasste Schaltungen, wie die Anpassung der Leuchtdichte an die Verkehrsdichte (z. B. Halbierung der Beleuchtungsstärke bei Halbnachtschaltung).

Ersatzmöglichkeit besteht bei veralteten Leuchten auf Quecksilber-Dampf-Basis (HQL) durch Natriumhochdrucklampen mit höherer Lichtausbeute (NaH). Moderne Systeme verbinden sich darüber hinaus mit verbesserten Eigenschaften wie einer verbessert Anlaufzeit und (Wieder-)Zündfähigkeit, längerer Lebensdauer und damit geringeren Wartungskosten.

Annahme: Alle Anlagen ohne bedarfsangepasste Steuerung werden mit einem Steuergerät ausgerüstet. Es erfolgt der Ersatz von 50 % der Quecksilberdampflampen durch Natriumdampflampen.

Wirtschaftlichkeit: Die Modernisierung der Leuchtsysteme ist insbesondere dann wirtschaftlich, wenn zusätzlich vermiedene Instandhaltungsaufwendungen eingerechnet werden. Die Maßnahmen ist in der Regel *nicht* wirtschaftlich, wenn umfangreiche Modernisierungsmaßnahmen des ge-

samten Leuchtsystems *allein* aus den Energiekosteneinsparungen dargestellt werden sollen. Dies gilt insbesondere, da viele Städte über günstige Vorversorgungsstarife für die Stadtbeleuchtung verfügen.

[HE 2004, SAFE 2006, ZVEI 2007, Enquete 2002]

5.5.6. Öffentliche Hand: LED-Ampelanlagen

Die herkömmliche Technik auf Basis von Glühlampen (230V-Signalgeber) verursacht einen hohen Wartungsaufwand (regelmäßiger Leuchtmittelaustausch) und einen hohen Stromverbrauch mit entsprechenden Energiekosten durch die vergleichsweise große Leistungsaufnahme (40 - 100 Watt). Da Leuchtdioden eine Lebensdauer von 8 bis 10 Jahren aufweisen, sind die Wartungs- und Instandhaltungskosten nach einer Sanierung vernachlässigbar gering. Die Leistungsaufnahme der LED-Technik (12V-Signalgeber) liegt bei 16 Watt, die neueste LED-Generation (42V-Signalgeber) lässt sich sogar mit 8 Watt betreiben. Die Umstellung auf LED-Technik ermöglicht damit eine Reduktion des Stromverbrauchs um mindestens 40 %, häufig mehr als 70%.

Annahme: Alle mit 230V Lampen betriebenen Ampelanlagen werden auf LED Technik umgerüstet.

Wirtschaftlichkeit: Die Umstellung auf LED Technik erfordert (gemessen an den Stromkosten) vergleichsweise hohe Investitionen. *Allein* aus der Stromeinsparung lässt sich die Maßnahme bei Ansatz eines (kommunalkreditüblichen) Zinssatzes nicht (ganz) innerhalb der Lebensdauer der LED Lampen (ca. 8-10a) rechnen, insbesondere angesichts der häufig sehr günstigen Stadtstromtarife.

Allerdings sind neben eingesparten Stromkosten erhebliche Reduktion des Wartungsaufwandes anrechenbar, die die Gesamtmaßnahme deutlich wirtschaftlich machen.

[IB SH 2004, SAFE 2006, ZVEI 2007, Enquete 2002]

5.5.7. Maßnahme: Information, Feedback & Motivation Nutzern und Mitarbeitern

Neben den genannten investiven und betrieblichen Maßnahmen zur Reduzierung des Endenergieverbrauchs bestehen im tertiären und öffentlichen Sektor umfangreiche Möglichkeiten zur Beeinflussung von Verhalten und Entscheidungen der Gebäudenutzer und Mitarbeiter.

Die Einflussmöglichkeiten bestehen auf mehreren Ebenen und reichen von der grundlegenden Beeinflussung der Werteorientierung (z. B. bei der Umweltorientierung, beim nachhaltigen Umgang mit natürlichen Ressourcen) über konkrete Hinweise und Tipps bei der Kaufentscheidung, der Nutzung technischer und kaufmännischer In-

formationssysteme (Smart Metering, Internet, Anreiz- und Budgetierungssysteme), welche dem Verbraucher eine Rückmeldung zu seinem Verbrauchsverhalten geben.

Information und Motivation sind häufig entscheidend bei der Erschließung von Energiesparpotenzialen. Aus folgenden Gründen werden im Rahmen der vorliegenden Studie jedoch keine weiteren Annahmen und Abschätzungen dazu vorgenommen.

- **Interdependenz:** Information und Motivation verknüpfen sich meist mit konkreten technischen oder betrieblichen Maßnahmen (z. B. im Bereich der Beleuchtung oder Haushaltegeräte), sodass sich die Potenziale mit den hier identifizierten Potenzialen bereits stark überschneiden.
- **Abhängigkeit vom Handlungsfeld:** Information und Motivation sind sehr gezielt mit ausgewählten Handlungsfeldern verknüpft und sollten bedarfsgerecht auf das jeweilige Handlungsfeld ausgerichtet werden. Erst auf Ebene des Handlungsfeldes (*"Energiesparen in Schulen"*, *"Einführung der Budgetierung in Universitäten"*, *"Anreizsysteme für technisches Personal in Krankenhäusern"* etc.) kann eine Abschätzung über die zusätzlichen, über die bereits identifizierten technischen Potenziale hinaus gemacht werden.
- **Methodik:** Angaben zu Energieeinsparung aufgrund der Beeinflussung von Verbraucherverhalten divergieren stark, insbesondere, wenn Information und Motivation auf einer sehr grundlegenden Ebene erfolgen.

5.6 Potenziale für Energieeinsparung und Energieeffizienz (Überblick GHD)

5.6.1. Technisches Potenzial

Zusammenfassung *Insgesamt beträgt das bis 2016 technisch erschließbare Potenzial im Sektor GHD 181 PJ. Das sind 13 % des Energieverbrauchs, wobei ca. 11 % (107 PJ) im Wärmebereich und mehr als ein Sechstel (74 PJ) im Strombereich einzusparen sind. Die Potenziale ergeben sich nicht nur durch den Ersatz alter Anlagen und durch energieeffizientere Neuinvestitionen. Auch die betriebliche Optimierung bestehender Anlagen kann erheblich zur Energieeinsparung beitragen.*

Bei der öffentlichen Hand bestehen neben den genannten Potenzialen bei Gebäuden, Anlagen und Geräten Energiesparmöglichkeiten bei der Straßenbeleuchtung und bei Ampelanlagen von tlw. über 70%. Insgesamt beträgt das Energiesparpotenzial dort 49 PJ (22 %).

Darüber hinaus bestehen viele Ansatzpunkte zur Information und Motivation von Gebäudenutzern und Mitarbeitern im gewerblichen Bereich. Diese Potenziale überschneiden sich tlw. mit den genannten technischen Maßnahmen und werden daher nicht näher quantifiziert.

Nr.	Bezeichnung Maßnahme	Anwendung System	Istver- brauch (2002)	Techn. Potenzial (2008 -2016)	Techn. Potenzial (2008-2016)
	GHD Gewerbe Handel Dienstleistungen (1)		1.370	181	13,2%
	GHD Brennstoffe		948	107	11,3%
	GHD Strom		422	74	17,5%
	GHD ÖH		222	49	22,0%
	Maßnahme				
1	Sanierung Gebäudehülle im Bestand	Gebäude	715	56,0	8%
2	Kesseltausch im Bestand	Anlagen (TGA)	715	35,0	5%
3	Optimierung des Heizungssystem	Anlagen (TGA)	715	15,0	2%
4	Hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpen	Anlagen (TGA)	21	1,2	6%
5	Opt. Klima- und RLT-Anlagen	Anlagen (TGA)	17	10,0	59%
6	Allgemeinbeleuchtung	Beleuchtung	163	50,0	31%
7	Steckerfertige Kühl- und Tiefkühlgeräte	Geräte	11	3,0	27%
8	Reduktion Leerlaufverluste luK-Endgeräte Büro	Geräte	25	2,3	9%
9	Reduktion Betriebsverluste luK-Endgeräte Büro	Geräte	25	1,7	7%
10	ÖH Bauliche Sanierung	Gebäude	168	13,1	8%
11	ÖH Opt./San. TGA	Anlagen (TGA)	168	13,6	8%
12	ÖH Beschaffung	Geräte	54	15,5	29%
13	ÖH Straßenbeleuchtung	Verkehrsbauten	12	5,8	48%
14	ÖH LED-Ampelanlagen	Verkehrsbauten	1,8	1,3	72%
15	Motivation & Information	Nutzer/Mitarbeiter	1370	k. A.	k. A.

Tabelle 5.9

Technisches Potenzial im Sektor GHD und in der Öffentlichen Hand [eigene Berechnungen]

Gebäude

Im Gebäudebestand beträgt das technische Energieeinsparpotenzial aufgrund der Modernisierung der Gebäudehülle bei 56 PJ. Aufgrund des kurzen Betrachtungszeitraums (2008-2016) und der vergleichsweise geringen Neubau- (ca. 1 %) und Sanierungsraten (ca. 2,3 %) wirken sich die Maßnahmen zur Erhöhung des Wärmeschutz an Gebäuden in dieser Betrachtung relativ gering aus. In einer mittel- bis langfristigen Betrachtung entfalten diese Maßnahmen ein höheres Potenzial.

Anlagen (TGA)

In der technischen Gebäudeausrüstung liegen die Reinvestitions- und Instandsetzungsraten deutlich über jenen von Gebäuden bzw. von der Gebäudehülle. Dadurch entfalten die Maßnahmen bei einem kurz- bis mittelfristigen Betrachtungszeitraum eine größere Wirkung. 35 PJ beträgt das Potenzial aufgrund der *Investition* in neue Kesselanlagen.

Das technische Potenzial, welches vorrangig durch eine *betriebliche Optimierung* der Anlagentechnik zu erschließen ist, erreicht mit 25 PJ ebenfalls eine signifikante Größenordnung. Dies umfasst im wesentlichen die Einsparung von Brennstoffen bzw. Fernwärme aufgrund des hydraulischen Abgleichs und der bedarfsgerechten Regelung des Sekundärsystems. Ferner sind stromseitig mehr als 1,2 PJ durch den Ersatz energiesparender Umwälzpumpen erschließbar.

Beleuchtung

Mit moderner Beleuchtungstechnik sind 31 % des im gewerblichen Bereich für Licht benötigten Stroms einzusparen, dies entspricht einem Potenzial von 50 PJ (14 TWh). Mittel- bis langfristig sind weitere Potenziale erschließbar, sofern energieeffiziente Leuchtmittel ihr Spektrum an Anwendungsmöglichkeiten noch erweitern (z. B. durch den Einsatz von weißen LED)..

Geräte

Das technische Potenzial bei Geräten im gewerblichen Bereich beträgt 7 PJ. davon 3 PJ durch den Einsatz steckerfertiger Kühl- und Tiefkühlgeräte. Im Bereich der IuK -Technik den weitaus größten Anteil aus. Im Bereich der IuK-Technik sind 4 PJ einzusparen, wenn neben den Leerlaufverlusten auch die Betriebsverluste reduziert werden (im wesentlichen durch energiesparende Prozessoren bei Desktop-Computern).

Öffentliche Hand

Das technische Potenzial im Bereich der öffentlichen Hand beträgt insgesamt annähernd 50 PJ, das sind 22 % des Endenergieverbrauchs in diesem Segment. Dabei wurden für die Potenziale aufgrund optimierter Gebäude- und Anlagentechnik die selben relativen

Einsparungen wie im gesamten Sektor GHD unterstellt. Die Potenziale der optimierten Beschaffung ergeben sich aus den addierten, relativen Einsparbeträgen für eine optimierte Allgemeinbeleuchtung sowie der Reduktion von Leerlauf- und Betriebsverlusten von LuK Geräten. Darüber hinaus können durch eine Modernisierung der Straßenbeleuchtung sowie der Umstellung der Ampelanlagen mehr als 7 PJ (ca. 2 TWh) eingespart werden, dies sind mehr als 50 % des derzeitigen Strombedarfs.

5.6.2. Wirtschaftliches Potenzial

Zusammenfassung Insgesamt beträgt das bis 2016 wirtschaftlich erschließbare Potenzial im Sektor GHD 147 PJ. Das sind mehr als 10 % des gesamten Energieverbrauchs, wobei 9,4 % (89 PJ) im Wärmebereich und 13,5 % (58 PJ) im Strombereich einzusparen sind. Im Bereich der Öffentlichen Einrichtungen sind 39 PJ wirtschaftlich einzusparen, dies entspricht 17,5 % des Energieverbrauchs.

Damit sind vier Fünftel (81 %) des identifizierten Technischen Potenzials wirtschaftlich erschließbar. Dieser Befund gilt nicht nur angesichts des aktuellen Marktpreisniveaus für die durchschnittlich vermiedenen Kosten der Energiebeschaffung, sondern auch für Marktpreisniveaus vor 5 oder 10 Jahren. Neben der Systemträgheit aufgrund langer Reinvestitions- und Instandsetzungszyklen insbesondere im Gebäude- und Anlagenbereich ist damit ein Marktversagen festzustellen, welches auf die in den einzelnen Handlungsfeldern existierenden Hemmnisstrukturen zurückzuführen ist.

Die Energiepreise erweisen sich damit zwar als wichtiger, aber nicht allein entscheidender Faktor für die Realisierung von Energiesparpotenzialen.

Nr.	Bezeichnung Maßnahme	Anwendung System	Istver- brauch (2002)	Wirtsch. Potenzial (2002-2016)	Wirtsch. Potenzial (2002-2016)
	GHD		1.370	146	10,7%
	Maßnahme				
1	Sanierung Gebäudehülle im Bestand	Gebäude	715	47,0	7%
2	Kesseltausch im Bestand	Anlagen (TGA)	715	35	5%
3	Optimierung des Heizungssystem	Anlagen (TGA)	715	7	1%
4	Hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpen	Anlagen (TGA)	21	0	1%
5	Opt. Klima- und RLT-Anlagen	Anlagen (TGA)	17	8	47%
6	Allgemeinbeleuchtung	Beleuchtung	163	38	23%
7	Steckerfertige Kühl- und Tiefkühlgeräte	Geräte	11	3	27%
8	Reduktion Leerlaufverluste IuK-Endgeräte Büro	Geräte	25	2	9%
9	Reduktion Betriebsverluste IuK-Endgeräte Büro	Geräte	25	0,4	2%
10	ÖH Bauliche Sanierung	Gebäude	168	11	7%
11	ÖH Opt./San. TGA	Anlagen (TGA)	168	11	7%
12	ÖH Beschaffung	Geräte	54	11	21%
13	ÖH Straßenbeleuchtung	Verkehrsbauten	12	4	33%
14	ÖH LED-Ampelanlagen	Verkehrsbauten	2	1	72%
15	Motivation & Information	Nutzer/Mitarbeiter	1370	k. A.	k. A.

Tabelle 5.10

Wirtschaftliches Potenzial im Sektor GHD [Berechnungen: Prognos]
[Pos. 10-12: kursive Zahlen sind bereits in Positionen 1-9 enthalten]

Wirtschaftlichkeitsbegriff

Als wirtschaftliches Potenzial im Sinne der vorliegenden Studie wird diejenige einzusparende Energiemenge (absolut in Verbrauchseinheiten, relativ in Prozentangaben) bezeichnet, welche gegenüber dem Technischen Potenzial, wirtschaftlich darstellbar ist, d.h. zu einer de-

finierten Lebensdauer der Maßnahme und einem definierten Zinssatz spezifisch geringere Kosten pro eingesparte Verbrauchseinheit hat als der vom jeweiligen Verbraucher zu entrichtende, marktübliche Preis pro Verbrauchseinheit.

Energiepreise im Sektor

Die Endverbraucherpreise im Sektor GHD beinhalten energiewirtschaftliche Erzeugerkosten incl. Aufschläge für Vertrieb und Marge, Netzentgelte sowie staatliche Bestandteile mit Umlagen, Abgaben und Steuern. Die Preise für Strom sind stark abhängig von der Abnahmemenge und dem Lastprofil.

Folgende Verbraucherpreise für Strom werden von EUROSTAT [Eurostat 2006] für 2006 genannt [Ergänzungen durch Prognos]:

Verbrauchsklasse	Jahresverbrauch [MWh]	Strompreis [€/MWh]
Eurostat Ia	30	157,61
Eurostat Ib	50	145,78
Eurostat Ic	160	117,90
Eurostat Id	1.250	94,15
Eurostat Ie	2.000	80,41
Eurostat If	10.000	76,48
Eurostat Ig	24.000	68,48
Eurostat Ih	50.000	68,20
Eurostat Ii	70.000	61,95
Ergänzung a	200.000	57,00
Ergänzung b	1.000.000	48,00

Tabelle 5.11 Preise für Strom im Sektor GHD [Eurostat 2006]

Für Wärme (Brennstoffe und Fernwärme) gelten vergleichbare Verbraucherpreise wie in Tabelle 4.8 abzgl. pauschaler Abschläge für Großverbraucher.

Vermiedene Kosten der Energieeinsparung

Der Ansatz vermiedener Energiekosten ist abhängig vom Abnehmer, Energieträger, seiner Preisstruktur und Umfang und Art der Maßnahme. Die in Tabelle 5.12 gemachten Ansätze sind auf der Preisbasis des Jahres 2006 pauschaliert worden und liegen insbesondere bei den vermiedenen Wärmepreisen *in der Nähe* der variablen Kosten für Wärme.

Für Großverbraucher wurde ein pauschaler Abschlag kalkuliert. In der Regel kommen auch die Einrichtungen der Öffentlichen Hand in den Genuss günstiger Sammelstarife (Stadtverträge), allerdings ist hier die Nicht-Vorsteuerabzugsfähigkeit zu berücksichtigen.

Durchschnittlich vermiedene Kosten der Energiebeschaffung (GHD)		2006
Strom (GHD Gewerbe klein)	€/MWh	150,00 netto
Strom (GHD Handel)	€/MWh	140,00 netto
Strom (GHD Gewerbe groß)	€/MWh	120,00 netto
Wärme (GHD Gewerbe klein)	€/MWh	60,00 netto
Wärme (GHD Gewerbe groß)	€/MWh	50,00 netto
Strom (ÖH, Gebäude)	€/MWh	160,00 brutto
Strom (ÖH, Straße)	€/MWh	110,00 brutto
Wärme (ÖH, Gebäude)	€/MWh	65,00 brutto

Tabelle 5.12

Durchschnittlich vermiedene Kosten der Energiebeschaffung im Sektor GHD+ [Prognos]

Kosten der Energieeinsparung

Abbildung 5.5 stellt die (typologischen) Differenzkosten der Energieeinsparung den durchschnittlich vermiedenen Beschaffungskosten der Energiebeschaffung über den wirtschaftlich erschließbaren Potenzialen dar.

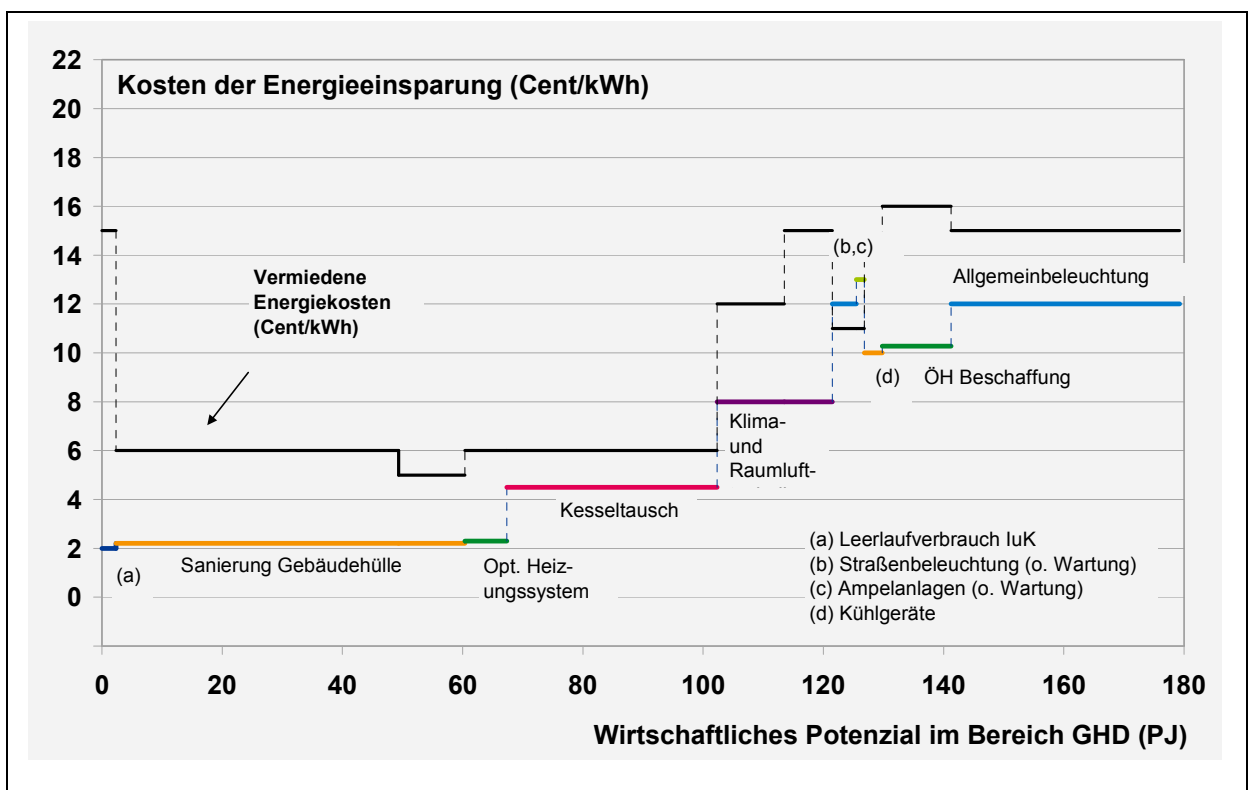


Abbildung 5.5

Wirtschaftlich erschließbare Potenziale mit (typologischen) Differenzkosten der Energieeinsparung gegenüber vermiedenen Kosten der Energiebeschaffung

Die typologischen Differenzkosten der Energieeinsparung werden in der Regel als Differenzkosten gegenüber einer definierten Standardmaßnahme (vgl. hierzu Kapitel 4.3) kalkuliert, wobei die Differenzkosten für Investition (oder Anschaffung) annuitätisch abgeschrieben

werden über die (wirtschaftliche) Lebensdauer des Produktes bei einem unterstellten Zinssatz von 4,5 %⁽¹¹⁾. Die so erhaltenen jährlichen Differenzkosten werden den jährlich zusätzlich eingesparten Verbrauchseinheiten gegenübergestellt. Das Ergebnis sind durchschnittliche Kosten für die eingesparte Energieeinheit, die den durchschnittlich vermiedenen Kosten der Energiebeschaffung gegenübergestellt werden kann. Auf diese Weise erhält man die in Abbildung 5.5 dargestellte Kurven. Der Abstand veranschaulicht ein Maß für die Wirtschaftlichkeit.

Es zeigt sich, dass die stromseitigen Maßnahmen zur Reduktion des Leerlaufverbrauchs hoch wirtschaftlich einzustufen sind. Im Wärmebereich rechnen sich die Maßnahmen für den (zusätzlichen) Wärmeschutz gut und die Optimierung des Heizsystems gut, die Maßnahmen zum Kesseltausch rechnen sich gerade innerhalb der Lebensdauer. Ein Großteil der Maßnahmen zur Optimierung der RLT-Anlagen rechnet sich sehr gut, während Eingriffe in die Verteilung [Veränderungen in der Kanalverteilung] meist nicht mehr darstellbar sind. Wie bereits bei der Maßnahmenbeschreibung selbst ausgeführt, rechnen sich die Modernisierung der Straßenbeleuchtung und der Ampelanlagen meist allein aus der Energiekosteneinsparung, sondern dann, wenn vermiedene Wartungsaufwendungen kalkuliert werden. Deshalb liegen hier die Linien der vermiedenen Energiekosten *unter* der Linie der Differenzkosten. Energiesparende Maßnahmen bei der Allgemeinbeleuchtung liegen im Sektor GHD deutlich über den Differenzkosten der Privaten Haushalte, da bereits überwiegend relativ lichteffiziente Leuchtstoffröhren verwendet werden.

Einfluss der Energiepreise (Sensitivität)

Wie dargestellt werden kann, rechnet sich der ganz überwiegende (linke) Teil der ermittelten wirtschaftlichen Potenziale bereits zu heutigem Marktpreisniveau deutlich positiv, zum (rechten) Ende der Vermeidungskostenkurve der wirtschaftlichen Potenziale stellt sich die Wirtschaftlichkeit zunehmend schwieriger dar. Es ist deutlich erkennbar, dass das Marktpreisniveau einen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit im engeren Sinne hat: bei steigenden Preisen übersteigen die Kurven der durchschnittlich vermiedenen Beschaffungskosten die Kurve der Differenzkosten der Energieeinsparung.

Viel entscheidender stellt sich jedoch angesichts dieses Befunds die Frage, warum die Potenziale, die *bereits heute* sehr deutlich wirtschaftlich erschließbar sind (und dies zum großen Teil auch zum Marktpreisniveau vor fünf Jahren bereits waren) in einem rational funktionierenden Markt nicht schon längst erschlossen wurden. Dies liegt nur zum Teil an den Systemträgheiten aufgrund langer Rein-

11

Dieser Zinssatz entspricht dem derzeitigen Marktzins für Fremdkapital (für Bauinvestitionen bzw. Energiesparinvestitionen). Sofern Unternehmen aufgrund mangelnder Bonität Kapital nicht zu diesem Zinssatz beschaffen können, oder sofern Unternehmen bei Eigenkapitaleinsatz höhere Zinserwartungen haben, so werden diese Sachverhalte im Rahmen der Studie unter dem Hemmnis "Finanzierung" abgehandelt.

vestitions- und Instandsetzungszyklen, wie z. B. im Gebäudebereich. Vielmehr ist ein *Marktversagen* zu konstatieren, welches seine Ursachen in den unten dargestellten Hemmnissen hat.

5.6.3. Hemmnisse

Zusammenfassung

Im Sektor GHD sind Hemmnisse über das gesamte Spektrum der identifizierten Maßnahmen anzutreffen. Die Hemmnisstruktur ist mit dem Sektor der Privaten Haushalte vergleichbar. Teilweise sind die Zuständigkeiten für die energetische Bewirtschaftung von Gebäuden sogar noch weiter differenziert, sofern zusätzliche (kaufmännische oder technische) Verwaltungseinheiten für die Gebäudebewirtschaftung zuständig sind.

Im Alltag der öffentlichen Verwaltungen und der privaten Betriebe werden zusätzliche administrative Anforderungen wie die Erfassung des Energieverbrauchs oder die Beschaffung energiesparender Geräte zugunsten eingespielter Abläufe und Prozesse neben dem Kerngeschäft häufig vernachlässigt. Hier spielt bei vielen Betrieben der relativ geringe Anteil der Energiekosten an den Gesamtkosten eine Rolle.

Nr.	Bezeichnung Maßnahme	Information	Recht.	Finanzierung	Organ. (Verantw.)	Organ. (Akteurs.)
	GHD	2,6	1,7	3,0	2,6	2,7
	Maßnahme					
1	Sanierung Gebäudehülle im Bestand	2	2	4	4	2
2	Kesseltausch im Bestand	2	1	3	3	2
3	Optimierung des Heizungssystem	3	1	3	2	4
4	Hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpen	3	1	3	2	4
5	Opt. Klima- und RLT-Anlagen	3	3	3	3	4
6	Allgemeinbeleuchtung	2	2	3	3	2
7	Steckerfertige Kühl- und Tiefkühlgeräte	3	2	1	1	3
8	Reduktion Leerlaufverluste luK-Endgeräte Büro	3	2	1	1	3
9	Reduktion Betriebsverluste luK-Endgeräte Büro	3	2	1	1	3
10	ÖH Bauliche Sanierung	2	2	4	4	2
11	ÖH Opt./San. TGA	3	1	3	2	4
12	ÖH Beschaffung	2	2	3	3	2
13	ÖH Straßenbeleuchtung	3	2	4	3	2
14	ÖH LED-Ampelanlagen	3	1	4	3	2
15	Motivation & Information	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

Tabelle 5.13

Bewertung der Hemmnisse bei den einzelnen Energiesparmaßnahmen im Sektor Private Haushalte [prognos]

Maßnahmen zur Energieeinsparung stehen unterschiedliche Hemmnisse gegenüber, die dazu führen, dass Potenziale, die eigentlich wirtschaftlich sind, dennoch nicht erschlossen werden. In Kapitel 3.6 wurden die Hemmnisse in fünf unterschiedliche Gruppen eingeteilt.

Im Anhang werden die Hemmnisse zu den einzelnen Maßnahmen im Sektor Private Haushalte detailliert beschrieben. In der folgenden Tabelle wurde eine einfache Bewertung der Hemmnisse durchgeführt und Mittelwerte gebildet. Die Mittelwerte wurden nicht gewichtet (z. B. mit dem Verbrauch oder dem wirtschaftlich erschließbaren Potenzial) und sind daher rein informatorisch zu verstehen.

Im Bereich der Privaten Haushalte hat man es im wesentlichen mit folgenden Hemmnisstrukturen zu tun:

Information

Informatorische Hemmnisse gibt es im Sektor Private Haushalte beim Kauf, Einsatz und auch der Kennzeichnung energiesparender Geräte. Hemmnis kann dabei sein:

- Maßnahme ist dem Verbraucher nicht bekannt (z. B. *energiesparende Umwälzpumpe, IRC Halogenlampen*),
- Maßnahme ist grundsätzlich bekannt, Motivation zur Umsetzung ist gering bzw. steht anderen Wertorientierungen nach (*Energieeffizienz tritt als Kaufkriterium hinter Preis und Ausstattung zurück*)
- Maßnahme ist dem Verbraucher grundsätzlich bekannt, aber im entscheidenden Moment fehlt eine Entscheidungsgrundlage (*konkrete Angabe der jährlich eingesparten Kosten bei energiesparenden Haushaltsgroßgeräten*),
- Maßnahme ist grundsätzlich bekannt, Umsetzung erfordert jedoch spezielle Qualifikation bei Ausführenden (z. B. *"hydraulischer Abgleich", "Passivhaus-Standard"*), Ausführende raten daher zu weniger energieeffizienten Alternativen.

Es ist dabei zu beachten, dass Informationsdefizite bereits vielfach adressiert werden, z. B. bei der zunehmenden Verbrauchskennzeichnung von energiesparenden Geräten oder der Umsetzung der Eco-design-Richtlinie. Allerdings ist die Erarbeitung einer aussagekräftigen und rechtsicheren Verbrauchskennzeichnung selbst ein komplexer und anspruchsvoller Prozess, der mit allen gesellschaftlichen Akteuren abgestimmt wird und sich auf abgestimmte Verfahren und Meßmethoden abstützen muss. Im Vorfeld sind geeignete Normen zu Messverfahren und Ermittlung des gerätespezifischen Energieverbrauchs zu erarbeiten.

Recht

Harte, rechtliche Hemmnisse im Sektor der Private Haushalte sind eher geringfügig ausgeprägt. Im Bereich der wärmetechnischen Sanierung im vermieteten Bestand ist das rechtliche Umfeld allerdings sehr komplex und erschwert die Transaktion für Akteure mit wenig Erfahrung, z. B. im vermieteten Streubesitz, oder bei der Realisierung von Contracting-Lösungen.

- *komplexes Rechtsumfeld:*
mehrere Bestimmungen regeln ein und denselben Gegenstand:

Energiesparende Sanierung erfolgt in einem komplexen Umfeld von Baurecht, Mietrecht, Förderrecht und Steuerrecht.

- *hemmende Rechtsnormen:*
mietrechtliche Auflagen bei Umlagefähigkeit und Zustimmungsverfahren bei Contracting-Verträgen.

Finanzierung

Im Sektor Private Haushalte limitieren den Finanzierungsspielraum vor allem Bonitäts- und Liquiditätsprobleme von privaten wie institutionellen Investoren. Diese führen häufig dazu, dass zusätzliche Investitionen für die Energiesparinvestitionen eingespart werden.

Beim unten beschriebenen Mieter-/Vermieterdilemma sieht das Mietrecht zwar (begrenzte) Umlagespielräume für eine energetische Modernisierung vor, diese sind aber nur bei hohem Mietpreisniveau voll auszuschöpfen. Die energetische Modernisierungsumlage steht dabei in Konkurrenz zu anderen Modernisierungsinvestitionen (z. B. für Komfortsteigerung, Sicherheitstechnik), die am Markt (ebenfalls oder eher) als Wohnwert steigernde Merkmale präferiert werden.

Ähnlich gelagert ist die Hemmnisstruktur dort, wo Modernisierungsmaßnahmen nur in Verbindung mit umfangreichen Investitionsmaßnahmen zu erschließen sind. Dies ist z. B. der Fall bei der Umstellung von elektr. Widerstandsheizungen oder bei der Zentralisierung der Warmwasserbereitung zur Einbindung solarer Systeme: während sich die Maßnahme im engeren Sinne wirtschaftlich darstellen lässt, sind die umfangreichen Investitionen in das Sekundärsystem bzw. die Warmwasserverteilung reine Instandsetzungsinvestitionen und daher nicht umlagefähig aus Sicht des Vermieters.

Organisatorisch-formale Ebene

Ein wichtiges organisatorisch-formales Hemmnis, das die Erschließung von Potenzialen verhindert bzw. die Komplexität aus Sicht der Akteure erhöht, ist im Bereich der Privaten Haushalte das Nutzer/Investor- bzw. Mieter/Vermieter-Dilemma: der Vermieter investiert in energiesparenden Techniken, der Mieter partizipiert von den eingesparten Energiekosten. Neben den begrenzten Umlagespielräumen bei *Modernisierungen* ist bei reinen *Instandsetzungsmaßnahmen keine* Umlage möglich, wie z. B. beim Ersatz von konventioneller Beleuchtung durch energiesparende Leuchtmittel im Treppenhausbereich. Im übrigen ist der Transaktionsaufwand einer formalen Modernisierungsankündigung, der Durchführung und anschließenden Mieterhöhung bei geringfügigen Investitionen vergleichsweise hoch.

Organisatorisch-motivatorische Ebene

Grundsätzlich ist eine zunehmende Akzeptanz von energieeffizienten Maßnahmen im Bereich der Privaten Haushalte zu verzeichnen. Allerdings basieren die Kaufentscheidungen gerade bei Konsumartikeln

mit vielen anderen wichtigen Kaufkriterien nicht vorrangig auf dem Kriterium der Energieeffizienz.

Ein relevantes Hemmnis bei der Optimierung der Anlagentechnik wird in den fehlenden Anreizen gesehen, neue oder bestehende Anlagen mit relativ viel personellem Aufwand aufwändig einzuregulieren und zu optimieren. Statt dessen ist es bei den existierenden Vergütungsstrukturen in der Planung (HOAI) und im Gewerbe häufig attraktiver (und sicherer) die jeweils größere oder leistungsstärkere Anlage zu empfehlen, zu verkaufen bzw. einzubauen und nach Einbau auf den Aufwand der Einregulierung zu verzichten. Diese Verhaltensweise wird auf Verbraucherseite häufig noch dadurch gefördert, dass das Bewusstsein und die Beschwerden stärker darauf ausgerichtet sind, wenn "es nicht schnell genug warm wird" und nicht darauf, wenn "der neue Heizkessel viel zu viel Energie verbraucht".

6. Produzierendes Gewerbe (IND)

6.1 Zusammenfassung (IND)

Zusammenfassung Der Endenergieverbrauch des produzierendes Gewerbes (inkl. Baugewerbe und industriellem Gewerbe) betrug im Bezugsjahr [2002] rund 2530 PJ.

Im Sinne einer konservativen Einschätzung beträgt das technische Einsparpotenzial für die Industrie rund 25 %. Dabei unterstellt unser Potenzialbegriff lediglich die Einführung bereits jetzt am Markt verfügbarer Techniken. Einsparpotenziale ergeben sich nicht nur durch den Einbau neuer Anlagen oder durch die energetische Ertüchtigung bestehender Anlagen, sondern auch aus der betrieblichen Optimierung. Die Potenziale verstehen sich ohne Ausgrenzung jener Anlagen, die dem EU-Emissionshandel unterworfen sind.

Bezeichnung Maßnahme	Nr.	Istverbrauch 2002			Wirtsch. Potenzial [PJ]		
		Strom	Brenn.	Ges.	Strom	Brenn.	Ges.
Rückgewinnung	1	65	0	65	5	0	5
Anpassung an Bedarf	2	490	0	490	46	0	46
Arbeitsmaschinen	3	230	0	230	22	0	22
Dimensionierung Antrieb	4	490	0	490	15	0	15
Motorenwirkungsgrad	5	490	0	490	5	0	5
Mechanische Verluste	6	490	0	490	5	0	5
Kraftübertragung	7	490	0	490	4	0	4
Galvanische Prozesse	8	77	0	77	7	0	7
Effiziente Beleuchtung	9	35	0	35	20	0	20
Thermische Prozesse über 500°C*	10	27	763	790	2	40	42
Brennproz. in Investitionsgüterindustrie*	11	18	26	44	-2	5	4
Thermische Proz. zw. 200 und 500°C	12	0	30	30	0	3	3
Thermische Prozesse unter 200°C*	13	8	228	237	-3	22	19
Sonstige thermische Prozesse*	14	27	307	334	3	40	43
Raumwärme*	15	22	324	346	1	62	63
Prozess- und Systemoptimierung*	16	725	1347	2072	61	47	108
Massnahme 1-16	17	819	1710	2529	132	220	352
Biotechnologie*	18	10	80	90	5	20	25

* Stromfaktor 1.0

Tabelle 6.1

Überblick über wirtschaftliche Potenziale (Erwartungswerte) im Sektor Produzierendes Gewerbe [basics 2007]

Mit Amortisationszeiten von maximal acht Jahren und Anlagennutzungsdauern, die mindestens um 50 % größer sind, ergibt sich in der Summe ein wirtschaftliches Einsparpotenzial von mindestens 14 %. Dabei werden weder Prozess- noch Produktsubstitutionen unterstellt.

Mit steigenden Energiepreisen nehmen die wirtschaftlichen Potenziale tendenziell zu. Allerdings machen die Energiekosten 2004 im Durchschnitt nur rund 2 % des Bruttoproduktionswertes aus, sind für sich allein genommen, von den energieintensiven Branchen abgesehen, also kein starker "Treiber".

Gerade in der Industrie sind die Hemmnisse zur Realisierung von an sich wirtschaftlichen Einsparpotenzialen besonders vielfältig und verlangen nach einer passenden Adressierung durch geeignete Instrumente. Allerdings muss dabei beachtet werden, dass (noch) nicht ausgeschöpfte wirtschaftliche Potenziale a priori kein Marktversagen darstellen, sondern im Sinne der ökonomischen Effizienz durchaus Sinn machen können.

Wichtig scheint, dass bei der "Instrumentenfrage" beachtet wird, dass erstens ein Teil dieser Potenziale autonom ausgeschöpft wird und zweitens, dass sehr große Unterschiede von Branche zu Branche, von Unternehmen zu Unternehmen und von Prozess zu Prozess bestehen. Daraus ergibt sich, dass ein instrumenteller "Bottom-up-Ansatz" (sei es über Detail-Vorschriften, sei es über ganz spezifische Kampagnen), von Ausnahmen abgesehen, nicht sehr Ziel führend sein dürfte. Vielmehr müssten Unternehmen angereizt werden, die Energie auf der Prioritätenliste höher anzusiedeln, sodass diese aus Eigeninteresse veranlasst werden, nach Möglichkeiten für einen effiziente(re)n Energieeinsatz zu suchen.

Hierzu könnten obligatorische Audits oder auf Branchenebene organisierte Benchmarkgruppen dienen.

6.2 Ausgangslage & Zielsetzung (IND)

Der Endenergieverbrauch des produzierendes Gewerbe (inkl. Baugewerbe und industriellem Gewerbe) betrug im Jahr 2002 rund 2530 PJ (26,8 % des Endenergieverbrauchs). Bei der Umsetzung der EDR stellt das produzierende Gewerbe damit bereits rein quantitativ ein wichtiges Handlungsfeld dar. Aber auch inhaltlich, indem dies der einzige Verbrauchssektor ist, bei dem in Teilbereichen (vornehmlich bei den energieintensiven Unternehmen) die Energiekosten effektiv ins Kalkül eingehen und Energieeffizienzmaßnahmen schon bisher aus wirtschaftlichen Gründen realisiert wurden. Umgekehrt gibt es eine Vielzahl von Unternehmen, bei denen die Energiekosten im Vergleich zu den übrigen Produktionskosten vernachlässigbar gering sind, und die damit bislang kaum eine Veranlassung hatten, über den autonomen technischen Fortschritt hinaus Effizienzpotenziale – selbst bei klarer Wirtschaftlichkeit – zu ermitteln, geschweige denn zu nutzen.

Bei dieser Ausgangslage ist es von besonderer Bedeutung, den Energieverbrauch des produzierenden Gewerbes nach einer möglichst einheitlichen Methodik nach verschiedenen Branchen, Anwendungszwecken und Energieträgern so aufzuschlüsseln, dass sich

damit der Spielraum für die EDR einigermaßen verlässlich abstecken lässt. Dieser ergibt sich aus den entsprechend differenzierten (technischen und wirtschaftlichen) Effizienzpotenzialen.

6.3 Methodische Vorüberlegungen (IND)

Das produzierende Gewerbe (die Industrie im eigentlichen Sinne) ist ein außerordentlich heterogener Sektor. Es ist durch eine Vielzahl unterschiedlichster Akteure und Prozesse gekennzeichnet. Zudem variiert die energetische Bedeutung der einzelnen Unternehmen über mehrere Zehnerpotenzen. In einigen Branchen, vor allem den energieintensiven Branchen (etwa Papier, Chemie, Zement, Stahl), dominieren einige wenige Grossunternehmen, die zusammen in ihrer Branche einen Großteil des Energieverbrauchs auf sich vereinen. In andern Branchen (etwa im Druckgewerbe) ergibt sich der Energieverbrauch aus der Summe der Energieverbräuche einer großen Zahl von kleinen und mittleren Unternehmen.

Die Industrie ist aber auch ein sich stark wandelnder Sektor. Binnen weniger Jahren kann sich das "Mengengerüst" der produzierten Güter grundlegend verändern, können gar neue Industriezweige entstehen, alte verschwinden. Wie stark dieser Wandel nur schon im Vierjahresvergleich ist, zeigt Tabelle 6.8 in Abschnitt 6.6.2, welche einige für die Abschätzung von Effizienzpotenzialen wichtige Produkte/Güter zusammenfasst. Die Variation der Produktion reicht von -48.8% (Nichteisen-Halbzeuge) bis $+61.8\%$ (Soda).

Da sich diese Variationen vor allem auch in der "physischen Realität" des Energieverbrauchs niederschlagen, ist klar. Damit ergibt sich, dass jede etwas differenziertere energetische Analyse der Industrie immer nur eine Momentaufnahme sein kann, die schon wenige Jahre später so nicht mehr gelten muss/kann. Insofern unterscheidet sich der Industriesektor erheblich von den andern Verbrauchssektoren, die in dieser Hinsicht deutlich stabiler sind bzw. sich deutlich gleichmäßiger entwickeln.

Für das vorliegende Projekt bedeutete dies, dass jeweils sehr sorgfältig beachtet werden musste, auf welchen Zeitraum bzw. Zeitpunkt sich eine bestimmte Information bezog und wie sie gegebenenfalls so umgelegt oder angepasst werden konnte, dass sie auch für das Jahr 2002 eine gewisse Gültigkeit aufweisen würde. In manchen Fällen entspricht dies einer einfachen "Dreisatzrechnung", zum Teil müssen aber auch modellbasierte Korrekturfaktoren eingehen. Hierzu wurde das detaillierte Bottom-up-Modell von Basics für die Schweizer Industrie verwendet [Basics 2006a]. Dabei ging es natürlich nicht darum, die Schweizer Verhältnisse auf Deutschland zu übertragen, sondern mit den im Modell implementierten Algorithmen und Abhängigkeiten geeignete Korrekturfaktoren abzuschätzen. Dieses Verfahren kam sowohl bei der Erarbeitung der Energieverbrauchsmatrix für das

Jahr 2002 wie auch bei der darauf basierenden Abschätzung von technischen und wirtschaftlichen Effizienzpotenzialen zum Tragen.

6.4 Energieverbrauchsmatrix (IND)

6.4.1 Datenlage & Abgrenzung

Statistisch gesehen ist das produzierende Gewerbe sehr gut erfasst. Im Rahmen einer weitgehend international genormten Wirtschaftssystematik liegen Daten zu Beschäftigten, Produktionswerten, Kostenstrukturen, Energieverbrauch usw. vor [AGEB 2006, DIW 2005, EWI/prognos 2005, StaBu 2005a, StaBu 2005h, StaBu 2005j, StaBu 2005i, StaBu 2005k, StaBu 2005l, VIK 2005a, VIK 2005b, VEA 2005, VDEW 2005]. Allerdings täuscht die damit gegebene Detaillierung der Informationen eine gewisse Scheingenauigkeit vor.

Dies aus mehreren Gründen: Im Vordergrund stehen Zuordnungsprobleme; denn kaum ein Unternehmen kann auf dem zwei- oder gar auf dem vierstelligen Niveau wirklich korrekt beschrieben werden. Da die verschiedenen Erhebungen zum Teil unabhängig von einander durchgeführt werden, zum Teil auch auf Stichproben beruhen, passen viele Resultate auch nicht richtig zusammen. Darüber hinaus muss jede Erhebung von möglichst eindeutigen und einfachen Erhebungskriterien ausgehen, die aber nicht unbedingt den Bedürfnissen einer energetischen Analyse gerecht werden. Beispiel: So sind in den Industriestatistiken wie z. B. zum Material- und Wareneingang [StaBu 2005h] zum Stichwort Energieverbrauch auch die Inputenergien für die fossile dezentrale Elektrizitätsproduktion enthalten, genauso wie auch der nichtenergetischen Verbrauch von Energieträgern. Erst mit weiteren Informationen (zum Teil basierend auf bloßen Schätzungen) lässt sich aus einer solchen Totalangabe der eigentlich interessierende Endenergieverbrauch ableiten.

Damit ist die weiter unten vorgestellte (End-)Energieverbrauchsmatrix für das produzierende Gewerbe notwendig keine *Statistik* im üblichen Sinn. Sie ist vielmehr der Versuch, eine Vielzahl von Einzelinformationen in ein möglichst in sich stimmiges Gesamtbild zu überführen – ohne dass für jedes Einzelfeld der Matrix eigenständige Informationen zugrunde liegen.

Der Grundansatz der Quantifizierung besteht darin, basierend auf den Informationen der Energiebilanz [AGEB 2006] eine detaillierte Energieverbrauchsmatrix aufzuspannen, die den Endenergieverbrauch sowohl nach Branchen wie auch nach Energieträgern und Verwendungszwecken splittet. Fixe Kalibrierungswerte sind dabei die nach Energieträgern differenzierten Energieverbräuche der Energiebilanz für dreizehn Branchengruppen. Dabei umfasst der Energieverbrauch sämtliche Wirtschaftsklassen 14 bis 37 (ohne 23, d.h. im Wesentlichen ohne die Mineralölverarbeitung, die dem Umwand-

lungssektor zuzuordnen ist) sowie zusätzlich das Baugewerbe (45) und das industrielle Kleingewerbe.

Folgende Energieträger werden für die Energieverbrauchsmatrix unterschieden:

- Strom,
- Gas (inkl. Flüssiggase),
- Öl (Heizöl extra leicht sowie Heizöl schwer),
- Kohle (Braun- und Steinkohle, Koks),
- Fernwärme,
- Erneuerbare (Müll, Biomasse, sonstige erneuerbare Energien),
- Kraftstoff (Benzin, Diesel).

Die Verwendungszwecke werden wie folgt unterschieden:

- Raumwärme (inkl. Warmwasseraufbereitung, Klimatisierung, Lüftung u. ä.),
- Prozesswärme (inkl. galvanische Prozesse und Umweltschutzprozesse),
- Kraft (mechanische Prozesse, inkl. Steuerung),
- Beleuchtung (inkl. Informatik, Bürogeräte u. ä.)

Die Zuordnung eines Energie verbrauchenden Prozesses zu einzelnen Verwendungszwecken ist nicht absolut trennscharf. Sie beruht auf dem "dominierenden" Anteil.

Der Energieverbrauch wird schließlich nach zwanzig Branchen, bzw. Branchengruppierungen differenziert ausgewiesen (vgl. Tabelle 6.2). Die Branchen-Aufgliederung orientiert sich an energetischen Kriterien, bleibt aber in Bezug auf die Wirtschaftsklassierung eindeutig. Sie basiert auf dem Bottom-up-Modell von Basics für die Schweizer Industrie, welches 143 Produktionsprozesse und 64 Haustechnikprozesse umfasst [*Basics 2006a*]. Von zwei Ausnahmen abgesehen (Chemische Industrie und Gewinnung von Steinen und Erden, sonst. Bergbau) ist die vorliegende Klassierung feiner als in der Energiebilanz. Die Aufgliederung nach Subbranchen erfolgt nach Maßgabe der Industriestatistik [*Stabu 2005*]. Die Aufteilung nach Verwendungszwecken berücksichtigt einerseits entsprechende Gesamtinformationen (etwa gemäß *FHG ISI 2003*), andererseits werden für das Aufspannen der Verbrauchsmatrix über das Industriemodell von Basics Verteilfaktoren generiert, die ein in sich stimmiges Verbrauchsmengerüst ermöglichen sollen. Um die Energieverbrauchsmatrix einer von ihrer Genese unabhängigen Überprüfung zu unterziehen, wurden mit den für die Industrie geschätzten Energiepreise (vgl. auch Abschnitt 6.6.2) je Branche die gesamten Energiekosten bestimmt und mit den entsprechenden Angaben des Statistischen Bundesamtes verglichen. Bis auf einige wenige Branchen, bei denen man davon ausgehen muss, dass die durchschnittlichen Preisannahmen die effektiven Verhältnisse nicht genau treffen, ergab sich eine recht gute

bis sehr gute Übereinstimmung. Als Ausgangslage für die Identifikation von Effizienzpotenzialen bzw. zur Plausibilisierung und Einordnung von Effizienzpotenzialen erscheint damit die Verbrauchsmatrix durchaus geeignet.

Branche (Kurztitel)	WZ-Nummer
Nahrung, Getränke, Tabak	15, 16
Bekleidung	17, 18, 19
Holz	20
Papier und Karton	21
Druck	22
Chemie	24
Gummi und Kunststoffe	25
Glas	26.1
Keramik und Ziegel	26.2, 26.3, 26.4
Zement	26.5
Übrige nichtmetallische Mineralien	26.6, 26.7, 26.8
Metalle, Gießereien	27.1, 27.2, 27.3, 27.5
Nichteisen-Metalle	27.4
Metallerzeugnisse	28
Maschinenbau	29
Fahrzeugbau	34, 35
Geräte	30, 31, 32, 33
Baugewerbe	45
Rest	14, 36, 37
Industrieller Kleinverbrauch	ohne Klassifizierung

Tabelle 6.2 Definition der betrachteten Wirtschaftszweige

Die Energieverbrauchsmatrix umfasst 20 mal 28 Felder, ohne Totalzeilen und -spalten. Horizontal abgetragen sind (in obiger Reihenfolge) die 20 Branchen, vertikal die einzelnen Energieträger (7) mit den jeweils vier Verwendungszwecken. Nicht alle Kombinationen sind dabei sinnvoll, werden aber der durchgehenden Systematik wegen nicht unterdrückt.

Auf das produzierende Gewerbe allein entfallen 2322 PJ; dazu kommen 88 PJ für das Baugewerbe und schließlich noch 119 PJ für das industrielle Gewerbe. Gesamthaft ergibt sich ein Endverbrauch von 2529 PJ.

6.4.2. Ergebnis

Die vollständige Energieverbrauchsmatrix ist als Faltblatt im Anhang enthalten. Hier werden lediglich zwei Zusammenzüge vorgestellt und kurz kommentiert.

Nach Energieträgern und Verwendungszwecken differenziert ergibt sich das in Tabelle 6.3 zusammen gefasste Bild für den industriellen Endenergieverbrauch (inkl. Baugewerbe und industriellem Gewerbe).

	Raumwärme	Prozesswärme	Kraft	Beleuchtung	Total
Total	345.6	1589.3	522.3	72.1	2529.3
Strom	21.8	234.8	490.4	72.1	819.1
Gas	179.6	792.1	2.0	0.0	973.7
Öl	97.7	129.6	3.9	0.0	231.2
Kohle	10.3	397.5	0.0	0.0	407.7
Fernwärme	27.8	27.9	0.0	0.0	55.7
Erneuerbare	8.4	7.4	0.0	0.0	15.7
Kraftstoff	0.0	0.0	26.1	0.0	26.1

Tabelle 6.3

Aufteilung des Endenergieverbrauchs für das Jahr 2002 nach Energieträgern und Verwendungszwecken

In dieser Bilanzierung dominieren offensichtlich die Wärmeanwendungen; sie machen rund 80 % des gesamten Energieverbrauchs aus. Würde man allerdings primärenergetisch rechnen, dann müsste man die Kraftanwendungen (über den Strom) mit einem Faktor von 2 bis 3 gewichten, was den Kraftanteil größenordnungsmäßig etwa verdoppeln würde.

Tabelle 6.4 zeigt die Differenzierung der Energienachfrage nach den 20 unterschiedenen Branchen bzw. Teilbranchen. Daraus ergibt sich, dass einige wenige, vor allem energieintensive Branchen den gesamten Energieverbrauch wesentlich bestimmen. Zu diesen Branchen gehört in erster Linie die Metallindustrie, aber auch die Chemie und die Nahrungsmittelindustrie. Allein diese drei Branchen vereinen im produzierenden Gewerbe fast 60 Prozent des Endenergieverbrauchs auf sich.

	Strom	Gas	Öl	Kohle	FernW.	Ern. En.	Kraftst.	Total
Total	819.1	973.7	231.2	407.7	55.7	15.7	26.1	2529.3
Nahrung, Getränke, Tabak	51.4	91.8	31.7	11.6	3.6	0.0	0.0	190.1
Bekleidung	12.7	15.9	3.9	4.9	0.8	0.1	0.0	38.2
Holz	13.6	3.4	3.0	0.2	1.2	7.7	0.0	29.0
Papier und Karton	67.9	70.9	6.0	14.8	2.5	6.4	0.0	168.5
Druck	11.7	11.1	1.0	0.0	1.3	0.0	0.0	25.2
Chemie	175.3	237.7	23.9	23.1	11.9	0.0	0.0	472.0
Gummi und Kunststoffe	42.1	18.9	5.3	0.0	1.3	0.0	0.0	67.6
Glas	15.7	48.6	9.1	0.0	0.1	0.0	0.0	73.5
Keramik und Ziegel	5.9	37.5	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	45.1
Zement	14.4	7.7	6.6	61.5	0.5	0.4	0.0	91.1
Übrige nichtmet. Mineralien	7.9	17.9	21.6	4.0	0.1	0.0	0.0	51.5
Metalle, Gießereien	94.5	182.9	42.1	280.4	0.1	0.0	0.0	600.0
Nichteisen-Metalle	59.0	39.4	3.6	3.1	0.0	0.0	0.0	105.0
Metallerzeugnisse	32.7	39.9	9.2	0.3	2.0	0.0	0.0	84.0
Maschinenbau	32.0	24.0	9.5	0.2	3.5	0.0	0.0	69.1

	Strom	Gas	Öl	Kohle	FernW.	Ern. En.	Kraftst.	Total
Fahrzeugbau	64.4	40.6	4.3	0.7	8.3	0.0	0.0	118.3
Geräte	35.5	15.7	6.0	0.0	5.3	0.0	0.0	62.5
Rest	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Industrieller Kleinverbrauch</i>	<i>12.8</i>	<i>22.6</i>	<i>14.6</i>	<i>0.8</i>	<i>10.9</i>	<i>0.1</i>	<i>26.1</i>	<i>87.8</i>
<i>Baugewerbe</i>	<i>14.7</i>	<i>9.6</i>	<i>5.5</i>	<i>0.0</i>	<i>0.6</i>	<i>0.8</i>	<i>0.0</i>	<i>31.2</i>

Tabelle 6.4

Energieverbrauch nach Energieträgern und Branchen für das Jahr 2002 (PJ)

6.4.3. Einordnung, Probleme und Klärungsbedarf

Aus unserer Sicht stellt die oben vorgestellte Verbrauchsmatrix eine taugliche Ausgangslage für weiteren Untersuchungen dar. Allerdings darf der Genauigkeitsgrad der einzelnen Zahlenwerte in der Verbrauchsmatrix nicht überschätzt werden. Während die so genannten Randsummen einigermaßen befriedigende Resultate liefern (und wo immer möglich auf die Vorgaben der Energiebilanz kalibriert wurden), sind verschiedene Einzeleinträge im „Inneren“ der Verbrauchsmatrix mit deutlich größeren Unsicherheiten behaftet. Wollte man deren Genauigkeit steigern, dass müsste man u. E. mit den Methoden der Ausgleichsrechnung ausgehend von einer Einschätzung über die unterschiedlichen Genauigkeiten bestimmter Eckdaten die Verbrauchsmatrix – ohne wirklich feste Vorgaben – neu aufspannen. Mit einem solchen Verfahren hätte man dann zusätzlich auch Genauigkeitsangaben zu sämtlichen andern Werten. Ein solches Programm hätte aber den Rahmen der vorliegenden Untersuchung bei weitem gesprengt – und wäre für Identifikation von Effizienzpotenzialen auch nicht wirklich notwendig.

Ein anderer Punkt betrifft die energetische Vollständigkeit der Matrix: Aufgrund der Erfahrungen aus der Schweiz und basierend auf den Erhebungsdaten des Statischen Bundesamtes zur Energieverwendung ist davon auszugehen, dass die energetische Nutzung von (Industrie-)Abfällen, Holz und weiteren Energien eher unterschätzt wird. Die in der Verbrauchsmatrix hierfür angegebenen 15 PJ entsprechen zwar der Energiebilanz für das Jahr 2002, es könnte aber deutlich mehr sein. Auch bei der Fernwärme könnte eine Unterschätzung vorliegen. Nicht zuletzt sind unter dem Stichwort "Offroad" auch bei der motorischen Verwendung von fossilen Brenn- und Treibstoffen einige Fragezeichen anzubringen.

6.5 Maßnahmen im Überblick (IND)

6.5.1. Handlungsfelder & Maßnahmen

Grundsätzlich ergibt sich der industrielle Energieverbrauch daraus, dass die Menge des zu produzierenden Gutes (Stahl, Zement, Papier

usw.) mit einem durchschnittlichen spezifischen Energieverbrauchsfaktor multipliziert wird. Wenn man den Energieverbrauch der Industrie reduzieren will, ergeben sich also zwei Möglichkeiten: Man verringert die Produktionsmenge (bzw. substituiert ein Gut, das relativ viel Energie in der Produktion benötigt durch ein anderes Gut, das weniger Energie benötigt) oder man ergreift Effizienzmaßnahmen zur Reduktion des spezifischen Energieverbrauchsfaktors – ohne die Produktionsmengen zu verändern.

Auftragsgemäß wird für die Industrie grundsätzlich davon ausgegangen, dass keine Veränderung der Produktionsmengen angestrebt werden soll.⁽¹²⁾ Mit andern Worten: Es werden lediglich Maßnahmen ins Auge gefasst, die den *spezifischen Energieverbrauchsfaktor* reduzieren.

Passend zur Vielzahl von Prozessen und unterschiedlichsten betriebsspezifischen Produktionsbedingungen gibt es ein kaum überblickbares Spektrum von technischen, betrieblichen und/oder organisatorischen (Einzel-)Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz. Entsprechend kommt einer einfachen Systematisierung dieser Maßnahmen eine große Bedeutung zu. Unter Berücksichtigung der einschlägigen Literatur (vor allem ist hier auf verschiedene Studien des ISI hinzuweisen) wurden diese Maßnahmen grundsätzlich entlang der physischen Realität der einzelnen Prozesse geordnet. Dies bedeutet, dass die möglichen Maßnahmen nach der "primären" Art der Entropieproduktion (des Energie"verbrauchs" in der üblichen Sprechweise) sortiert sind:

- Bereich 1: Elektromotoren
- Bereich 2: Galvanische Prozesse
- Bereich 3: Beleuchtung (inkl. EDV)
- Bereich 4: Thermische Prozesse (insbesondere Prozesswärme, Raumwärme und Warmwasser)
- Bereich 5: Prozessoptimierung
- Bereich 6: Prozesssubstitutionen

Tabelle 6.5 listet die für die sechs Bereiche untersuchten Maßnahmen(kategorien) auf. Wie die Auflistung zeigt, ergibt sich mit den ersten vier Bereichen eine gewisse kategoriale Vollständigkeit. Der fünfte Bereich umfasst die Einzelmaßnahmen-übergreifende Prozess- bzw. Systemoptimierung; der letzte Bereich schließlich betrifft Prozesssubstitutionen, die hier der Vollständigkeit mit aufgenommen werden, aber nicht im Fokus der Untersuchung stehen. Es handelt sich hierbei um Maßnahmen, die eine völlige technologisch Umgestaltung eines bisher "klassisch" geführten Prozesses bedeuten (also weit über eine Optimierung hinausgehen). Dabei wird in der Regel

davon ausgegangen, dass solche Substitutionen den spezifischen Energieverbrauch zum Teil sehr stark reduzieren können [vgl. z.B. Syrene 1994, FHG ISI 2002, Basics 2006a]. Beispiele sind etwa neue Trennverfahren (Einsatz von neusten Membrantechnologien zur Separation von Fluiden), neue Reinigungsverfahren (Schmelzflusskristallisation), neue Syntheseverfahren (biotechnologische Verfahren etwa in der Pharmaproduktion) oder neue Trocknungstechnologien in der Papierindustrie. Einiges davon ist bereits Standard (etwa der Einsatz der Biotechnologie), anderes ist noch auf den Labormaßstab beschränkt (etwa die Schmelzflusskristallisation) oder kaum mehr als Vision (etwa die "kalte" Zementherstellung). Als einziges Beispiel einer schon heute möglichen Prozesssubstitution werden hier im Sinne einer groben Abschätzung biotechnologische Verfahren mit aufgenommen – aber ohne in die Gesamtbilanz gemäß Paketmaßnahme 1 – 16 einzubeziehen.

Nr.	Bereich	Nr.	Maßnahmen
1	Elektromotoren	1	Rückgewinnung
		2	Anpassung an Bedarf
		3	Arbeitsmaschinen
		4	Dimensionierung Antrieb
		5	Motorenwirkungsgrad
		6	Mechanische Verluste
		7	Kraftübertragung
2	Galvanische Prozesse	8	Galvanische Prozesse
3	Beleuchtung	9	Beleuchtung
4	Thermische Prozesse	10	Thermische Prozesse über 500 °C
		11	Brennprozesse
		12	Thermische Prozesse zw. 200 und 500 °C
		13	Thermische Prozesse unter 200 °C
		14	Sonstige thermische Prozesse
		15	Raumwärme
5	Prozessoptimierung	16	Prozess- und Systemoptimierung
	Gesamtbilanz	17	Paketmaßnahme (1 – 16)
6	Prozesssubstitution	18	Beispiel Biotechnologie

Tabelle 6.5

Unterschiedene Maßnahmenbereiche und Maßnahmen(kategorien). Maßnahme 17 ("Gesamtbilanz") ist ein in sich stimmiges Paket der Maßnahmen 1 bis 16 .

Die Reihenfolge der Maßnahmen innerhalb des ersten Bereiches orientiert sich an der Größe der maximalen spezifischen Verbesserungen [nach FHG ISI 1999]. Im vierten Bereich orientiert sich die Reihenfolge am maßgeblichen Temperaturniveau.

Bis zu einem gewissen Grad entsprechen die in der obigen Tabelle aufgelisteten Maßnahmen der üblichen Einteilung in Querschnittstechnologien [vgl. etwa FHG ISI 2003]. Zu den wichtigsten Ausnahmen gehören: Druckluft- und Ventilationssysteme. Diese werden in der von uns gewählten Systematik auf verschiedene Maßnahmen verteilt.

Die relativ starke Ausdifferenzierung von Maßnahmen im elektromotorischen Bereich muss vor dem Hintergrund der relativen Höherwertigkeit der Elektrizität gesehen werden. Auf Endenergiestufe macht der entsprechende Verbrauch zwar nur rund 25 % aus, primärenergetisch sind es aber doch rund 30 %. Zudem zeigt die Erfahrung von Energieberatern, dass gerade im elektromotorischen Bereich nicht erkannte Potenziale vorhanden sind, tendenziell stärker als im thermischen Bereich.

Ganz grundsätzlich ist im Übrigen zu beachten, dass die verschiedenen Maßnahmen nicht alle unabhängig von einander sind. Realisiert man *eine* Maßnahme, dann kann sich das Potenzial für eine *andere* Maßnahme reduzieren. Exemplarisch sei dies an einem konventionellen Pumpsystem im Vergleich zu einem energieeffizienten System dargestellt (vgl. Abbildung 6.1). Das effizientere Pumpsystem ergibt sich als der kombinierte Effekt von fünf Einzelmaßnahmen:

- Wirkungsgradverbesserung des Motors
- Drehzahlregulierung statt Drossel
- bessere Kupplung
- bessere Pumpe
- bessere Rohreigenschaften (Verringerung des Strömungswiderstandes).

Gesamthaft ergibt sich bezogen auf den ursprünglichen Energieverbrauch mit den angegebenen Effizienzwerten eine Reduktion des Energieverbrauchs um rund 57 %, die Summe der Einzeleffekte ergäbe aber eine Reduktion um rund 74 %. Damit muss in diesem Fall die Summe der Einzelwirkungen um rund 23 % reduziert werden, um die tatsächlich erreichbare Systemwirkung zu erhalten. Für die Modellierung wurden verschiedene solcher Maßnahmenketten untersucht und typische Überschneidungsfunktionen generiert. Damit war es schließlich möglich, ein in sich stimmiges, Überschneidungen berücksichtigende Maßnahmenpaket zu generieren, welches im Sinne einer Synthese eine 16 Einzelmaßnahmen umfassende Gesamtaussage für die Industrie darstellt.

Im folgenden werden die 18 unterschiedenen Maßnahmen(kategorien) kurz umrissen. Zur besseren quantitativen Einordnung der Ausführungen zu den einzelnen Maßnahmen durch den Leser werden zum Teil auch schon die technischen und wirtschaftlichen Potenziale genannt, auch wenn diese – ausführlicher – erst in Abschnitt 6.6 besprochen werden.

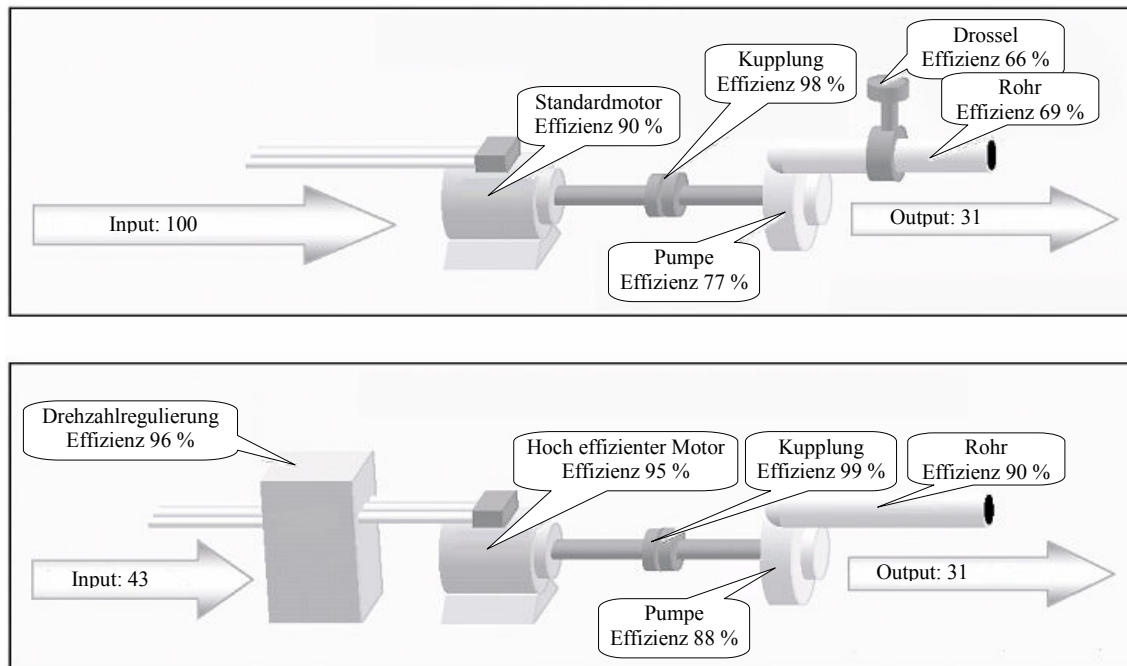


Abbildung 6.1

Konventionelles Pumpsystem (oben, Gesamtwirkungsgrad 31 %, energieeffizientes Pumpsystem, welches verschiedene Effizienztechnologien kombiniert (unten, Gesamtwirkungsgrad 72 %, wegen der Drehzahlregulierung kann auf die Drossel verzichtet werden; Quelle: [de Keulenaer 2005], übernommen aus [Basics 2006a]

6.5.2. Bereich Elektromotoren

Rückgewinnung (1)

Die Maßnahme bezweckt die Rückgewinnung der mechanischen Prozessenergie bei speziellen Antrieben (wie Zentrifugen; Aufzügen, Kränen usw.). Es handelt sich hierbei um Antriebe, die sehr häufig zwischen Anfahr- und Bremsbetrieb wechseln. Die beim Anfahren aufgenommene mechanische Energie muss beim Bremsen wieder abgegeben werden. Ohne Rückgewinnung wird diese Energie in Wärme umgewandelt und geht verloren. Indem der Motor im Bremsbetrieb als Generator fungiert, kann die gewonnene elektrische Energie aber ans Netz zurückgegeben werden. Dies macht allerdings eine Frequenzumrichtung und je nach Motorentyp einen unterschiedlich großen Schaltungsaufwand nötig. Die Einsparmöglichkeiten hängen stark von der konkreten Ausgangslage ab; man findet in der Literatur Werte von bis zu 80 %.

Die Ruckeinspeisung lohnt sich vor allem bei der Neueinrichtung einer Anlage (bzw. beim Ersatz einer alten Anlage). Die Umrüstung einer bestehenden Anlage rechnet sich nur in Ausnahmefällen. Im Sinne einer groben Schätzung kann davon ausgegangen werden, dass etwa 65 bis 70 PJ Elektrizitätsverbrauch von dieser Maßnahme betroffen sein könnten. Die Ruckeinspeisung als Maßnahme ist sowohl auf

technischer wie auch auf Managementebene grundsätzlich gut "verkaufbar", aber für die meisten Unternehmen in der Eigenwahrnehmung von geringer Bedeutung.

[Allplan 2005, Basics 2006b]

Anpassung an Bedarf (2)

Bei dieser Maßnahme geht es um die Anpassung des Betriebes einer Anlage an den tatsächlichen Bedarf: Dies bedeutet das Abschalten bei Nichtgebrauch, den Einbau einer Drehzahlregulierung mit Frequenzumrichtern usw. Gerade die Drehzahlregulierung ist eine der "klassischen" Methoden, um den starken Wirkungsgradabfall von Elektromotoren bei Teillast weitgehend zu kompensieren. Etwa 60 % aller Motoren dienen dem Antrieb von stark schwankenden Lasten, bei denen diese Frequenzumrichtung zu Einsparungen in der Größenordnung von 15 bis 40 % führen können.

[Dehli 1998, Basics 2006a/b, FHG ISI 1999, FHG ISI 2003]

Arbeitsmaschinen (3)

Mit dieser Maßnahme sind Wirkungsgradverbesserungen bei typischen Arbeitsmaschinen (Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren usw.) angesprochen. Die Wirkungsgrade von älteren Antriebsmaschinen sind zum Teil sehr schlecht, deshalb wird ein relativ großes technisches Potenzial angenommen; bei Pumpen und Ventilatoren erreicht dies bis zu 15 %, bei Kompressoren bis zu 30 %. Die Maßnahme versteht sich als Ersatzmaßnahme. Ihre volle Wirkung entfaltet sie aber erst in Kombination mit der Anpassung des Betriebes und der richtigen Dimensionierung nach Maßgabe des Bedarfs.

[Basics 2006b, FHG ISI 1999]

Dimensionierung Antrieb (4)

Ziel dieser Maßnahme ist die Vermeidung von Überdimensionierungen von Motoren und Antriebsmaschinen, welche es aus Unkenntnis über den tatsächlichen Bedarf oder einem übertriebenen Sicherheitsdenken heraus (seltene, kurzzeitige Spitzenlasten müssen auch abgedeckt werden können) oder aus andern Gründen (z. B. erwartete Produktionsausweitung) entstehen bzw. entstanden sind. Aus der Überdimensionierung resultieren Teillastzustände mit schlechten Wirkungsgraden. Die Maßnahme kann nicht nur in einer Leistungsreduktion, sondern auch in einer Aufteilung der Gesamtlast in Grund- und Spitzenlast auf parallel geschaltete Antriebsmaschinen bestehen (etwa bei Pumpsystemen). Dass die technischen Potenziale recht groß sind (die Schätzungen reichen bis etwa 20 %), wird in der Literatur einhellig bestätigt. Es gibt aber kaum empirische Grundlagen zur Quantifizierung. Zudem ist die Abgrenzung zu andern Maßnahmen schwierig.

[Allplan 2005, Basics 2006a/b, Dehli 1998, FHG ISI 2002]

Motorenwirkungsgrad (5)

Die Maßnahme bezweckt die Verwendung möglichst effizienter Elektromotoren. Die Idee: Wann immer ein defekter Motor ersetzt werden muss, soll er, wenn technisch möglich, durch einen effizienteren Motor ersetzt werden. Oder beim Einbau der Motoren in eine Neuanlage soll von vornherein die effizientere Variante gewählt werden. Das gesamte technische Sparpotenzial (sämtliche Typen und Leistungsklassen) dürfte etwa bei 5 % liegen. In der Quantifizierung des wirtschaftlichen Potenzials bezieht sich die Maßnahme allerdings nur auf die so genannten Standardmotoren im Leistungsbereich von 1.1 bis 90 kW. Sie unterstellt eff1- statt die allgemein üblichen eff2-Motoren. Die Anforderungen könnten aber stärker sein (wie z.B. in den USA).

Die Maßnahme allein lohnt sich in der Regel nur bei Langläufern. Zudem: Je größer die Leistung eines Motors, desto geringer sind die Unterschiede bei den Wirkungsgraden und damit die relativen Sparpotenziale. Viele Unternehmen verfügen über eine Vorort-Bevorratung mit baugleichen Motoren, um bei Bedarf einen schnellen Ersatz zu ermöglichen. (Größenordnung: 10 % der energetisch relevanten Motoren sind bevorratet.) Erst wenn diese Bevorratung aufgelöst ist, würde die Maßnahme zu greifen beginnen. Effiziente Motoren können auch aus andern als energetischen Gründen interessant sein: Z.B. entsteht im relativen Vergleich weniger Abwärme, die abgeführt werden muss.

[Basics 2006a/b, FHG IS 2002, Allplan 2005]

Mechanische Verluste (6)

Die Maßnahme strebt die Minimierung der mechanischen Verluste an, sei es durch konstruktive Vorkehren, sei es durch intensivere Wartung. Eine verlässliche Abschätzung des technischen Potenzials ist zur Zeit nur schwer möglich. Die Angaben zu den Möglichkeiten tribologischer ("reibungsrduzierender") Maßnahmen variieren in der Literatur stark. Nanobasierte Oberflächenbehandlungen könnten künftig aber erhebliche Verbesserungen bringen. Gesamthaft wird das technische Potenzial auf gegen 10 % eingeschätzt. Das technische Potenzial ist zwar recht groß; eine eigentliche Nachrüstung aber schwierig; deshalb wird das wirtschaftliche Potenzial, das sich vor allem an einer verbesserten Wartung orientiert, als gering eingeschätzt. Die Maßnahme bezieht sich im Übrigen nicht nur auf den elektromechanischen Teil, sondern auf sämtliche mechanischen Reibungsquellen auch in den nachgelagerten Prozessstufen. Nicht enthalten sind die Verluste der Kraftübertragung (vgl. die nachfolgende Maßnahme).

[Basics 2006a]

Kraftübertragung (7)

Die Maßnahme adressiert die möglichen Wirkungsgradverbesserungen bei der mechanischen Kraft- bzw. Energieübertragung durch Riemen, Getriebe usw. Da die technischen Möglichkeiten schon weitgehend ausgereizt sind, wird nur ein kleines technische Potenzial von 4 % unterstellt. Die Maßnahme kommt in der Regel nur im Verbund mit andern Maßnahmen zum Tragen. Etwas größere Potenziale ergeben sich im Verbund mit Prozessanpassungen, die einen Teil der Kraftübertragung unnötig machen (vgl. Maßnahme (17): "Prozess- und Systemoptimierung").

[Basics 2006a/b]

6.5.3. Bereich Galvanische Prozesse

Galvanische Prozesse (8)

Es gibt eine Vielzahl von galvanischen Prozessen; die energetisch wichtigsten sind die Primäraluminiumerzeugung und die Chlorproduktion. Im ersten Fall wird eine Verbesserung der Elektrolyseverfahren angenommen, im zweiten Fall zusätzlich ein Teilwechsel auf Membranverfahren. Die Quantifizierung folgt derjenigen des ISI. Andere galvanische Prozesse (z.B. im Bereich der Oberflächenbeschichtung) werden nicht quantifiziert. Das gesamte technische Potenzial wird auf knapp 40 % geschätzt, das wirtschaftliche Potenzial auf weniger als 10 %.

[FHG ISI 2001]

6.5.4. Bereich Beleuchtung

Effiziente Beleuchtung (9)

Im Bereich Beleuchtung liegen relativ gesehen die größten und am einfachsten zu realisierenden Energieeffizienzpotenziale. So können Glüh- und Leuchtstofflampen durch Kompaktleuchtstofflampen und Halogenlampen zum Beispiel durch Leuchtdioden ersetzt werden – je mit deutlich besseren Wirkungsgraden und zum Teil auch deutlich längeren Lebensdauern. Weitere Einsparmöglichkeiten stecken in der vermehrten Tageslichtnutzung, der Verwendung von Reflektorleuchten, in der verbesserten Steuerung und Regelung (Randzonenmanagement, Präsenzdetektion u.a.). Das technische Potenzial dürfte gegen 80 % erreichen, das wirtschaftliche immer noch über 50 % liegen.

Die Entwicklungsdynamik im Beleuchtungsbereich ist groß, so dass die Potenziale in naher Zukunft eher noch anwachsen dürften. Sparpotenziale der LuK sind hier nicht mit enthalten. Gesetzliche Minimalvorgaben zur Energieeffizienz von Beleuchtungskörpern sind in einigen Ländern in Diskussion.

Die Einsparpotenziale sind zwar sehr groß, aber ihre Realisierung verursacht oft höhere Umrüstkosten; räumliche und betriebliche Beschränkungen können weitere Hindernisse darstellen (Schnittstellen). Bei Leuchtdioden und anderen avancierten Leuchtsystemen fehlt zum Teil die (Langzeit)Erfahrung. Die Farbqualität und die Responsezeit von energieeffizienten Beleuchtungssystemen wird zum Teil bemängelt.

[Allplan 2005, Dehli 1998, FHG ISI 2001 und 2003]

6.5.5. Bereich Thermische Prozesse

Thermische Prozesse über 500 Grad (10)

In dieser Maßnahmenkategorie geht es um spezifische Verbesserungen bei der Herstellung und Verarbeitung von zahlreichen Grundstoffen und Grundprodukten bei Temperaturen über 500 Grad. Die folgenden Herstellungs- bzw. Verarbeitungsprozesse sind in dieser Maßnahme zusammengefasst: Herstellung von Roheisen, Elektro Stahl, Sekundäraluminium, Primär- und Sekundärkupfer, Primärzink, Kohlenwasserstoffen, Aluminiumoxid und Glas; sowie das Warmwalzen, Sintern und Gießen von Eisen und Stahl, das Nicht-Eisen-Gießen, das Ziegel-, Kalk-, Glas-, Feinkeramik- und Klinkerbrennen, Brennprozesse bei sonstigen Gütern der Steine-und-Erden-Industrie sowie Brennprozesse bei Nicht-Eisen-Halbzeugen. Die einbezogenen Maßnahmen umfassen eine breites Spektrum in der Regel sehr prozessspezifischer technischer Vorkehren *[Details findet man in FHG ISI 2001]*.

Die Quantifizierung lehnt sich stark an Arbeiten des ISI an. Die einzelnen technischen Potenziale addieren sich gesamthaft auf rund 13 % (bezogen auf den gesamten energetischen Input), davon sind knapp ein Drittel wirtschaftlich (5 %).

[Brown 1996, FHG ISI 2001 und 2003, Enquete 2002, Worrell 1999]

Brennprozesse (11)

Die Maßnahme betrifft die Verbesserung von Brennprozessen in der Investitionsgüterindustrie bei Temperaturen über 500 Grad. Erreicht wird dies durch die Substitution von brennstoffbetriebenen Öfen durch Elektroöfen, den vermehrten Einsatz von elektronischen Prozessleitsystemen sowie eine verbesserte Wärmedämmung. Die Maßnahme resultiert also in einem Mehrverbrauch von Elektrizität – trotz der Effizienzgewinne. Das technische Netto-Potenzial liegt bei etwa 10 %, das wirtschaftliche Netto-Potenzial nur unwesentlich tiefer, bei etwa 8 %.

[FHG ISI 2001]

Thermische Prozesse zwischen 200 und 500 Grad (12)

Diese Maßnahme zielt auf energetische Verbesserungen in einem mittleren, in der industriellen Verfahrenstechnik weniger häufiger vorkommenden Temperaturbereich. Es geht dabei um die Herstellung von speziellen chemischen Grundstoffen (Blei, Salze), um Trocknungsprozesse bei der Waschmittelherstellung oder das industrielle Backen. Technisch gesehen bedeutet die Maßnahme den Einbau besserer Öfen, Wärmerückgewinnung, Reduktion der Abgasverluste oder zum Teil neue Prozessdesigns. Die Quantifizierung lehnt sich an die Arbeiten des ISI an (wobei die energetisch günstige Produktsubstitution von trockenem Waschpulver durch flüssige Waschmittel nicht berücksichtigt wird). Gesamthaft ergibt sich ein technisches Potenzial von rund 24 %, wirtschaftlich sind etwa 11 %.

[FHG ISI 2001 und 2003]

Thermische Prozesse unter 200 Grad (13)

Der Hauptteil der im Bereich unter 200 Grad eingesetzten Energie wird für Trocknungsprozesse verbraucht. Zusammen mit den bei der Maßnahme "Sonstige thermische Prozesse" berücksichtigten Energieverbräuchen werden gesamthaft rund 300 PJ für die Trocknung aufgewandt. Der größte Verbraucher ist die Papierindustrie. Die Sparpotenziale kreisen um eine Vielzahl von Verbesserungsmöglichkeiten: Einsatz verbesserter oder angepasster Trocknertechnologien, mechanische Vorentwässerung, Verbesserung der Prozesssteuerung, Absenkung der Arbeitstemperaturen, Kompartimentierung von Trocknern, Verbesserung der Abwärmenutzung, Einsatz von Niedrigtemperatur-Abwärme aus KWK-Anlagen u.a.

Die hier wiedergegebene Quantifizierung bezieht sich auf die Trocknung von Holz, Kohle, Ziegel, Papier, Lacken und Farben, Feinkeramik u.a. sowie auf einige Prozesse aus der Nahrungsmittelindustrie (Zucker, Milchprodukte) und der Textilindustrie. Gewisse Einsparmaßnahmen erhöhen den Elektrizitätsverbrauch, etwa die verstärkte mechanische Vorentwässerung bei der Papierproduktion oder der Einsatz von Hochleistungsquetschern in der Textilindustrie. Die Maßnahmen verlangen zum Teil aufwendige technische Anpassungen. Sie können deshalb in der Regel nur dann durchgeführt werden, wenn ohnehin ein Produktionsunterbruch (Umrüstung, Aufrüstung etc.) geplant ist oder eine neue Anlage gebaut wird. Ausgehend von den Arbeiten des ISI wird ein technisches Nettopotenzial von 14 % und ein wirtschaftliches von 8 % abgeschätzt.

[Basics 2006a, FHG ISI 2001 und 2003]

Sonstige thermische Prozesse (14)

Die Maßnahme umfasst alle jene Bereiche und energetischen Ertüchtigungen, die von andern Maßnahmen noch nicht angesprochen werden ("Restkategorie"). Sie beinhaltet eine Vielzahl von Einzelmaßnahmen: Wärmerückgewinnung, Kaskadennutzung, thermische Isola-

tion (auch im Zusammenhang mit Kühl- und Gefrierprozessen, vornehmlich in der Nahrungsmittelindustrie), Niedertemperaturwärme mit Wärmepumpen, Einsatz von Kondensationskesseln, Brennerersatz u.a. Das technische Potenzial wird relativ hoch eingeschätzt (29 %), das wirtschaftliche auf rund 13 %.

[Basics 1999 und 2006a, Brown 1996, Dehli 1998, FHG ISI 2001 und 2003]

Raumwärme (15)

Typische Komponenten dieser Maßnahme sind: Wärmedämmung, Verbesserung der Haustechnikanlagen, Brennwertkessel, Wärmerückgewinnung, Einsatz von Wärmepumpen, bedarfsgerechte Steuerung, Temperaturabsenkung u.a. Der adressierte Energieverbrauch umfasst auch die Bereitstellung von Warmwasser sowie die Klimatisierung/Lüftung/Kühlung. Die Quantifizierung beruht auf den Potenzialabschätzungen des ISI und einem konservativen Set von Annahmen zum Spektrum der getroffenen Maßnahmen. Ein Teil der Maßnahmen könnte über Energiecontractings realisiert werden. Das technische Potenzial wird auf rund 37 % geschätzt, das wirtschaftliche auf rund 15 %.

[Basics 2006a, FHG ISI 2003]

6.5.6. Bereich Prozessoptimierung

Prozess- und Systemoptimierung (16)

Die Maßnahme bezweckt die energetische Optimierung von ganzen Prozessen und Systemen (z.B. Optimierung der Energieversorgung, Dimensionierung von Ventilationssystemen und Druckluftsystemen, Vermeidung von Leckagen, Kaskadennutzung von Wärme usw.). Die Optimierung versteht sich auf den "systemischen Zusammenhang" – von der Energieversorgung über die primären Verbraucher, zur Regelung bis hin zu den optimal aufeinander abgestimmten Nutzenergieanwendern. Dadurch entstehen Verbrauchsreduktionen bei allen Energieträgern. Typische Elektrizitäts- oder Brennstoff-Maßnahmen, die sich auf einzelne Komponenten beziehen (Wirkungsgradverbesserungen bei Elektromotoren und Arbeitsmaschinen, Drehzahlregulierung, effizientere Wärmeerzeuger, Wärmerückgewinnung, Kaskadennutzung, thermische Isolation, verbesserte Wärmetauscher usw. usw.) sind hier nicht eingerechnet. Die Abgrenzung ist allerdings nicht sehr scharf.

Die Prozessoptimierung erfordert unter Umständen eine relativ tief greifende Umgestaltung von Produktionsprozessen. Soweit es um Prozesse mit Infrastrukturcharakter handelt (etwa Druckluft), kann eine vom eigentlichen Produktionsprozess unabhängige Optimierung vorgenommen werden (vgl. auch die Berichterstattung zur abgeschlossenen Kampagne "Druckluft effizient").

Grundsätzlich sind die Effizienzpotenziale als sehr groß anzusehen. In der Literatur findet man Werte, die bis zu 50 % reichen. Im Sinne einer vorsichtigen Einschätzung wird hier von knapp der Hälfte ausgegangen (rund 22 % für die Elektrizität, 24 % für die Brennstoffe). Die Industrie ist sich des Potenzials der Prozess- und Systemoptimierung sehr bewusst. Allerdings sind die Vorbehalte der Verantwortlichen nicht zu unterschätzen, in laufende Prozesse einzugreifen.

[Allplan 2005, Basics 2006a/b, Dehli 1998, FHG ISI 1999, 2003 und 2006]

6.5.7. Gesamtschau

Paketmaßnahme 1 – 16

Wie oben angedeutet sind die bislang besprochenen Maßnahmen nicht überschneidungsfrei. Dies bedeutet, dass man die Potenziale der einzelnen Maßnahmen nicht einfach zusammenzählen darf, um ein Gesamtergebnis zu erhalten. Die Paketmaßnahme 1 – 16 geht von einem in sich stimmigen Gesamtset der obigen Maßnahmen aus. Gesamthaft ergibt sich ein technisches Sparpotenzial von rund 25 %, etwa 14 % sind davon wirtschaftlich.

6.5.8. Biotechnologie

Beispiel Biotechnologie (18)

Die Maßnahme versteht sich als ein Beispiel für eine technisch und wirtschaftlich machbare Prozesssubstitution. Durch biotechnologische Verfahren können Prozesse bei Normalbedingungen geführt werden, was in der Regel erhebliche energetische Vorteile zur Folge hat. Im Vordergrund stehen biotechnologische Verfahren in der chemischen Industrie (Pharma und Spezialitätenchemie, "rote" Biotechnologie), aber auch in andern Industriezweigen, etwa der Nahrungsmittelindustrie ("weiße" Biotechnologie). In der Literatur streuen die Angaben zu den Einsparpotenzialen im Vergleich zu einem "traditionellen" Verfahren sehr stark; sie variieren je nach Produktionsvoraussetzungen zwischen 0 und 95 %. Die Größe der Effizienzpotenziale hängt maßgeblich vom Bezugsverbrauch ab. Im Sinne einer vorsichtigen Schätzung wird von etwa 90 PJ (Brennstoffe und Elektrizität) ausgegangen und das technische Potenzial auf knapp über 50 %, das wirtschaftliche auf etwa 28 % veranschlagt.

Die Maßnahme steht stellvertretend für viele andere denkbare Maßnahmen, die bestehende Produktionsprozesse durch völlig andere (bzw. neue) Prozesse und Technologieansätze ersetzen. So dürfte die Nanotechnologie bereits in naher Zukunft viele neuartige Produktionsansätze ermöglichen (Katalyse, Filter u.a.), welche die techni-

schen und wirtschaftlichen Energieeinsparpotenziale stark ansteigen lassen dürfte.

[Basics 2006a u.a.]

6.6 Potenziale für Energieeinsparung und Energieeffizienz (IND)

6.6.1. Technisches Potenzial

Zusammenfassung *Im Sinne einer konservativen Einschätzung beträgt das technische Einsparpotenzial für die Industrie rund 25 %. Dabei unterstellt unser Potenzialbegriff lediglich die Einführung bereits jetzt am Markt verfügbarer Techniken. Einsparpotenziale ergeben sich nicht nur durch den Einbau neuer Anlagen oder die energetische Erüchtigung bestehender Anlagen, sondern auch aus der betrieblichen Optimierung. Die Potenziale verstehen sich ohne Ausgrenzung jener Anlagen, die dem EU-Emissionshandel unterworfen sind.*

Potenzialbegriff

Das technische Einsparpotenzial bezieht sich auf das Jahr 2002, sowohl bezüglich der Produktionsmengen ("Mengenkomponente") als auch bezüglich der Verbräuche. Es ist statisch, indem *kein* technologischer Fortschritt und keine Kostendegressionen unterstellt werden. Mit andern Worten: Um das, was technisch möglich gewesen wäre, hätte der Energieverbrauch im Jahre 2002 kleiner sein können. In der wirtschaftlichen Realität wird ein Teil dieser Potenziale im zeitlichen Ablauf autonom ausgeschöpft (weil wirtschaftlich), ein Teil der Potenziale verschwindet (etwa durch Veränderungen in der Mengenkomponente), aber auch neue Potenziale entstehen. Insofern wird hier eine Momentaufnahme präsentiert.

Das, was "technisch" möglich ist, orientiert sich an einer "Best-Practice-Philosophie", also an Lösungen, die am Markt verfügbar sind. Die Messlatte liegt damit bei heute schon realisierten, wirtschaftlich vertretbaren Einsparmaßnahmen und nicht bei dem, was technisch *grundsätzlich* möglich wäre. Wichtig dabei: Das technisch Mögliche ist unabhängig vom Investitionszyklus. Als Beispiel: Durch einen konsequenten Einsatz der Brennwertechnik ließen sich bei Gaskesseln für die Raumwärme im Vergleich zu einem konventionellen Kessel in einer reinen Differenzbetrachtung etwa 12.5 % Energie einsparen – unabhängig davon, ob der konventionelle Kessel gerade eben erst neu eingebaut worden ist oder in Kürze ersetzt werden muss.

Das technische Potenzial umfasst auch jene Maßnahmen, die heute mit "vernünftigem" Einsatz möglich wären, aber aus Kostengründen nicht realisierbar sind. Die Einschränkung "vernünftig" ist hier wichtig, weil die physikalischen Grenzen für die allermeisten Industrieprozesse energetisch gesehen im Vergleich zum aktuellen Stand deutlich

tiefer oder gar nahe bei null liegen. Und das kann und soll mit dem "technischen Potenzial" ja nicht gemeint sein.

Schließlich ist ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass die im Folgenden referierten Potenzialwerte sich als plausible Durchschnittswerte verstehen. Auf Einzelbetriebsebene weisen die Potenziale und ihre zeitlichen Realisierungspfade große Streuungen auf.

Quantifizierung

Die Modellierung der Elektromaßnahmen (inkl. der Optimierungsmaßnahme) basiert auf dem Bottom-up-Modell von Basics. Sie geht von generischen Verteilkurven zur Altersverteilung des Bestandes der verschiedenen Anlagen bzw. Anlagenkomponenten und dessen energetischer Güte aus. Damit ist es möglich, im Vergleich zur jeweiligen technischen Messlatte mit einer einfachen Differenzbildung ein technisches Einsparpotenzial zu definieren. Die gefundenen Resultate wurden anhand der Arbeiten des ISI [FHG ISI 2001 und 2003] überprüft und wenn nötig angepasst.

Die Quantifizierung der Maßnahmen 9 bis 16 wurden im Wesentlichen basierend auf den Arbeiten des ISI [FHG ISI 2001, 2003; Enquete 2002] vorgenommen. Ausgangspunkt waren die Einschätzungen des ISI für den technischen Teil dieser Maßnahmen in Bezug auf das Jahr 1998. Da sich die jeweiligen Bezugsgrößen (Produktionsmengen) zum Teil sehr stark verändert haben (vgl. die entsprechenden Ausführungen zu den wirtschaftlichen Potenzialen), mussten Korrekturen vorgenommen, die auch die zwischenzeitlich erfolgte autonome Realisierung dieser Potenziale berücksichtigen.

Technisches Potenzial

Tabelle 6.6 fasst die für die 18 untersuchten Maßnahmen abgeschätzten technischen Potenziale absolut und relativ zusammen. Gesamthaft ergibt sich ein technisches Potenzial von rund 25 %. Bezogen auf die Elektrizität allein liegt es bei 29 %, bezogen auf die Brennstoffe bei 23 %. Diese Abschätzung ist als konservativ anzusehen und setzt insbesondere keine technologische Weiterentwicklung voraus. Die angegebenen Potenziale ergeben sich nicht nur aus dem Einbau neuer Anlagen oder der energetischen Ertüchtigung bestehender Anlagen, sie ergeben sich auch aus der betrieblichen Optimierung. Die Potenziale verstehen sich im Übrigen ohne Ausgrenzung jener Anlagen, die dem EU-Emissionshandel unterworfen sind.

Maßnahme	Istverbrauch			Techn. Potenzial (absolut)			Techn. Potenzial (%)		
	Strom	Brennstoffe	Gesamt	Strom	Brennstoffe	Gesamt	Strom	Brennstoffe	Gesamt
1	65	0	65	16	0	16	25	-	25
2	490	0	490	83	0	83	17	-	17
3	230	0	230	55	0	55	24	-	24
4	490	0	490	86	0	86	18	-	18
5	490	0	490	25	0	25	5	-	5
6	490	0	490	44	0	44	9	-	9
7	490	0	490	20	0	20	4	-	4
8	77	0	77	30	0	30	39	-	39
9	35	0	35	27	0	27	77	-	77
10	27	763	790	6	100	105	20	13	13
11	18	26	44	-2	7	4	-13	25	10
12	0	30	30	0	7	7	-	24	24
13	8	228	237	-6	40	34	-70	17	14
14	27	307	334	7	89	96	25	29	29
15	22	324	346	3	123	126	15	38	37
16	725	1347	2072	161	289	451	22	21	22
17	819	1710	2529	237	385	623	29	23	25
18	10	80	90	7	40	47	70	50	52

Tabelle 6.6

Gesamtübersicht über die technischen Potenziale in der Industrie (Stand 2002). Die Maßnahme 17 stellt die Gesamtschau über alle Maßnahmen 1 bis 16 dar. Bei den Gesamtangaben werden Brennstoffe und Strom gleich gewichtet.

6.6.2. Wirtschaftliches Potenzial

Zusammenfassung Mit Amortisationszeiten von maximal acht Jahren und Anlagennutzungsdauern, die mindestens um 50 % größer sind, ergibt sich in der Summe ein wirtschaftliches Einsparpotenzial von mindestens 14 %. Dabei werden weder Prozess- noch Produktsubstitutionen unterstellt. Mit steigenden Energiepreisen nehmen die wirtschaftlichen Potenziale tendenziell zu. Allerdings: Die Energiekosten machten im Jahr 2004 im Durchschnitt nur rund 2 % des Bruttoproduktionswertes aus, sind für sich allein genommen, von den energieintensiven Industrien abgesehen, kein starker "Treiber".

Wirtschaftlichkeitsbegriff

Für die Abgrenzung der wirtschaftlichen Potenziale werden zwei Kriterien gleichzeitig verwendet. Zum ersten werden keine Maßnahmen berücksichtigt, deren (statische) Amortisationsdauer mehr als 8 Jahre beträgt. Alles andere wäre unrealistisch angesichts der in vielen Unternehmen sehr restriktiv gehandhabten Pay-Back-Vorgaben: So hat eine kürzlich von Basics in der Schweiz durchgeführte Industriebefragung für energetische Sparinvestitionen als Medianwert der maximal tolerierten Pay-Back-Zeiten einen Wert von ziemlich genau 4 Jahren ergeben [Basics 2006b]. Eine KfW-Befragung zeigte 2005 für Deutschland eine ähnliche Größenordnung [KfW2005]. Zum zweiten

soll die Pay-Back-Zeit maximal zwei Drittel der betrieblichen Lebensdauer erreichen, um die immer bestehenden Planungsunschärfen aufzufangen. In Anlehnung an eine analoge Tabelle bei [Jochem 2005] zeigt die Tabelle 6.7 für die verschiedenen Kombinationen von Pay-Back-Zeiten und Anlagennutzungsdauern die resultierenden internen Zinssätze. Der kleinste resultierende Zinssatz, der den beiden Bedingungen genügt, liegt bei rund 7 %. Dieser Zinssatz entspricht für einen angenommenen externen Contractor i. d. R. einer Mindestanforderung an Verzinsung (ohne die allenfalls notwendige Risikoprämie) und dürfte damit eine faire Kriterium für die Wirtschaftlichkeit von Einsparmaßnahmen darstellen.

Amortisationszeit (Jahre)	Anlagennutzungsdauer (Jahre)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0%	62%	84%	93%	97%	98%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2		0%	23%	35%	41%	45%	47%	48%	49%	49%	49%	50%	50%	50%	50%
3			0%	13%	20%	24%	27%	29%	30%	31%	32%	32%	32%	33%	33%
4				0%	8%	13%	16%	19%	20%	21%	22%	23%	23%	24%	24%
5					0%	5%	9%	12%	14%	15%	16%	17%	18%	18%	18%
6						0%	4%	7%	9%	11%	12%	13%	13%	14%	14%
7							0%	3%	5%	7%	8%	9%	10%	11%	11%
8								0%	2%	4%	6%	7%	8%	9%	9%
9									0%	2%	4%	5%	6%	7%	7%
10										0%	2%	3%	4%	5%	6%
11											0%	1%	2%	3%	4%
12												0%	1%	2%	3%
13													0%	1%	2%
14														0%	1%
15															0%

Tabelle 6.7

Interne Zinssätze bei unterschiedlichen Kombinationen von Pay-Back-Dauer (Amortisationszeit) und Anlagennutzungsdauer. Der grau unterlegte Bereich wird in der vorliegenden Untersuchung als "wirtschaftlich" betrachtet.

Damit die in obiger Tabelle genannten internen Zinssätze mit Effizienzmaßnahmen effektiv erreicht werden können, wird man in aller Regel nur passend zum üblichen Investitions- und/oder Ersatzzyklus Energieeffizienzmaßnahmen realisieren können. Mit andern Worten: Die landesweite Realisierung dieser Maßnahmen ist automatisch über viele Jahre verteilt. Alles andere wäre kaum wirtschaftlich. Aus obiger Tabelle lassen sich direkt auch statische Grenzkosten für die eingesparte Energie ableiten. Diese erreichen im Maximum etwa 70 % der Kosten für den vermiedenen Energieverbrauch (entsprechend dem vorausgesetzten maximalen Verhältnis von Amortisationsdauer zur Anlagennutzungsdauer).

Quantifizierung

Soweit im Rahmen dieser Untersuchung durch den Auftragnehmer

selber generische Wirtschaftlichkeitsrechnungen durchgeführt wurden (vornehmlich im Elektrizitätsbereich, Maßnahmen 1 bis 7 und Maßnahme 17), wurden die genannten Wirtschaftlichkeitskriterien natürlich explizit berücksichtigt. Bei den übrigen Maßnahmen, die sich auf die Arbeiten anderer Institute stützen (vor allem auf das ISI), wurde versucht, aus dem Kontext jeweils abzuschätzen, inwieweit die jeweils angegebenen wirtschaftlichen Potenziale etwa den obigen Kriterien entsprechen oder nicht, und wo nötig entsprechende pauschale Korrekturen anzubringen.

Wie schon bei den technischen Potenzialen erwähnt geht die Modellierung der Elektromaßnahmen 1 bis 8 und der Optimierungsmaßnahme 17 von generischen Verteilkurven zur Altersverteilung des Bestandes der verschiedenen Anlagen bzw. Anlagenkomponenten aus. Damit ist es möglich, die Entwicklung der Kohorten im Zeitablauf zu verfolgen bzw. die energetische Ertüchtigung des Parks nach Maßgabe der üblichen Investitionszyklen einigermaßen realistisch abzubilden. Basieren auf einer von Basics 2006 durchgeführten Befragung in der Schweizer Industrie [*Basics 2006b*] wurde zusätzlich berücksichtigt, welche relative Bedeutung die einzelnen Maßnahmen aus Unternehmenssicht differenziert nach den wichtigsten Branchen aufweisen.

Produkt (Bezugsgröße ISI)	Veränderung 2002 - 1998 (%)	Produkt (Bezugsgröße ISI)	Veränderung 2002 - 1998 (%)
Primäraluminium	6.6	Investitionsgüter-Produktion	7.2
Roheisenerzeugung	-2.4	Glasherstellung	0.4
Elektrostahl	9.2	Feinkeramik	-16.1
Oxygenstahl	-0.5	Primärblei	-12.4
Walzstahl	2.2	Kalisalz	61.8
Sintern von Erzen	-8.7	Waschmittel	19.1
Eisen und Stahlgießerei	16.9	Backwaren	23.0
Nichteisen-Gießereien	7.9	Kohletrocknung	-35.9
Sekundäraluminium	47.0	Ziegelproduktion	-21.8
Primärkupfer	10.8	PVC Herstellung	12.3
Sekundärkupfer	-2.4	Soda	61.8
Primärzink	13.4	Holz	4.6
Nichteisen-Halbzeuge	-48.8	Papier	13.8
Ziegelherstellung	-21.8	Feinkeramische Güter	-16.1
Kalkbrennen	-27.2	Textilherstellung	-11.9
Zementklinker	-17.5	Zuckerproduktion	-14.1
Olefinherstellung	-20.1	Milchprodukte	16.1
Aluminiumoxid-Produktion	4.3	Futtermittel	7.6

Tabelle 6.8

Veränderung der maßgeblichen Produktionswerte 2002 – 1998 für die Modellierung der Maßnahmen 9 bis 16

[Quellen: Statistisches Bundesamt; www-genesis.destatis.de; Stahl-online: www.stahl-online.de; Horst Aichinger, Stahlinstitut VDEh; CO2-Monitoring - Fortschrittsbericht der Stahlindustrie in Deutschland für die Berichtsjahre 2000 bis 2003; Wirtschafts-Vereinigung Metalle, Gesamtverband der Aluminiumindustrie Gesamtverband der Deutschen Buntmetallindustrie Gesamt-

verband Deutscher Metallgießereien, www.wvmetalle.de; GDA Gesamtverband der Aluminiumindustrie e. V.; Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V.; www.bdzement.de; Gesamtverband des deutschen Steinkohlenbergbaus, www.deutsche-steinkohle.de; Bundesverband Glasindustrie e.V.; www.bvglas.de; Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt e.V.; www.agpu.de; Verband Deutscher Papierfabriken, www.vdp-online.de

Die Maßnahmen 9 bis 16 wurden im Wesentlichen basierend auf den Arbeiten des ISI [FHG ISI 2001 und 2003; Enquete 2002] quantifiziert. Ausgangspunkt waren die Einschätzungen des ISI für den wirtschaftlichen Teil dieser Maßnahmen in Bezug auf das Jahr 1998. Da die Energiepreise im Jahre 2002 deutlich höher sind als im Jahr 1998 (vgl. nächster Abschnitt) und auch die jeweiligen Bezugsgrößen (Produktionsmengen) zum Teil sehr stark verändert haben (vgl. Tabelle 6.8), wurden Korrekturen vorgenommen, die u. a. die preisbedingte Vergrößerung der Potenziale (s. u.) aber auch die zwischenzeitlich erfolgte autonome Realisierung dieser Potenziale berücksichtigen.

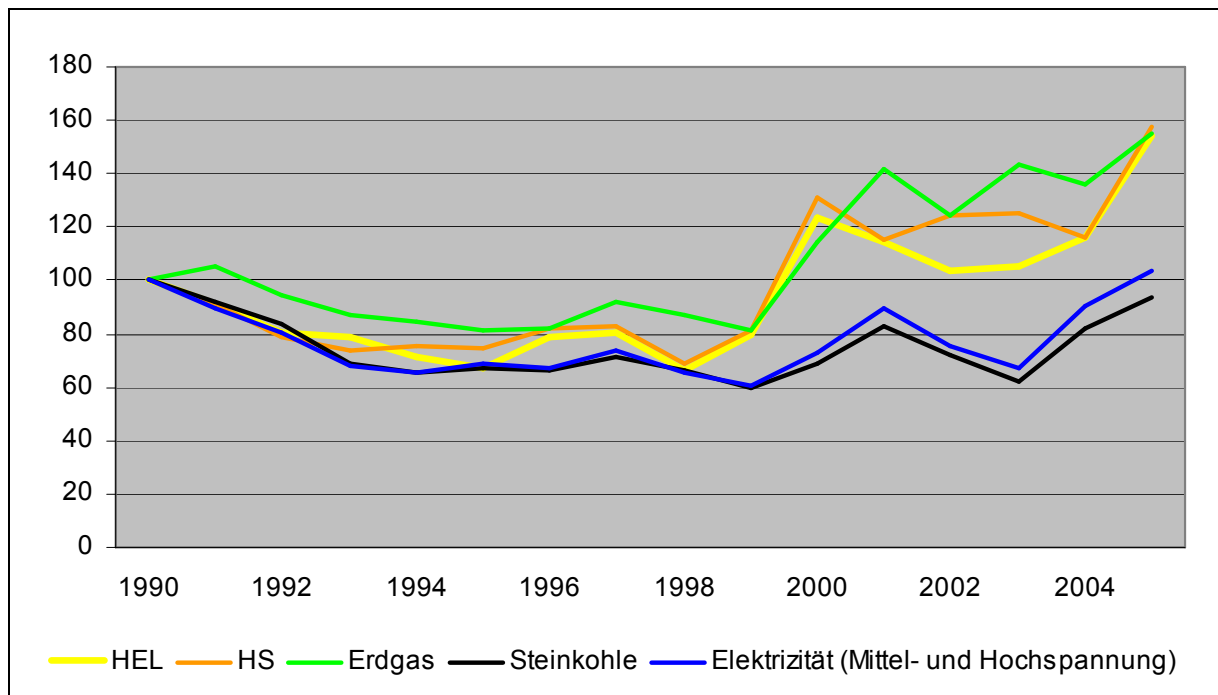


Abbildung 6.2

Reale Energiepreise für die Industrie 1990 bis 2005 (Indices; 1990 = 100; Quelle: Prognos)

Energiepreise

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. zeigt für den Zeitraum 1990 bis 2005 die reale Entwicklung der industriellen Energiepreise für die wichtigsten Energieträger in Indexform. Daraus geht hervor, dass bis Ende der 90er Jahre die Preise bei relativ kleinen Schwankungen eine klar sinkende Tendenz aufwiesen. Mit dem Jahr 2000 hat sich die Energiepreissituation grundlegend geändert. Erdöl und Gas haben sich massiv verteuert, und auch Kohle und Elektrizität sind deutlich teurer geworden, erreichen 2005 aber erst wieder das Niveau des Jahres 1990. Für die Abschätzung der wirt-

schaftlichen Potenziale wird vom Energiepreisniveau des Jahres 2002 ausgegangen.

Wirtschaftliche Potenziale

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. fasst für alle Maßnahmen, inkl. dem Gesamtpaket (Maßnahme 17), die wirtschaftlichen Potenziale zusammen. Man beachte, dass die Angaben als Branchen-Durchschnittswerte zu interpretieren sind. Die einzelnen Unternehmen weisen in der Regel ganz unterschiedlich große relative Sparpotenziale auf. Das Gesamtpaket umfasst *keine* Prozesssubstitutionen, für welche Maßnahme 18 ein typisches Beispiel darstellt. Gesamthaft folgt für die Industrie ein wirtschaftliches Potenzial für die Elektrizität von rund 16 % für die Brennstoffe von rund 13 %. Wenn beide Energieformen gleich gewichtet werden, ergibt sich ein Gesamtpotenzial von rund 14 %.

Dass die Potenziale bei der Elektrizität etwas höher ausfallen, hat einerseits mit dem Querschnittscharakter der Elektrizität zu tun, andererseits mit der im Vergleich zu den Brennstoffen deutlich weniger ausgeprägten "Spartradition". Entsprechend sind die Potenziale etwas größer, um so ausgeprägter auch, als sich in den letzten Jahren die relativen Preisrelationen eher zugunsten der Elektrizität entwickelt haben.

Maßnahme	Istverbrauch			Wirtschaftl. Potenzial (absolut)			Wirtschaftl. Potenzial (%)		
	Strom	Brennstoffe	Gesamt	Strom	Brennstoffe	Gesamt	Strom	Brennstoffe	Gesamt
1	65	0	65	5	0	5	7	-	7
2	490	0	490	46	0	46	9	-	9
3	230	0	230	22	0	22	9	-	9
4	490	0	490	15	0	15	3	-	3
5	490	0	490	5	0	5	1	-	1
6	490	0	490	5	0	5	1	-	1
7	490	0	490	4	0	4	1	-	1
8	77	0	77	7	0	7	8	-	8
9	35	0	35	20	0	20	56	-	56
10	27	763	790	2	40	42	7	5	5
11	18	26	44	-2	5	4	-10	21	8
12	0	30	30	0	3	3	-	11	11
13	8	228	237	-3	22	19	-40	10	8
14	27	307	334	3	40	43	10	13	13
15	22	324	346	1	62	63	6	19	18
16	725	1347	2072	61	47	108	8	3	5
17	819	1710	2529	132	220	352	16	13	14
18	10	80	90	5	20	25	50	25	28

Tabelle 6.9

Gesamtübersicht über die wirtschaftlichen Potenziale in der Industrie (Stand 2002). Die Maßnahme 17 stellt die Gesamtschau über alle Maßnahmen 1 bis 16 dar.

Es ist hier nochmals zu betonen, dass nicht alle möglichen (und zum Teil auch wirtschaftlichen) Maßnahmen mit einbegriffen sind – etwa

im IuK-Bereich oder im Bereich der Prozesssubstitutionen. Weiter ist zu beachten, dass diese Potenziale vor allem auch deshalb als wirtschaftliche Potenziale adressiert werden, weil ihre Realisierung an die jeweils üblichen Investitionszyklen gekoppelt ist. Rund 80 % der ausgewiesenen Effizienzpotenziale dürften so bis ins Jahr 2016 ceteris paribus realisierbar sein.

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass ein Teil dieser Potenziale *autonom* realisiert wird. Basierend auf vorsichtigen Schätzungen dürfte diese autonome Ausschöpfung (abhängig von den Energiepreisen, siehe auch nächsten Abschnitt, und der konjunkturellen Lage) 30 bis 40 Prozent betragen.

Branchen	1998			2002			2004		
	BPW in Mrd. €	Energiekosten in Mrd. €	Energie- kosten in %	BPW in Mrd. €	Energiekosten in Mrd. €	Energie- kosten in %	BPW in Mrd. €	Energiekosten in Mrd. €	Energie- kosten in %
Nahrung Getränke Tabak	132.3	1.9	1.4	148.8	2.1	1.4	152.9	2.5	1.6
Bekleidung	31.1	0.5	1.6	27.8	0.4	1.6	25.7	0.4	1.5
Holz	16.1	0.3	2.0	15.6	0.4	2.3	15.5	0.4	2.6
Papier und Karton	27.7	1.2	4.3	32.1	1.4	4.3	31.9	1.6	5.1
Druck	39.7	0.4	0.9	41.7	0.3	0.8	41.0	0.4	1.0
Chemie	120.5	3.9	3.2	137.0	4.0	2.9	144.7	4.2	2.9
Gummi & Kunststoffe	48.9	1.0	2.0	55.2	0.9	1.7	58.3	1.1	1.9
Glas	8.4	0.5	5.5	9.5	0.5	4.9	9.0	0.5	5.9
Keramik und Ziegel	6.5	0.4	6.0	5.9	0.4	6.1	5.9	0.4	6.4
Zement	3.4	0.5	14.4	2.5	0.4	14.4	2.7	0.5	17.5
übr. NM.Mineralien	17.8	0.5	2.7	15.6	0.5	2.9	16.1	0.5	3.1
Metalle, Giessereien	38.2	3.1	8.2	39.6	2.9	7.2	48.4	3.6	7.4
NE-Metalle	17.0	0.7	4.2	22.9	0.8	3.5	23.5	0.8	3.6
Metallerzeugnisse	71.4	1.1	1.5	75.3	1.0	1.3	82.0	1.2	1.5
Maschinenbau	145.8	1.3	0.9	161.2	1.1	0.7	170.0	1.4	0.8
Fahrzeugbau	227.3	1.6	0.7	300.2	1.8	0.6	326.5	2.0	0.6
Geräte	150.6	1.1	0.7	173.3	1.0	0.6	187.4	1.2	0.6
Rest	33.5	0.7	2.0	32.8	0.7	2.0	33.3	0.7	2.1
Baugewerbe	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Ind. Kleinverbrauch	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Total	1136.2	20.6	1.81	1296.8	20.4	1.58	1374.7	23.3	1.70
Endenergieverbrauch* (PJ)	2397			2322			2460		

* ohne Baugewerbe und industriellem Kleinverbrauch

Tabelle 6.10

Entwicklung von Bruttoproduktionswert und Energiekosten (Quelle: Statisches Bundesamt, AG Energiebilanzen, eigene Berechnungen, Angaben zu laufenden Preisen)

Einfluss der Energiepreise

Zunächst zeigt Tabelle 6.10, wie sich der Anteil der Energiekosten gemessen am Bruttoproduktionswert entwickelt hat. Überraschenderweise macht sich die starke Energiepreiserhöhung um 2000 kaum bemerkbar. Für alle Branchen zusammengenommen hat der Energiekostenanteil tendenziell sogar abgenommen, auch wenn die Aus-

gaben für Energie natürlich zugenommen haben. Die Tabelle macht auch deutlich, wie unterschiedlich die "Energiekostensensitivität" der verschiedenen Branchen ist. Sie reicht von 0.6 % (Fahrzeugbau, Geräte) bis zu 17.5 % (Zement).

Was bedeuten höhere Energiepreise für die Effizienzpotenziale? Zunächst bleiben die technischen Potenziale davon weitgehend unberührt. Sie markieren ja definitionsgemäß eine technologische und keine ökonomische Grenze. Allerdings: Wenn die Energiepreise ein "kritisches" Niveau bleibend übersteigen, werden als Folge einer forcierteren technologischen Entwicklung die technischen Potenziale anwachsen, indem einerseits stärker greifende klassische Einspartechiken die Marktreife erreichen, andererseits Prozesssubstitutionen immer attraktiver werden.

Die Effekte auf die wirtschaftlichen Potenziale sind komplizierter. Zunächst ist klar, dass sich die Wirtschaftlichkeit gemessen an der Pay-Back-Dauer umgekehrt proportional zur Veränderung der Energiepreise verbessert: Bei einer 50-%-igen Verteuerung der Energie reduziert sich die Pay-Back-Zeit um 33 %. Damit wird zunächst die autonome Ausschöpfung der wirtschaftlichen Potenziale beschleunigt. Die Potenziale selber werden aber auch vergrößert; allerdings ist das Ausmaß nur schwer abschätzbar; denn konkurrierende Effekte sind im Spiel: Zunächst mal die oben schon erwähnten Prozesssubstitutionen, die Sprungeffekte in den Kosten verursachen können, aber auch sich bereits anbahnende und jetzt sich schneller vollziehende Produktsubstitutionen. So ist beispielsweise denkbar, dass die Substitution von klassischem Zeitungspapier durch elektronisches Papier durch höhere Energiepreise eine deutliche Förderung erhält, mit der Folge, dass sich der Energieverbrauch gesamthaft reduziert – damit aber auch die wirtschaftlichen Sparpotenziale.

6.6.3. Hemmnisse

Zusammenfassung Gerade in der Industrie sind die Hemmnisse zur Realisierung von an sich wirtschaftlichen Einsparpotenzialen besonders vielfältig und verlangen nach einer passenden Adressierung durch geeignete Instrumente. Allerdings muss dabei beachtet werden, dass (noch) nicht ausgeschöpfte wirtschaftliche Potenziale a priori kein Marktversagen darstellen, sondern im Sinne der ökonomischen Effizienz durchaus Sinn machen können.

Mit der Identifikation von so genannten "Hemmnissen" versucht man das Phänomen greifbar zu machen, dass vorhandene Potenziale zur wirtschaftlichen Optimierung eines Unternehmens nicht oder nur unzureichend ausgeschöpft werden. Es gibt eine ganze Reihe von einschlägigen nationalen und internationalen Untersuchungen über die Ursachen [vgl. die Auflistung in Basics 2006a]. Speziell sei hier auf eine Untersuchung von BHP [BHP 1999] hingewiesen, mit der an-

hand von ganz konkreten, realisierten und nicht realisierten Investitionsvorhaben in der schweizerischen Papierindustrie die Sparhindernisse ausgeleuchtet und das komplizierte Geflecht und der Facetten-Reichtum der Hemmnisse etwas fassbarer gemacht werden.

Gerade in dieser Vielschichtigkeit liegt denn auch die grundlegende Schwierigkeit für eine Hemmnis-Analyse: Verschiedenste Hemmnistypen sind im Spiel und beeinflussen einander gegenseitig. Und: Nicht oder noch nicht ausgeschöpfte wirtschaftliche Potenziale müssen nicht unbedingt ein Marktversagen darstellen, sie können ökonomisch gar sinnvoll sein (Opportunitäten).

Allgemein wird in Energieeffizienz eher bei stabilen wirtschaftlichen Verhältnissen und klaren Rahmenbedingungen investiert. Unsichere Rahmenbedingungen und unklare Zukunftsaussichten behindern eine längerfristig orientierte Unternehmenspolitik und damit auch die Realisierung von Energiesparmaßnahmen [FHG ISI 2003]. Dazu gehören insbesondere fehlende oder unklare klima- und umweltpolitische Vorgaben, stark schwankende Energiepreise und die schwer fassbaren Auswirkungen der Globalisierung [Böde 2000].

Diese Unsicherheiten resultieren einerseits in aufgeschobenen Effizienzmaßnahmen, andererseits in restriktiven Pay-Back-Vorgaben. Längerfristig wirksame Investitions-Entscheidungen werden tendenziell vermieden, außer sie erscheinen aus Konkurrenzgründen absolut zwingend [FHG ISI 2003].

Im Sinne einer einfachen Kategorisierung werden im Folgenden die Hemmnisstränge Information, Recht, Finanzen, Organisation und Akteure etwas eingehender diskutiert.

Informationelle Hemmnisse

Informationsdefizite gehören mit zu den Hauptursachen für nicht realisierte Energieeffizienzmaßnahmen [Basics 2006b, FHG ISI 2003, Jochem 2005, KfW 2005].

Zunächst auf der Unternehmensseite: Tatsächlich ist häufig gar nicht bekannt, wo man wie zu welchem Preis Energie effizienter einsetzen könnte. Größere Unternehmen haben zwar die rationelle Energieverwendung weitgehend systematisiert und oft einen Energiebeauftragten im Einsatz, doch den kleineren Unternehmen fehlt intern vielfach das nötige Know-how. Laut der KfW-Befragung von 2005 sind rund einem Viertel der befragten Unternehmen ihre Sparmöglichkeiten unbekannt [KfW 2005]. Oder die Einsparpotenziale werden oft massiv unterschätzt, etwa auf unter 10 % taxiert, obwohl häufig 20 % bis 30 % realisierbar wären [Böde 2000]. Das fehlende Know-how auf Unternehmensebene manifestiert sich auch bei der mangelnden Bestellerkompetenz. So sind sich beispielsweise die wenigsten Besteller bewusst, dass die so genannten Life-Cycle-Costs eines größeren Elektromotors zum überwiegenden Teil durch die Elektrizitätskosten

bestimmt werden und nur (sehr) wenig durch die Anschaffungskosten des Motors oder dessen Steuerung selbst.

Dann sind aber auch Informationsdefizite auf *Experten-Niveau* festzustellen. Das Know-how bei wohl definierten klassischen Systemen oder Teilsystemen (etwa bei Elektromotoren, Druckluft, Wärmerückgewinnung, Heißdampferzeugung usw.) ist sehr wohl vorhanden, deutlich weniger aber im Bereich der Prozess- und Systemoptimierung. In diesem energetisch besonders interessanten Bereich scheint es tatsächlich ein eigentliches "Expertendefizit" zu geben.

Schließlich ist auch ein Informationsdefizit bei den *Konstrukteuren* festzustellen, die die Prozessanlagen effektiv bauen. Einerseits wird aus Sicherheitsüberlegungen heraus oft überdimensioniert (weil z.B. die effektiven Prozessanforderungen zu wenig genau bekannt sind) oder die technischen Möglichkeiten zur Energieeinsparung werden zu wenig gesehen (etwa im Zusammenhang mit der Rückspeisung).

Rechtliche Hemmnisse

Die rechtlichen Hemmnisse lassen sich grob in zwei Kategorien aufteilen: Staatliche Vorgaben / Vorschriften einerseits und Verträge / Abmachungen mit Dritten andererseits.

Bezüglich der staatlichen Vorgaben / Vorschriften stehen jene des Umweltschutzes oder der Arbeitssicherheit im Vordergrund, die zum Beispiel durch unpassende Detailregelungen teure Zusatzabklärungen oder -investitionen zur Folge haben können.

Bezüglich der Verträge /Abmachungen mit Dritten sind ganz verschiedene Typen von Hemmnissen auszumachen. So kann durch die Rückspeisung von Energie in das Netz eine Oberwellenverunreinigung die Folge sein, so dass die (notwendigen) technischen Auflagen des Netzbetreibers die Rückspeisung verteuern oder gar ausschließen. Oder der (nachträgliche) Ersatz von wenig effizienten durch effizientere Elektromotoren wird durch Garantievorbehalte des Anlagenherstellers verunmöglicht. Schließlich kann auch eine komplizierte vertragliche Bindung bei Contracting- Lösungen die Entscheidung gegen eine Effizienzmaßnahme zur Folge haben.

Gesamthaft gesehen werden die rechtlichen Hemmnisse aber doch als eher gering eingestuft.

Finanzielle Hemmnisse

Die Hemmnisse bei der Finanzierung von Energiesparmaßnahmen sind nach unserer Einschätzung die wichtigsten. Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Opportunitätskosten: Sparinvestitionen stehen immer in Konkurrenz zu anderen Investitionen, welche lukrativer sind oder mehr im Kern-

geschäft der Unternehmung liegen. Selbst wenn keine finanziellen Restriktionen bestehen, sind Opportunitäten ganz grundsätzlich wichtig: So herrscht heute in vielen Branchen regelrecht Hochkonjunktur, mit einer Prioritätenliste, bei der die Energie weit nach unten gerutscht ist.

Transaktionskosten: Oft übertreffen die Transaktionskosten die Kosten für die eigentliche Sparinvestition bei weitem und verkehren eine zunächst wirtschaftlich erscheinende Maßnahme in ihr Gegenteil.

Restriktive Pay-Back-Vorgaben: Ein zentrales Sparhindernis stellen in vielen Unternehmen restriktive Pay-Back-Vorgaben für Investitionen dar. Diese liegen nach den bereits zitierten Untersuchungen (vgl. Abschnitt 6.6.2) in der Größenordnung von etwa vier Jahren – obwohl die Lebensdauer von vielen Energiesparmaßnahmen deutlich größer ist. Damit werden von Energiesparmaßnahmen tendenziell unrealistisch hohe Rentabilitäten erwartet. Die oft niedrige Eigenkapitalausstattung der Unternehmen und strenge Kreditvergabekriterien erschweren zusätzlich die Finanzierung von Investitionen.

Geringe Bedeutung der Energiekosten: Ein wichtiges Hemmnis stellt die in der Regel an sich geringe Bedeutung der Energiekosten selbst dar (vgl. Abschnitt 6.6.2). Energiesparmaßnahmen werden in der Erfolgsrechnung nicht wirklich sichtbar. Andere "Sparprogramme" sind dann interessanter. Entsprechend sind die Energiekosten für sich allein nur selten alleiniger Auslöser für eine Einsparinvestition (von wirklich energieintensiven Unternehmen abgesehen).

Organisatorische Hemmnisse

Auch die inner- und überbetrieblichen Organisationsstrukturen können ein wichtiges Hemmnis darstellen. Sie lassen sich etwas wie folgt zusammenfassen:

Keine Störung / Beeinträchtigung laufender Prozesse: Energetisch motivierte Eingriffe in einen ansonsten gut funktionierenden Produktionsprozess können Störungen, Beeinträchtigungen oder gar Stillstände zur Folge haben. Viele Unternehmen sind nicht bereit, die damit verbundenen Risiken in Kauf zu nehmen.

Man kauft Anlagen, nicht einzelne energieverbrauchende Komponenten: Damit verschiebt sich die "energetische Verantwortung" vom Anlagenbetreiber zum Anlagenhersteller. Dieser hat wenig Anreiz, energieeffiziente Anlagen zu bauen; denn diese werden damit zumeist teurer, auch wenn die schon erwähnten Life-Cycle-Costs abnehmen.

Geteilte Verantwortlichkeiten: Hier sind die verschiedenen Variationen des klassischen "Investor-Nutzer-Dilemmas" gemeint. Etwa: Wenn die Aufgabe des technischen Leiters vor allem in einem sicheren, qualitativ hoch stehenden Anlagenbetrieb liegt, dann hat er kaum einen Anreiz, die Energiekosten senken zu wollen. Gleichzeitig

schauf der Einkäufer bei einer Neuinvestition eher auf den Preis als auf den Verbrauch einer Anlage.

Akteursbezogene Hemmnisse

Gerade in Zeiten der konjunkturellen Erholung fehlt es den relevanten Akteuren wie schon oben angetönt vielfach einfach an Zeit (und damit auch an Motivation), sich auch noch um Energiesparmaßnahmen zu kümmern.

Die rationelle Energieverwendung ist in vielen Unternehmenskulturen auf eine Art Leitfigur angewiesen, die sich des Themas Energie annimmt, die Mitarbeiter motiviert. Fehlt diese Figur, dann passiert oft gar nichts oder nur das Notwendigste.

Ein nicht zu unterschätzendes Problem besteht schließlich in der weit verbreiteten Unattraktivität von Energiesparmaßnahmen, da man mit diesen in vielen Unternehmenskulturen noch immer kein sehr positives Image verbunden ist.

6.6.4. Fazit und Ausblick

Zunächst: Das heutige Niveau des (spezifischen) Energieverbrauchs ist keine unabänderliche Größe; die hier ausgewiesenen konventionellen technischen Potenziale sind beträchtlich, und auch die wirtschaftlichen Potenziale sind ceteris paribus bei allen Vorbehalten bezüglich der Genauigkeit und Verlässlichkeit der Analysen klar größer als 10 Prozent.

Wichtig scheint im Übrigen, dass man sich bei der "Instrumentenfrage" zur Realisierung der Effizienzpotenziale bewusst ist, dass erstens ein Teil dieser Potenziale autonom ausgeschöpft wird und zweitens, dass sehr große Unterschiede von Branche zu Branche, von Unternehmen zu Unternehmen und von Prozess zu Prozess bestehen. Daraus ergibt sich, dass ein instrumenteller "Bottom-up-Ansatz" (sei es über Detail-Vorschriften, sei es über ganz spezifische Kampagnen), von Ausnahmen abgesehen, nicht sehr zielführend sein dürfte⁽¹³⁾. Vielmehr müsste es im Sinne eines "Top-Down-Ansatzes" eher darum gehen, die Energie auf der Prioritätenliste der Unternehmen nach oben zu bringen und diese so zu veranlassen, aus Eigeninteresse nach Möglichkeiten für einen effiziente(re)n Energieeinsatz zu suchen.

Hierzu könnten obligatorische Audits, auf Branchenebene organisierte Benchmarkgruppen oder Ähnliches dienen, bei denen es vor allem für die KMU's zunächst einfach mal darum gehen würde, dass sie eine erste (eventuell subventionierte) grobe Einschätzung ihrer Effi-

zientzpotenziale erhalten würden. Je nach Größe dieser Potenziale würde dann im Rahmen einer Feinanalyse ein passendes Maßnahmenpaket geschnürt

7. Transport & Verkehr (VERK)

Gesamtverbrauch im Sektor Verkehr						
	Istverbrauch (PJ), 2002	Techn. Potenzial (PJ)	Wirt. Potenzial (PJ)	Techn. Potenzial	Wirt. Potenzial	
Kraftstoffe	2621	186	394	7%	15%	
Strom	58	0	0	0%	0%	
Bezeichnung Maßnahme						
Einführung Pkw-Maut auf BAB (Variante 1)	433	-	11		3%	
Einführung Pkw-Maut auf BAB (Variante 2)	433	-	19		4%	
Erhöhung Lkw-Maut auf BAB	201	-	3		1%	
Alternierendes Sonntagsfahrverbot für MIV	1513	-	58		4%	
Umfassendes Tempolimit auf BAB für Pkw	433	-	14		3%	
Verbesserung der Fahrradwege und -netze	1513	-	41		3%	
Mobilitätsmanagement für MIV	1513	-	9		1%	
Kommunikationsmaßnahmen, Imagekamp.	2305	-	47		2%	
Fahrertraining für MIV-Fahrer	530	-	53		10%	
Optimierung Antriebe und Kraftstoffe - Pkw	1513	151	106	10%	7%	
Optimierung Antriebe und Kraftstoffe - Lkw	700	35	33	5%	5%	

Tabelle 7.1

Überblick über technische und wirtschaftliche Potenziale (Erwartungswerte) im Sektor Verkehr [Prograns 2007]

Zusammenfassung

Der Endenergieverbrauch im Sektor Transport & Verkehr betrug im Jahre 2002 rund 2679 PJ. Aufgrund seines hohen Anteils am Gesamtverbrauch stellt insbesondere der motorisierte Individualverkehr ein wichtiges Zielsegment für Energiesparmaßnahmen dar.

Ein breiter Maßnahmenkatalog wird zunächst anhand von Schlüsselkriterien bewertet, um somit eine Auswahl von Energiesparmaßnahmen treffen zu können, die im Sinne der „EDL-Richtlinie“ geeignet erscheinen.

Mit der vorgeschlagenen Maßnahmenauswahl, die verhaltenssteuernde und technische Maßnahmen enthält, kann es gelingen, beachtliche Energieeinsparpotenziale zu erzielen.

Das Einsparpotenzial insgesamt („Erwartungswerte“ bei verhaltensbezogenen Maßnahmen + „technische Potenziale“ bei technischen Maßnahmen) beträgt für die ausgewählten Maßnahmen im Sektor Transport & Verkehr rund 16 %. Die wirtschaftlichen Potenziale liegen mit 14 bzw. 15 % nahezu auf gleicher Höhe.

Die Kraftstoffpreise haben sich seit 1970 bis 2006 etwa vervierfacht (Kraftstoffpreise für Diesel auf deutlich niedrigerem Niveau als Benzin). Die Kraftfahrer haben darauf lange Zeit kaum reagiert. Erst seit

1998 sinken die Pkw-Gesamtfahrleistungen mit Otto-Motor tendenziell, während die Pkw-Gesamtfahrleistungen mit Diesel-Motor seit 2000 steigen.

Akzeptanzprobleme und Informationsdefizite über den Nutzen (Einspareffekte) von Maßnahme sind eine relativ bedeutsame Hemmniskategorie, da verhaltenssteuernde Maßnahmen, häufig subjektiv als Einengung und Beschränkung empfunden werden. Zum Abbau von Informations- und Motivationsdefiziten und zur Erhöhung der Akzeptanz von Maßnahmen sind Kommunikations- und Informationskampagnen als Unterstützungs- und Begleitmaßnahme ein wichtiges Instrument.

Im Hinblick auf die Umsetzung von Maßnahmen ist es wichtig, ein kohärentes Gesamtpaket (Maßnahmenbündel) zu bilden, das die verschiedenen Synergien und Konflikte der einzelnen Maßnahmenbestandteile berücksichtigt.

7.1 Ausgangslage & Zielsetzung (VERK)

Der Endenergieverbrauch des Sektors Verkehr betrug im Jahre 2002 rund 2621 PJ (knapp 30 % des gesamten Endenergieverbrauchs). Damit erweist sich auch der Sektor Verkehr als ein wichtiges Handlungsfeld für Energieeinsparmaßnahmen. Zwar sind in der Vergangenheit große Fortschritte bei technischen Entwicklungen erzielt worden, die sich auf die spezifischen Kraftstoffverbräuche auswirken. Die Erschließung weiterer Energieeffizienzpotenziale ist aber vor dem Hintergrund der Nachfrageentwicklung im Verkehr von großer Bedeutung.

Ausgehend von einem breit gefächerten Maßnahmenspektrum sollen die Energieeinspar- und -effizienzpotenziale geeigneter, innerhalb des Zeitrahmens der EDL-Richtlinie umsetzbarer Maßnahmen systematisch identifiziert, bewertet und erschlossen werden.

Es gibt bereits eine umfangreiche Sammlung an Materialien, welche sich mit Energiespar- und Effizienzpotenzialen, u.a. auch im Verkehr, befasst haben. Es gilt daher nicht so sehr, grundlegend neue Erhebungen durchzuführen, sondern vorliegende Erkenntnisse so gut wie möglich zu nutzen. Dabei ist Durchgängigkeit, Systematik, Vergleichbarkeit, insbesondere auch Aktualität zu gewährleisten, um eine Grundlage für anstehende politische Entscheidungen zu gewinnen.

7.2 Methodische Vorüberlegungen (VERK)

Das Maßnahmenspektrum im Sektor Verkehr ist sehr breit und inhomogen. Es besteht im Wesentlichen aus verhaltenssteuernden Maßnahmen, die vor dem Hintergrund des Verkehrswachstums und der modalen Entwicklung eine große Bedeutung haben, und technischen

Maßnahmen. Zwischen den einzelnen Maßnahmen bestehen zahlreiche Interdependenzen, die das exakte Ermitteln von Maßnahmenwirkungen und damit auch die optimale Dosierung von Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs außerordentlich schwierig gestalten.

Die klare Definition der Maßnahme ist daher der erste Schritt der Ermittlung von Energieeinsparpotenzialen. Die Wirkung einer Maßnahme kann stark variieren, je nach dem wo sie eingesetzt wird und wie sie dosiert ist. Eine zu starke Dosierung (z.B. beim Tempolimit auf Autobahnen) kann beispielsweise zu unerwünschten Nebenwirkungen (Verkehrsverlagerungen auf Bundesstraßen) führen und dadurch die Potenziale schmälern. Deshalb ist es wichtig, zu Beginn klare Aussagen zur Ausgestaltung der Maßnahme und zum Verkehrsegment zu machen, auf das die Maßnahme abzielen soll.

Die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Energieeinsparpotenziale ist je nach Maßnahmentyp unterschiedlich. Während bei technischen Maßnahmen in der Regel mehr oder weniger unmittelbar auf Einsparpotenziale geschlossen werden kann, ist dies bei verhaltenssteuernden Maßnahmen nicht möglich. Hier erfordert die Wirkungsanalyse generell ein zweistufiges Vorgehen dergestalt, dass zunächst von den einzelnen Maßnahmen auf deren potenzielle verkehrliche Wirkung (z.B. Fahrleistungsveränderungen) geschlossen wird und anschließend aus den verkehrlichen Wirkungen die Energieeinsparpotenziale abgeleitet werden.

Das Aufzeigen von Verkehrsverhaltensänderungen als mögliche Folge bestimmter Maßnahmen ist die notwendige Voraussetzung für das eigentliche Untersuchungsziel, der Abschätzung von Energieeinsparpotenzialen aufgrund entsprechender Maßnahmen. Dazu ist festzuhalten, dass im Bereich der Maßnahme-Wirkungs-Zusammenhänge teilweise erhebliche Grundlagenforschungsdefizite bestehen.

7.3 Energieverbrauch im Sektor (VERK)

7.3.1. Datenlage & Abgrenzung

Einer der größten Verbraucher von Endenergie ist mit steigender Tendenz der Verkehrsbereich, mit rund 2.628 PJ (2005) sind dies knapp 30% der gesamten Endenergie in Deutschland. (1980 lag dieser Anteil noch bei etwas mehr als einem Fünftel.) Der mit rund 85% weitaus überwiegende Teil der Endenergie floss in den Straßenverkehr. Von zunehmender Bedeutung ist der Luftverkehr, auf den rund 11% des Gesamtverbrauchs im Verkehr entfielen. Der Anteil des Schienenverkehrs liegt seit Jahren stabil bei etwa 3%.

Bei der Betrachtung des durch den Verkehr verursachten Energiebedarfs sind in der Energiebilanz grundsätzlich verschiedene Verbrauchsebenen zu unterscheiden. Diese sind:

- der für den Antrieb des Verkehrsmittels benötigte Kraftstoff (Endenergie),
- Verluste bzw. Entwertung im Fahrzeug (Motor, Getriebe, Aggregate) zur Bereitstellung der eigentlichen Nutzenergie (in der Regel Kraft),
- dem Verkehr zurechenbarer Anteil des Primärenergieeinsatzes zur Herstellung und zum Betrieb der Energiebereitstellungsanlagen selbst (Raffinerien, Kraftwerke),
- Primärenergieeinsatz zur Herstellung und zum Unterhalt der Verkehrsinfrastruktur,
- Primärenergieeinsatz zur Herstellung, Instandhaltung und Entsorgung der Transportmittel

Im Mittelpunkt der Betrachtung steht hier der Endenergieverbrauch; d.h. die Energie, die für den Antrieb und Betrieb der Verkehrsmittel bei ansonsten gleicher Bereitstellung von Nutzenergie im engeren Sinne, im weiteren Sinne bei ansonsten gleicher Bereitstellung von Nutzen (in der Regel Transportleistung) benötigt wird. Die übrigen, o.g. Ebenen bleiben unberücksichtigt.

Folgende Tabelle enthält den Energieverbrauch im Verkehr nach Verkehrs- und Energieträgern:

	1995	2000	2002
Straßenverkehr			
Benzin	1332	1284	1180
Diesel (aus Mineralöl)	933	1067	1095
Biokraftstoffe	2	14	25
Insgesamt	2267	2366	2301
Schienenverkehr			
Strom	58	58	58
Diesel (aus Mineralöl)	31	26	22
Insgesamt	89	84	80
Binnenschifffahrt			
Diesel (aus Mineralöl)	23	12	10
Luftverkehr			
Flugtreibstoffe	234	297	287
Insgesamt	2614	2759	2679
Anteil Biokraftstoffe in %	0.1	0.5	0.9

Tabelle 7.2 Energieverbrauch im Verkehr insgesamt 1995-2002, in PJ [PRO 2005b]

Der Energieverbrauch im Verkehr ist eng an die Entwicklung der Verkehrsnachfrage im Personen- und Güterverkehr gekoppelt. Die starke Verkehrszunahme, insbesondere im Straßenverkehr, kennzeichnet den Sektor Verkehr aus energetischer Sicht als besonderen Problembereich. Trotz steigender Verkehrsleistung zeigt der Energieverbrauch in den letzten Jahren aber überwiegend abnehmende Tendenz. Dies ist insbesondere auf die gestiegene Effizienz der Fahrzeuge zurückzuführen. Eine zunehmende Betankung im Ausland aufgrund der Kraftstoffpreisdifferenzen bewirkt zwar keine Energieverbrauchsabnahme, aber eine zunehmende Diskrepanz zwischen Energieverbrauch und Energieabsatz in Deutschland. [DIW 2006].

Im Sektor Verkehr liegt eine differenzierte Datenbasis zur Entwicklung der Verkehrsnachfrage (Personenverkehrsleistung und Güterverkehrsleistung nach Verkehrsträgern) und zum Endenergieverbrauch vor. Grundlage der Darstellung bzw. Berechnung des Energieverbrauchs der einzelnen Verkehrsarten sind die Daten aus „Verkehr in Zahlen“, die jährliche Energiestatistik der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, der Energiereport IV von EWI/Prognos 2005, die Studie des DLR 2006 sowie weitere Studien.

7.3.2. Energieverbrauchsmatrix

Vorliegende Datengrundlagen zum Endenergieverbrauch des Verkehrs [DLR 2006, BMVBW 2005] weisen den motorisierten Individualverkehr (MIV) auf der Straße mit Abstand als größten Energieverbraucher aus, gefolgt vom Straßengüterverkehr und dem Luftverkehr (vgl. Tabelle 7.3).

	Personenverkehr				Güterverkehr			Gesamt
	MIV	Bus ¹⁾	Schiene ²⁾	Luft ³⁾	Straße	Schiene	BiSchi	
Direktenergieverbrauch 2002 [PJ]	1'512.7	53.1	43.7	75.1	700.4	14.0	9.9	2'408.9
Energieverbrauchsanteil	62.8%	2.2%	1.8%	3.1%	29.1%	0.6%	0.4%	100.0%
Verkehrsleistung 2002 [Mrd. Pkm] bzw. [Mrd. tkm]	884.2	82.9	83.7	40.8	354.0	76.9	64.2	
Spezifischer Energieverbrauch 2002 [PJ pro Mrd. Pkm bzw pro Mrd. tkm]	1.7	0.6	0.5	1.8	2.0	0.2	0.2	

- 1) Linienbusverkehr im ÖPNV und Busfernverkehr
- 2) Stadt-, Straßen-, U-, S-Bahnen, sonst. Schienennahverkehr, Schienenfernverkehr
- 3) Territorialprinzip
- 4) Binnenschifffahrt

Tabelle 7.3

Energieverbrauchsmatrix 2002

So entfallen knapp zwei Drittel des gesamten Energieverbrauchs der in Tabelle 7.3 betrachteten, hinsichtlich des Energieverbrauchs besonders relevanten Verkehrsarten und -mittel auf den MIV (Pkw und Kombi sowie Krafträder). Überdurchschnittlich hohe spezifische Energieverbräuche weisen insbesondere der Straßengüterverkehr mit 2 PJ/Mrd. tkm sowie der Luftverkehr mit 1,8 PJ/Mrd. Pkm und der MIV mit 1,7 PJ/Mrd. Pkm auf.

7.3.3. Ergebnis

Die Ergebnisse der Energieverbrauchsmatrix weisen darauf hin, dass die Verkehrsmittelwahl einen großen Einfluss auf den Energieverbrauch und insbesondere der motorisierte Individualverkehr ein wichtiges Zielsegment für Energieeinsparmaßnahmen darstellt. Allerdings ist die Maßnahmenwirksamkeit auf das Mobilitätsverhalten und auf die Verkehrsmittelwahl im Personenverkehr mit großen Unsicherheiten behaftet.

7.4 Maßnahmen im Überblick (VERK)

7.4.1. Handlungsfelder & Maßnahmen

Das Spektrum möglicher Handlungsfelder und Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs (Potenziale für Energieeinsparung) ist recht breit. Um im Hinblick auf die Aufgabenstellung, Potenziale für Energieeinsparung und Energieeffizienz zu ermitteln, haben wir auf der Basis einer umfassenden Betrachtung des Sektors Verkehr ein Raster entwickelt, das die systematische Suche nach Energieeinsparpotenzialen transparent gestalten soll.

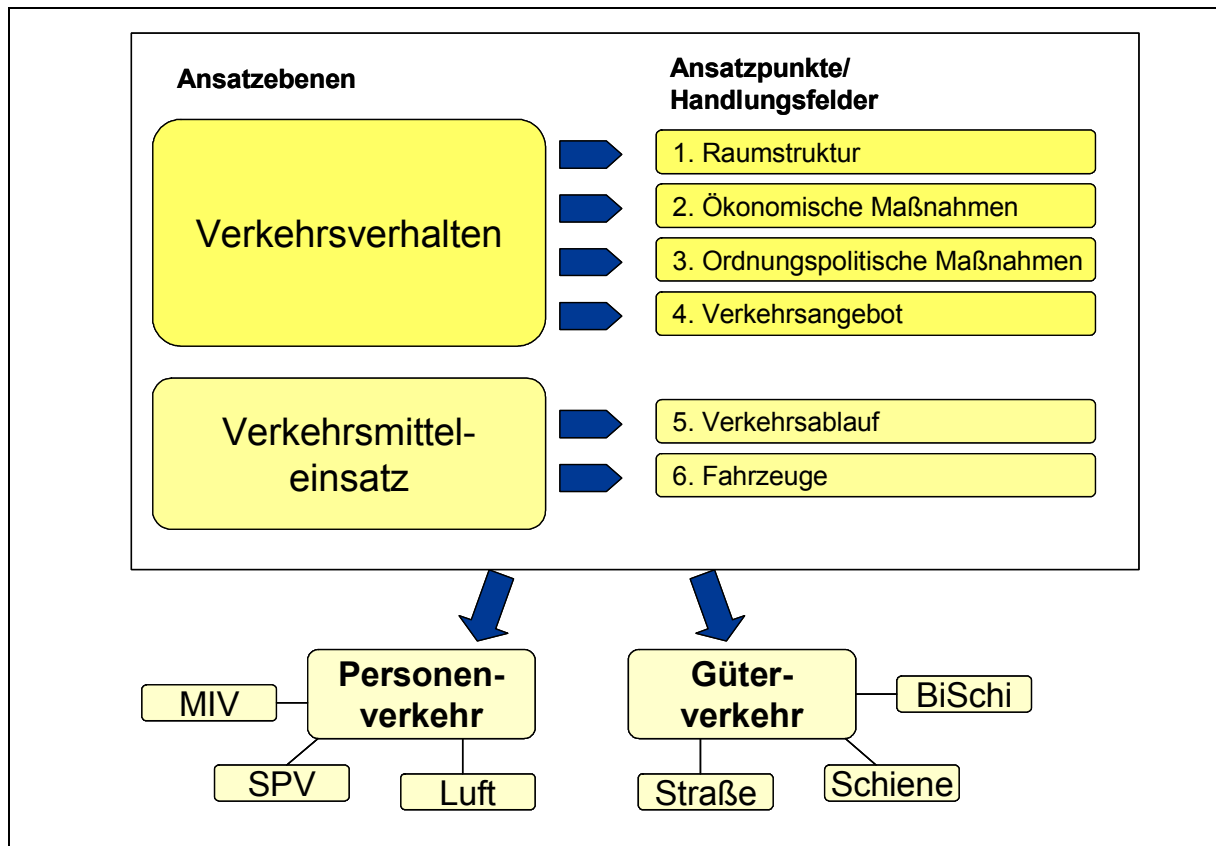


Abbildung 7.1

Suchraster für Energieeinsparpotenziale im Verkehr

Ausgangsbasis sind zwei wichtige Ansatzebenen, das „Verkehrsverhalten“ und der „Verkehrsmittelnutzung“, die mit Maßnahmen aus verschiedenen (übergeordneten) Handlungsfeldern beeinflusst werden können. Für die Ansatzebene „Verkehrsverhalten“ werden vier Handlungsfelder und für den Verkehrsmittelnutzung zwei Handlungsfelder abgesteckt, die jeweils unterschiedliche Maßnahmen umfassen.

Der Verkehrsbereich gliedert sich in den Personenverkehr mit seinen Teilsegmenten motorisierter Individualverkehr (MIV), Schienenpersonenverkehr (SPV) und Luftverkehr, sowie in den Güterverkehr mit seinen Segmenten Straßengüterverkehr, Schienengüterverkehr und Binnenschifffahrt (BiSchi). Ein Schwergewicht nimmt in dieser Untersuchung der Personen- und Güterverkehr auf Strasse und Schiene ein. Die Binnenschifffahrt wird wegen geringer Bedeutung ausgeklammert; auch der Luftverkehr wird hier ausgeklammert, da Energie-sparmaßnahmen wegen der globalen Bedeutung des Luftverkehrs weniger in die nationale Kompetenz fallen.

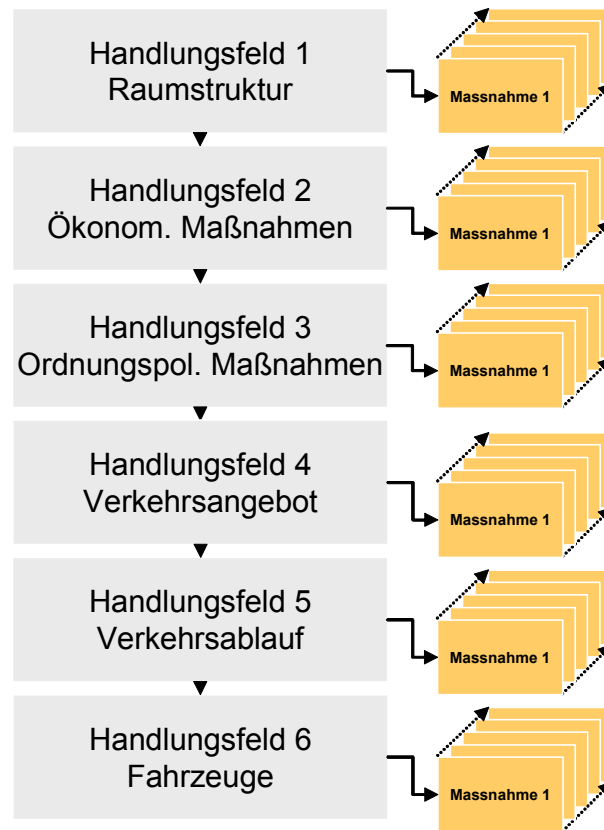


Abbildung 7.2 Handlungsfelder zur Reduktion des Energieverbrauchs

Die sechs übergeordneten Handlungsfelder, die weiter in untergeordnete Handlungsfelder und Maßnahmenbündel untergliedert werden, werden im Folgenden kurz charakterisiert:

Handlungsfeld 1: Raumstruktur

Das erste Feld umfasst raumordnungspolitische Maßnahmen zur Verkehrsreduzierung. Leitbilder und Handlungsstrategien der Raumordnung/-nutzung (Beispiele: Dezentrale Konzentration, Funktionsmischung) müssen auf verkehrsarme bzw. energiesparsame Raumstrukturen ausgerichtet sein.

Verkehrsreduzierung ist ein sensibles Thema, weil es mit dem gängigen Verständnis von Wirtschaftswachstum kollidiert. Hier ist ein Umdenken und eine Neupositionierung von Verkehrs- und Raumordnungspolitik notwendig, wie dies mit dem Leitbild „Mehr Wohlstand – weniger Verkehr“, das eine Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Verkehrsentwicklung anstrebt, angedacht ist.

Handlungsfeld 2: Ökonomische Maßnahmen

Ökonomische Maßnahmen setzen auf den „Preis“ der Mobilität als Anreizmechanismus zum Energiesparen. Sie umfassen fiskalpolitische und subventionspolitische Maßnahmen (Förderpolitik) sowie Maßnahmen, die mit dem Stichwort „Kostenwahrheit“ umschrieben werden können. Letztere sind darauf gerichtet, die sog. externen Kosten zu internalisieren.

Zu berücksichtigen ist, dass Personen- und Güterverkehr hinsichtlich preislicher Maßnahmen unterschiedlichen Gesetzmäßigkeiten folgen. Im Personenverkehr ist beispielsweise die Preiselastizität sehr viel niedriger als im Güterverkehr. Das bedeutet, dass eine Erhöhung der Preise im Personenverkehr auf ein vergleichsweise unelastisches Verhalten stößt, also die Maßnahmenwirkung innerhalb recht großer Preisspannen einzuordnen ist, während im Güterverkehr „spitz“ gerechnet wird; hier sind alle Maßnahmen umsetzbar, die für Transporteur wirtschaftlich sind.

Handlungsfeld 3 Verkehrsordnungspolitische Maßnahmen

Verkehrsordnungspolitische Maßnahmen haben überwiegend unmittelbaren Einfluss auf das Verkehrsverhalten, d.h. die Verkehrsmittel- und Routenwahl und wirken so auch mittelbar auf die Verkehrsverteilung.

Verkehrsordnungspolitischen Maßnahmen können bei entsprechender Überwachung und Sanktionierung neben den o.g. ökonomischen Maßnahmen am wirksamsten sein, energiepolitische Ziele durchzusetzen. Sie umfassen gesetzlich abgesicherte „Ge- und Verbote“, mit denen das Verhalten der Verkehrsteilnehmer beeinflusst werden kann, wie z.B. örtliche bzw. zeitliche Fahrverbote, Tempolimits oder Parkraumkontingentierung.

Handlungsfeld 4: Verkehrsangebot

Dieses Handlungsfeld umfasst sowohl das Verkehrsinfrastrukturangebot als auch das betriebliche ÖV-Angebot. Es besteht aus Maßnahmen wie Umgestaltung des öffentlichen Straßenraumes Ausbau der Schieneninfrastruktur, Tarifmaßnahmen und Attraktivitätssteigerung im öffentlichen Personenverkehr.

Handlungsfeld 5: Verkehrsablauf und -organisation

Verkehrsablauf und -organisation ist ein Sammelbegriff für unterschiedliche Maßnahmen, die das Ziel verfolgen, den Verkehr rationaler zu organisieren, dadurch Fahrleistungen zu reduzieren und Energie zu sparen. Hierzu gehören Maßnahmen zur Verbesserung der Fahrzeugauslastung im Personen- und Güterverkehr und zum Abbau von Leerfahrten im Straßengüterverkehr (z.B. Fracht- und Laderaumbörsen), zur Förderung einer energieeffizienteren Fahrweise sowie zur Verkehrslenkung, d.h. zur Verbesserung des Verkehrsflusses. Die

Verkehrstelematik spielt in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle.

Handlungsfeld 6: Fahrzeuge

In diesem Handlungsfeld werden drei Ansatzpunkte betrachtet:

Antrieb,

d.h. die Optimierung herkömmlicher Antriebe und Kraftstoffe sowie die Entwicklung alternativer Antriebe und Kraftstoffe, wie z.B. Hybrid- und Brennstoffzellenantriebe, Biokraftstoffe, Erdgas und Wasserstoff. Die EU hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2020 20% der herkömmlichen Kraftstoffe im Straßenverkehr (Benzin und Diesel) durch alternative Treibstoffe zu ersetzen.

Konstruktion

Neben der o.g. Antriebstechnologie ist auch die Optimierung der Fahrwiderstände des Gesamtfahrzeugs (u.a. Leichtbau, Aerodynamik) ein Ansatz zur Verbrauchsreduktion. Hierzu gehören die Senkung der Roll- und Luftwiderstände sowie des Gewichts.

Elektronik

Durch die Unterstützung der Fahrtechnik und der individuellen Fahrerleistungen durch elektronische Geräte und Anzeigen kann die Energieeffizienz gesteigert und es können Sparpotenziale aktiviert werden. Hierzu gehören z.B. Fahrerassistenzsysteme, automatisches Abstandhalten u.a.

Im folgenden Schritt wird eine Matrix entwickelt, in der zu den o.g. Ansatzpunkten und Handlungsfeldern ein breites Spektrum von Maßnahmen aufgeschlüsselt und analysiert sowie hinsichtlich relevanter Einsparpotenziale überprüft wird.

7.4.2. Matrix der Energiesparmaßnahmen

In der folgenden Matrix (vgl. Tabelle 7.4) wird ein umfassender Überblick über mögliche Maßnahmen zur Energieeinsparung im Verkehr und ihre Wirkungsparameter gegeben. Darüber hinaus werden die Maßnahmen anhand ausgewählter, für die Einschätzung der Energiesparpotenziale wichtiger Kriterien bewertet, um somit die Auswahl von Energiesparmaßnahmen, die im Sinne der „EU-Richtlinie über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen“ geeignet erscheinen, zu erleichtern.

Die Erarbeitung der Energiespar-Matrix im Sektor Verkehr weicht in dieser Hinsicht von derjenigen der anderen Sektoren ab; die Gründe dafür werden im Folgenden anhand einiger methodischer Anmerkungen dargelegt:

Das Maßnahmenspektrum im Sektor Verkehr ist sehr breit und inhomogen. Auch wenn die aufgelisteten Maßnahmen Energieeinsparpotenziale aufweisen, sind diese häufig aus verschiedenen Gründen

nicht kurzfristig umsetzbar, insbesondere dann, wenn sie noch nicht die Marktreife erlangt haben, in bestehende Strukturen oder in die Mobilitätsfreiheit eingreifen. Mit der Matrix soll eine nachvollziehbare Vorauswahl geeigneter Maßnahmen ermöglicht werden.

Bei zahlreichen Maßnahmen kann nicht unmittelbar auf die Einsparpotenziale geschlossen werden. Vielmehr geht es darum, realistische – d.h. aufgrund von empirisch abgestützten Hypothesen plausibel erscheinende – Größenordnungen eines geänderten Verkehrsverhaltens als mögliche Folge von entsprechenden Maßnahmen und den daraus resultierenden Konsequenzen für den Energieverbrauch aufzuzeigen. Das Aufzeigen von Verkehrsverhaltensänderungen als mögliche und von uns als plausibel erachtete Folge bestimmter Maßnahmen ist die notwendige Voraussetzung bzw. ein Zwischenschritt zum eigentlichen Untersuchungsziel, der Abschätzung von Energieeinsparpotenzialen aufgrund entsprechender Maßnahmen. Dazu ist festzuhalten, dass im Bereich der Maßnahme-Wirkungs-Zusammenhänge teilweise erhebliche Grundlagenforschungsdefizite bestehen.

Da die Maßnahmen konzeptionell sehr unterschiedlich sind und nicht immer empirische Befunde vorliegen, kann die Abschätzung von Einsparpotenzialen beachtliche Unsicherheiten beinhalten. In diesen Fällen müssen – soweit möglich und sinnvoll – realistische Annahmen im Hinblick auf konkrete Maßnahmenausprägungen, auf die Berechnungsansätze und Berechnungsgrößen, auf das Verkehrsverhalten sowie im Hinblick auf unterstellte Randbedingungen zu den Maßnahmennebenwirkungen getroffen werden. Dies ist ein mehrstufiger Abschätzungs- und Berechnungsprozess, der sich auf im Sinne der EDL-Richtlinie geeignete Maßnahmen konzentrieren sollte.

Der Aufbau und Inhalt der Tabellen wird im Folgenden nach Überschriftengruppen der Spalten kurz erläutert:

Ansatzpunkte, Handlungsfelder, Maßnahmen

In dieser Spalte werden insgesamt 37 Maßnahmen, gegliedert nach Handlungsfeldern, aufgelistet, die Energieeinsparpotenziale vermuten lassen. Diese Maßnahmen werden anschließend anhand der weiter aufgeführten Kriterien bewertet.

Angesprochenes Verkehrssegment / Energieverbrauch und Energieeinsparpotenzial

Wichtig ist es, bei jeder Maßnahme das Verkehrssegment (Verkehr insgesamt oder Teilsegmente) möglichst genau einzugrenzen, das durch die Maßnahme angesprochen wird und seinen Ist- Endenergieverbrauch zu benennen. Diese Angaben liefern Anhaltspunkte für die Bedeutung der Maßnahme und ihre Einsparpotenziale bei dem angesprochenen Verkehrssegment. Allerdings können sich durch die

Marktreife und bestehende Hemmnisse, die im nächsten Punkt behandelt werden, Einschränkungen ergeben.

Marktreife / Dauer der Potenzialerschließung / Risiken / Hemmnisse

Die konzeptionell sehr unterschiedlichen Maßnahmen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit. Dies kann einerseits an der Maßnahme selbst liegen, d.h. an ihrer technischen Marktreife, den Entwicklungszeiträumen bis zu ihrer Diffusion im Verkehrsmarkt und den fehlenden infrastrukturellen oder sonstigen Rahmenbedingungen, andererseits sind Maßnahmen umso schwieriger umsetzbar, je stärker sie in bestehende räumliche Strukturen oder in die Mobilitätsfreiheit eingreifen.

Handlungsbedarf /-optionen

In dieser Spalte werden Hinweise gegeben, wie die Umsetzung der Maßnahme gefördert werden kann und zu welchen anderen Maßnahmen gegebenenfalls Synergien bestehen. Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass zwischen den genannten Maßnahmen zahlreiche Interdependenzen bestehen.

Bewertung / Rangfolge

Mit der Bewertung der Maßnahmen anhand einer Notenskala von 1 bis 5 soll eine Vorauswahl im Sinne der EU-Richtlinie über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen getroffen werden. Mit der Note „1“ werden Maßnahmen bewertet, die relativ große Einsparpotenziale erzielen und kurzfristig umsetzbar sind, während Maßnahmen, die u.U. zwar hohe Einsparpotenziale erzielen können, aber in bestehende Strukturen eingreifen und eher langfristig, d.h. nicht vor 2020 umsetzbar sind, mit „5“ bewertet werden. Die gesamte Notenskala ist wie folgt definiert:

Definition der Benotungsskala:

1. breiteres Verkehrssegment und mittel bis hohe Einsparpotenziale, noch nicht ausgeschöpft, kurzfristig erschließbar bei geringen Hemmnissen und mit relativ geringem Aufwand
2. schmaleres Verkehrssegment und mittel bis hohe Einsparpotenziale, noch wenig ausgeschöpft, kurz- bis mittelfristig erschließbar, Risiken/Hemmnisse gering, Handlungsbedarf zur Förderung des Potenzials
3. schmaleres Verkehrssegment, mittlere Einsparpotenziale, noch wenig ausgeschöpft, mittelfristig erschließbar, mittlere Risiken/Hemmnisse, Handlungsbedarf zur Förderung des Potenzials
4. breiteres Verkehrssegment, mittel bis hohe Einsparpotenziale, mittel- bis langfristig erschließbar, stärkere Risiken/Hemmnisse, mehrschichtiger Handlungsbedarf (Strategien)

5. breiteres Verkehrssegment, mittel bis hohe Einsparpotenziale, langfristig erschließbar, starke Hemmnisse (Eingriff in bestehende Strukturen), komplexer Handlungsbedarf (Langfriststrategie)

Ansatzpunkte, Handlungsfelder, Maßnahmen	Angesprochenes Verkehrssegment	Endenergieverbrauch des angespr. Verkehrssegments 2002	Energieeinsparpotenzial ¹⁾	Marktreife/Dauer Potenzialerschließung	Risiken/Hemmnisse/	Handlungsbedarf/-optionen	Bewertung/Rangfolge
1: Verkehrsreduzierende Raumstruktur							
1.1 Verkehrsnachfragelenkung durch Flächennutzungsplanung	Verkehr insg. (ohne BiSchi- u. Luftverkehr)	2.409 PJ [DLR 2006]	sehr groß	sehr langfristig	Mehrdimensionales Handlungsfeld mit großen Interessenkonflikten und Umsetzungs-hemmnissen	Maßnahmen müssen bereits heute ansetzen, um langfristig wirksam zu werden. Änderung der Rechtslage	5
1.2 Verkehrsleitplanung als integrierter Bestandteil der Flächennutzungsplanung zur ÖV Attraktivierung (Sonderform: Wohnen ohne Auto (WoA))	MIV, ÖPNV (Linienbus, Stadt-, Straßen- u. U-Bahnen, SPNV)	MIV: 1513 PJ ÖPNV: 58 PJ [DLR 2006]	mittel, bessere Auslastung, ggf. Erhöhung des ÖPNV-Anteils am Modal Split; dadurch Verringerung des spez. Energieverbrauchs je Pkm im ÖPNV	mittel- bis langfristig (bisher einzelne Modellvorhaben)	Beispiel WoA: eingeschränkte Klientel, schwer verkaufbare und verberebbare Immobilien	Koordinierung der Kompetenzen der Verkehrs- und kommunalen Begleitmaßnahmen im Rahmen der Planungsverfahren	4
2. Ökonomische Maßnahmen							
2.1 Fiskalpolitische Maßnahmen							
2.1.1 Beschränkung Pendler-/Entfernungspauschale Vorschlag: Beschränkung der steuerlichen Anerkennung auf Kraftstoffaufwendungen, als ob mit einem Auto mit einem durchschnittlichen Verbrauch von 3,5-Litern/100 km gefahren wurde. [BUND, 2005]	MIV Arbeitspendler: 19% der Pkm im MIV insg. [BMV/BW 2005]	MIV Arbeitspdl.: 287 PJ [DLR 2006, eigene Berechnung] Verhältnis MIV : ÖPNV für Pendler: 84 : 16 [BMV/BW 2005]	eher gering wg. niedriger Preiselastizität im Personenverkehr (unelastisches Verhalten gegenüber Preiserhöhungen)	mittelfristig, schrittweise Wirksamkeit der Maßnahmen	Sozial gerecht? Eingriff in die Berufsausübungsfreiheit?	Anreiz für technologische Entwicklungen im Zusammenhang mit Maßnahme 2.1.2	4
2.1.2 Begrenzung der steuerlichen Begünstigungen von Firmen- und Dienstwagen (Orientierung am 3,5/100km Pkw)	Firmen- und Dienstwagen (20% der Pkw-Fahrleistung, ca.	Kraftstoffverbrauch des Segments: ca. 776,5 l/100 km	5% des Kraftstoffverbrauchs insgesamt p.a. [BUND, 2005]	schnittweise Wirksamkeit der Maße, eher	Akzeptanzprobleme	Anreiz für technologische Entwicklungen im Zusammenhang mit Maß-	3

Ansatzpunkte, Handlungsfelder, Maßnahmen	Angesprochenes Verkehrssegment	Endenergieverbrauch des angespr. Verkehrssegments 2002	Energieeinsparpotenzial ¹⁾	Marktreife/Dauer Potenzialerschließung	Risiken/Hemmnisse	Handlungsbedarf/-optionen	Bewertung/Rangfolge
	50% der höchstens einjährigen Neuwagen)	[BMV/BW 2005, eig. Berechnung]		mittelfristig wegen geringerer Preiselastizität		nahme 2.1.1	
2.2 Förderpolitische Maßnahmen							
2.2.1 Bindung Fördermittelvergabe für Bauprojekte an energiesparende Siedlungsformen (kein Einfamilienhaus auf der grünen Wiese)	MIV	MIV: 1513 PJ	mittel, da Eingriff in bestehende Strukturen kaum möglich	mittel- bis langfristig	Kaum Einsicht vorhanden	nur bei Neubau, Erweiterung der Förderrichtlinien für Energiesparhäuser um Erreichbarkeitssaspekte	4
2.2.2 Tarifmaßnahmen/-systeme ÖV (Verbilligung)	Schiene (fern) ÖPNV (MIV)	Schiene (fern): 10 PJ ÖPNV: 58 PJ	gering, Modal Split Verluste im ÖPNV werden in gewissem Umfang wettgemacht, Fahrleistungsreduktion im MIV fraglich	kurzfristig	Preiselastizität im PV kleiner als im GV, Defizitentwicklung ÖV	flankierende Maßnahmen müssen gewährleisten das ÖV zulasten MIV gewinnt.	3
2.3 Internalisierung externer Kosten (Kostenwahrheit)							
2.3.1 Pkw-Maut (fahrleistungsabhängiges Entgelt für Straßenbenutzung/Pkw-Maut)	MIV: Pkw-Fahrleistungen auf BAB (30% der Gesamtfahrleistungen)	MIV: 1513 PJ [DLR 2006] davon 30%: 454 PJ	Verlagerung von Straße auf Schiene, unterstützt Trend zu energieeffizienten Fahrzeugen.	Vignettenlösung: kurzfristig, elektronische Lösung schrittweise/mittelfristig	Akzeptanzprobleme, korrekte Bepreisung und Umlage der Kosten auf den Verursacher schwierig	Informations- u. Aufklärungskampagnen, bewusst machen von Umweltkosten bei Nutzern, Know how Transfer aus Modell- versuchen, Pilotprojekte, Citymaut	3 - 4 (Lkw) 1 - 2 (Pkw)
2.3.2 Parkraum-bewirtschaftung [TUD 2006a]	MIV in Städten	MIV: 1513 PJ [DLR 2006]	bereits stark ausgeschöpft, Vermeidung von Parksuchverkehr (Fahrleistungseinsparung)	mittel- bis langfristig	Interessenkonflikte; richtige Dimensionierung u. Bepreisung der zur	Telekommunikationstechnologien unterstützen Maßnahmen	3

Ansatzpunkte, Handlungsfelder, Maßnahmen	Angesprochenes Verkehrssegment	Endenergieverbrauch des angespr. Verkehrssegments 2002	Energieeinsparpotenzial ¹⁾	Marktreife/Dauer Potenzialerschließung	Risiken/Hemmnisse/	Handlungsbedarf/-optionen	Bewertung/Rangfolge
			Veränderung des Modal Split zugunsten des ÖPNV		Verfügung stehender Plätze, Verlagerungseffekte in nicht bewirtschaftete Gebiete		
3. Verkehrsordnungspolitische Maßnahmen							
3.1 Örtliche bzw. zeitliche Fahrverbote über bestehenden hinaus (u.a. Nacht- oder Wochenendfahrverbote, Fußgängerzonen, Verbot von Pkw-Fahrten zu Großveranstaltungen) Aktion: "Mobil ohne Auto" [DIW 1997]	MIV	MIV: 1513 PJ [DLR 2006]	Bei umfass. Sonntagsfahrverbot: 9,3% des gesamten Kraftstoffverbrauchs, bei alternierendem Sonntagsfahrverbot: 4% Kraftstoffeinsparung	Lokale Aktionen, kurzfristig umsetzbar	Interessens- und Rechtfertigungskonflikte	Informations- u. Motivationskampagnen Ausnahmegenehmigungen für Fahrzeuge mit alternativen Antrieben Rechtsverordnungen für Fahrverbote	2
3.2 Allgemeines Tempolimit auf Autobahnen (120 km/h bzw. 100 km/h) [UBA 2003]	MIV auf Autobahnen ca. 50% der gesamten Pkw-Fahrleistung, 20% davon halten Geschwindigkeit nicht ein	Pkw-Fahrleistung auf BAB: rd. 165 Mrd. Fzkm, [BASt 2005] entspricht 454 PJ	11% (10%) bzw. 24% (20%) bei Tempo 120 bzw. 100 km/h auf BAB (Befolungsgrad von 80%) Gesamteffekt: 4% Einsparung	kurz- bis mittelfristig umsetzbar	Einsparpotenzial abhängig vom Befolungsgrad	Informations- u. Motivationskampagnen, schärfere Überwachung u. Sanktionierung	2
3.3 Parkraumkontingentierung (meist gekoppelt mit Maßnahme 2.3.2) [SCA 2004] [SBS 1998]	MIV in Städten	MIV: 1513 PJ [DLR 2006]	starke Abhängigkeit des Potenzials von konkreter Ausgestaltung und tatsächlichen Gegebenheiten vor Ort, Vermeidung von Parksuchverkehr (Fahrleistungseinsparung), Veränderung des Modal Split zugunsten des ÖPNV	mittel- bis langfristig	Interessenskonflikte: richtige u. flexible Dosierung u. Bepreisung zur Verfügung stehender Plätze, Verlagerungseffekte in nicht bewirtschaftete Gebiete, Mobilität gewährleisteten	Telekommunikationstechnologien unterstützen Maßnahmen ("Parkplatz buchen statt Parkplatz suchen")	3

Ansatzpunkte, Handlungsfelder, Maßnahmen	Angesprochenes Verkehrssegment	Endenergieverbrauch des angespr. Verkehrssegments 2002	Energieeinsparpotenzial ¹⁾	Marktreife/Dauer Potenzialerschließung	Risiken/Hemmnisse/	Handlungsbedarf/-optionen	Bewertung/Rangfolge
3.4 Treibstoffrationierung (Bezugsscheine für genehmigte Kraftstoffmengen)	MIV in Abhängigkeit von Fahrtzwecken, Teile des Straßen-GV	ca. 50 bis 85% des Gesamtverbrauchs	groß (in Abhängigkeit von Stringenz der Maßnahme)	Notfallmaßnahme bei Engpässen, kurz- bis langfristig	nur bei Versorgungskrisen einsetzbar	Kontingentierungs- und Rationierungsmaßnahmen im Notfall, Auffangenden zusätzlichen Nachfrage durch Angebotsausweitung ÖV	5
3.5 Fahrleistungskontingentierung für verbrauchsstarke Fahrzeuge (Fahrleistungszähler)	MIV nach (Hubraum)Verbrauchsklassen	ca. 50 bis 85% des Gesamtverbrauchs	groß, abhängig von konkreter Ausgestaltung der Maßnahme	Notfallmaßnahme bei Engpässen, kurz- bis langfristig	Nur bei Versorgungskrisen einsetzbar	Kontingentierungs- und Rationierungsmaßnahmen im Notfall, Förderung sparsamer & umweltfreundlicher Fahrzeuge	5
4. Verkehrsangebot (Infrastruktur u. betriebliches ÖV-Angebot)							
4.1 Infrastruktur							
4.1.1 Umgestaltung des (innerörtlichen) Straßenraums (Einschränkung des motorisierten Straßenverkehrs)	MIV (Modal Shift MIV - ÖV, NMIV)	MIV: 1513 PJ [DLR 2006]	ausgeschöpft (Verbesserung Umweltqualität); lokale Effekte, durch Verkehrsverlagerung aber Gesamthaft keine Effekte	schrittweise, in vielen Städten bereits Ansätze vorhanden	gegebene Strukturen	Städtebauliche Maßnahmen	4
4.1.2 Park+Ride	MIV ÖV	MIV: 1513 PJ [DLR 2006]	deutliche Entlastung städt. Straßennetze, weitgehend ausgeschöpft	bereits weitgehend eingeführt, wo sinnvoll	Stellplatzzahlen häufig zu knapp bemessen	Integration in Verkehrsentwicklungsplanung u. Stadtmarketing	3
4.1.3 Verbesserung der Fahrradwege u. -netze [BREG 2000] [BMVBW 2001] [JUBA 2003]	MIV (Modal Shift MIV - Fahrrad)	MIV: 1513 PJ [DLR 2006]	30% der mit Pkw zurückgelegten Wege sind < 6 km. Verlagerung dieser Pkw-Fahrten auf das Fahrrad, entspricht Verbrauchsreduktion	schrittweise (kurz- bis mittelfristig), Ansätze vorhanden	individuelle Bereitschaft, Topografie, Witterung	Fortsetzung der begonnenen Maßnahmen	2

Ansatzpunkte, Handlungsfelder, Maßnahmen	Angesprochenes Verkehrssegment	Endenergieverbrauch des angespr. Verkehrssegments 2002	Energieeinsparpotenzial ¹⁾	Marktreife/Dauer Potenzialerschließung	Risiken/Hemmnisse/	Handlungsbedarf/-optionen	Bewertung/Rangfolge
4.1.4 Kombiniertes Verkehr	GV Straße, Schiene, Schiff	GV Straße: 700.4 PJ GV Schiene: 14 PJ BiSchi: 10 PJ [DLR 2006]	von 4% [WGU 2006] weitgehend ausgeschöpft	bereits weitgehend eingeführt	Wirtschaftlichkeit		3
4.1.5 Infrastrukturseitige Verbesserung im ÖV (Schiene, d.h. U-Bahn, Stadtbahn)	ÖPNV (Modal Shift MIV - ÖV)	ÖPNV: 34 PJ [DLR 2006]	Verbesserung der spezifischen Energieeffizienz des ÖV (P/J/Pkm)	schrittweise Umsetzung, mittel- bis langfristig	lang dauernde Planungs- und Umsetzungsprozesse	Im Zusammenhang mit Maßnahme 1.2	4
4.1.6 Abbau von Zugangsbarrieren	ÖPNV ÖV Schiene (fern)	ÖPNV: 34 PJ Schiene (fern): 10 PJ [DLR 2006]	bessere Auslastung ÖV	Gesetz "Barrierefreiheit", Maßnahmen weitgehend umgesetzt		Fortsetzung der begonnenen Maßnahmen	3
4.2 Betriebliche ÖV-Angebote							
4.2.1 Alternativsysteme für ländlichen ÖPNV	MIV, ÖPNV	MIV: 1513 PJ ÖPNV: 53 PJ [DLR 2006]	Vermeidung von Leerfahrten im ÖPNV zu Schwachlastzeiten bzw. in dünnbesiedelten Gebieten; Fahrleistungseinsparung MIV	weitgehend eingeführt; diverse Angebotsformen	Akzeptanz	neue Finanzierungskonzepte für ÖPNV	3
4.2.2 Mobilitätsmanagement (kommunal, betrieblich u. standortbezogen) [BMVBW 2003] [INT 2004b]	v. a. Straßenverkehr (PV, GV)	Straße: 2213 PJ [DLR 2006]	10 bis 60%	positive Beispiele vorhanden, weitere Verbreitung notwendig	sehr breites Feld mit oft nur vereinzelt realisierten Projekten	Anreizsysteme u. Leitbilder schaffen	2
5: Verkehrsablauf und -organisation							
5.1 Fahrzeugauslastung							
5.1.1 Car Sharing [IZT 2000]	MIV (PV), ÖV (PV)	PV Straße: 1962 PJ [DRL 2006]	30% = 4200MJ je Kunde & Jahr [77000 Nutzer in Deutschland ²⁾];	kurz- bis mittelfristig; vermehrtes	Kundenpotenziale und flächendeckendes Angebot	Werbekampagnen und Qualitätsverbesserung;	3

Ansatzpunkte, Handlungsfelder, Maßnahmen	Angesprochenes Verkehrssegment	Endenergieverbrauch des angespr. Verkehrssegments 2002	Energieeinsparpotenzial ¹⁾	Marktreife/Dauer Potenzialerschließung	Risiken/Hemmnisse/	Handlungsbedarf/-optionen	Bewertung/Rangfolge
[QUG 1999]			vorhandene Kapazitäten im ÖV werden besser ausgelastet	kombiniertes Mobilitätsangebot	bisher wenig ausgeschöpft	Integration in Mobilitätsangebote	
5.1.2 Fahrgemeinschaften [QUG 1999]	MIV (insb. Berufspendler)	MIV Arbeltspendler.: 287 PJ [BMV/BW 2005] [DLR 2006]	50% pro Person u. Kilometer bei Verdoppelung des Besetzungsgades im Fz [INET 2006a]	Konzept hat sich auf breiter Basis noch nicht durchgesetzt	subjektive (Un-)Sicherheit, Versicherungrecht	gezielte Anreizsysteme für Fahrgemeinschaften, Mitfahrzentralen optimieren	3
5.1.3 Fracht- und Laderraumbörsen [BIA 2003] [MPI 2004]	Straßengüterverkehr	GV Straße: 700 PJ [DLR 2006]	Fahrleistungseinsparungen von 12 Mio. Fzkm von 2003 - 2005, d.h. 4 Mio. Fzkm/Jahr. Bei insgesamt 85,4 Mrd. Fzkm/Jahr beträgt der Einspareffekt 0,005%	eingeführtes Konzept mit differenzierendem Angebot	Zusatzinstrument mit meist unlukrativen Angeboten	Angebot, Vermittlungs- u. Bewertungssystem verbessern	4
5.2 Fahrweise, Aufklärung über Verkehrsmittelwahl							
5.2.1 Kommunikationsmaßnahmen, Imagekampagnen	Straßenverkehr	PV, GV Straße: 2217 PJ [DLR 2006]	ca. 2% des gesamten Kraftstoffverbrauchs	kurzfristig	Nutzen-Kosten-Verhältnis	Intensivierung, Zielgruppenorientierung	2
5.2.2 Fahrertraining [ECH 2005] [UBA 2003]	MIV, Straßengüterverkehr, Schienenverkehr	MIV: 1513 PJ [DLR 2006]	10 - 15% pro geschultem Fahrer (10-20%, 25%) (CH: Eco-Drive Quality Alliance 2004 / 60.000 Fahrer : durchschnittliche Effizienzsteigerung 10%) ca. 30% gegenüber ungeschulter Fahrweise (DB-Strecke: Ruhrgebiet-HH), von 02-05 CO2 Einsparungen von 25%	teilweise eingeführtes Konzept, auch kostengünstige Angebote, im Schienenverkehr Potenzialerschließung	freiwillige Durchführung und Einhaltung der Schularatsratschläge	verstärkte Kommunikation und Imageverbesserung, Anreizsysteme (gesetzl. Grundlagen) schaffen	2

Ansatzpunkte, Handlungsfelder, Maßnahmen	Angesprochenes Verkehrssegment	Endenergieverbrauch des angespr. Verkehrssegments 2002	Energieeinsparpotenzial ¹⁾	Marktreife/Dauer Potenzialerschließung	Risiken/Hemmnisse/	Handlungsbedarf/-optionen	Bewertung/Rangfolge
5.3 Verkehrslenkung							
5.3.1 Verkehrsmanagement (verkehrsabhängige LSA, Wechselwegweiser) [STV 2006]	Straßenverkehr (PV, GV)	Straße: 2213 PJ [DLR 2006]	2-5% (z.B. seit Inbetriebnahme der Verkehrszeitentrale VBA-Nord in Berlin ergibt sich für PKW eine mittlere Energieeinsparung von 3% (bezogen auf Bezugsstrecke)	mehrfach angewandtes & etabliertes Konzept	in städt. Räumen ab bestimmten Verkehrsaufkommen, Potenziale weitgehend ausgeschöpft	weiterer Ausbau der Vernetzung und dynamischen Steuerung	3
5.3.2 Informationssysteme (Telematik)	Personenverkehr (alle Verkehrsträger ohne Luftverkehr) [GRÜ 2005] [WGU 2006]	PV: 1610 PJ [DRL 2006]	noch nicht abschätzbar, weil abhängig von der tatsächlichen Nutzung	noch nicht eingeführt	technische Schwierigkeiten	mit Hilfe von Galileo kann ein nachhaltiges und intelligentes Verkehrssystem entstehen	3
5.3.3 City-Logistik [BBR 2006]	Straßengüterverkehr [MPI 2004]	Straße GV: 700 PJ [DLR 2006]	Einführung von IT-Dispositionssystemen & Telematikanwendungen bringt CO2- Effizienz-einsparungen von 8%	vereinzelt etablierte Systeme	sinnvoll ab bestimmter Aufkommensmenge	Ortungs-, Informations- & Kommunikationsverbesserung	3
	Straßengüterverkehr (urbane Gebiete)	Straße GV: 700 PJ [DLR 2006]	Projekt in Regensburg spart pro Jahr Ø 17 LKW-km pro Tag ein	bereits eingeführtes Konzept	große Marktbarrieren, mangelnde Bereitschaft der Unternehmen	Anreizsystem für vermehrte Zusammenarbeit und Kooperation	3
6: Fahrzeuge							
6.1 Antrieb							
6.1.1 Optimierung herkömmlicher Antriebe und Kraftstoffe [DLR 2006]	alle Verkehrsmittel mit Verbrennungsmotoren	MIV: 1513 PJ Bus: 53 PJ Schiene PV: 44 PJ Straße GV: 700 PJ [DLR 2006]	MIV: 19% Bus: 5% Schiene: 9% Lkw: 5%	kurzfristig	Keine, außer dass im Vergleich zu alternativen Antrieben u. Kraftstoffen die Abhängigkeit von fossilen Treibstoffen bestehen bleibt	Zeitgewinn für Umstrukturierungsprozesse	1-2

Ansatzpunkte, Handlungsfelder, Maßnahmen	Angesprochenes Verkehrssegment	Endenergieverbrauch des angespr. Verkehrssegments 2002	Energieeinsparpotenzial ¹⁾	Marktreife/Dauer Potenzialerschließung	Risiken/Hemmnisse	Handlungsbedarf/-optionen	Bewertung/Rangfolge
6.1.2 Alternative Antriebe und Kraftstoffe (Hybrid- u. Brennstoffzellenantriebe / Biokraftstoffe, Erdgas, Wasserstoff) [DLR 2006] [FAW 2006]	alle Verkehrsmittel mit Verbrennungsmotoren	MIV: 1513 PJ Bus: 53 PJ Schiene PV: 44 PJ StraÙe GV: 700 PJ [DLR 2006]	MIV: 5% Bus: 6% Schiene PV: 2% StraÙe GV: 4% Schiene GV 2%	mittel- bis langfristig (2020)	Reduzierung fossiler Energienutzung, aber kein Anreiz zum Energiesparen, mangelnde Tankstelleninfrastruktur, alternative Kraftstoffe teurer als herkömmliche	Steuerliche Begünstigung alternativer Kraftstoffe, Einsatz umweltchonender Fahrzeuge im Nahverkehr bei Vergabe von Verkehrsleistungen berücksichtigen	3-4
6.2 Konstruktion							
6.2.1 Gewichtsreduktion/ Leichtbau [DLR 2006]	MIV Schiene PV Schiene GV	MIV: 1513 PJ Schiene PV: 44 PJ Schiene GV: 14 PJ [DLR 2006]	MIV: 3% Schiene PV: 4% Schiene GV: 3%	bereits eingeführt	mittelfristig werden vorhandene Potenziale durch Sicherheits- u. Komfortausstattung kompensiert		3
6.2.2 Kapazitätserhöhung sowohl bei Schienen- als auch Straßenfahrzeugen (Gigaliner, Doppelstock-Fz)	Schiene PV, Lkw	Schiene PV: 44 PJ StraÙe GV: 700 PJ [DLR 2006]	Verbesserung spezifischer Verbräuche pro Pkm bzw. tkm.	im Schienenpersonenverkehr umgesetzt	Sicherheitsrisiken		3
6.2.3 Verringerung der Luftwiderstände	StraÙenfahrzeuge (Bsp. Jetcar), Schienenfahrzeuge, Flugzeuge	MIV: 119 PJ [VIZ 2005/2006] Bus: 53 PJ [DLR 2006]	FZ 1: Prototyp Firma Jetcar FZ 2: VW Lupo 1,2 TDI 3L FZ 1: 2,9 l/100km FZ 2: 3,5 l/100km Einsparung Pkw 17% Bus 6%	Jetcar limitierte Anzahl Nachfrage in Europa wird auf 100.000 geschätzt	nur bei hoher Geschwindigkeit wirksam (Verkehrssicherheit)		3
6.2.4. Optimierung von Reifen	StraÙenverkehr (v.a. MIV) [DLR 2006]	MIV: 1519 PJ [BMV/BW 2005]	eher gering, weil Fahrverhaltensänderung wichtiger	bisher nur Verbrauchsmodelle mit rollwiderstandsopti-	Stabilität des Fahrzeugs muss gewährleistet bleiben		4

Ansatzpunkte, Handlungsfelder, Maßnahmen	Angesprochenes Verkehrssegment	Endenergieverbrauch des angespr. Verkehrssegments 2002	Energieeinsparpotenzial ¹⁾	Marktreife/Dauer Potenzialerschließung	Risiken/Hemmnisse/	Handlungsbedarf/-optionen	Bewertung/Rangfolge
				mierten Reifen ausgetattet			
6.3 Elektronik							
6.3.1 Fahrerassistenzsysteme	Straße (MIV, GV)	MIV: 1513 PJ Straße GV: 700 PJ [DLR 2006]	5%	teilweise eingeführt	Energieverbrauch der Systeme selbst. Gesamtenergiebilanz?	Optimierung energieeffizienter Fahrweise (zus. mit Maßnahme 5.2.2)	3
	Schiene [TUD 2006b]	Schiene PV: 44 PJ [DLR 2006]	S-Bahn: 7-10% Fernverkehr 5-10%, Nahverkehr 10-20%	ENAFlexS befindet sich in der Testphase	Potenzial im Fernverkehr eingeschränkt	Optimierung energieeffiziente Fahrweise	3
6.3.2 Fahren im Verband [KOB 2003b]	Straßengüterverkehr	Straße GV: 700 PJ [DLR 2006]	bis zu 15% Kraftstoffverbrauchsreduktion	eher langfristig	Rechtsproblematik Technik bestimmt Sicherheit und Durchführbarkeit	Anpassung an StVO	3

1) bezogen auf fossilen Kraftstoffverbrauch des angesprochenen Verkehrssegments

2) Stand Oktober 2006

Tabelle 7.4 Matrix Energiesparmaßnahmen – Kriterien

7.4.3. Potenzielle Prioritäre Handlungsfelder und Maßnahmen

Von den insgesamt 37 Maßnahmen, die in der Effizienzmatrix (vgl. Tabelle 7.4) beschrieben wurden, haben eine Reihe von Maßnahmen die Bewertung 1 (sehr geeignet) oder 2 (geeignet) erhalten. Sie haben sich als empfehlenswert herausgestellt, weil sie ein gewisses Einsparpotenzial erwarten lassen und kurzfristig, das heißt innerhalb des Zeitraumes bis 2016, umsetzbar erscheinen.

Für die im folgenden kurz vorgestellten Maßnahmen wurden Maßnahmenblätter erarbeitet, in denen die Einsparpotenziale quantifiziert, die Berechnung mit ihren Grundlagen und Annahmen erläutert und mögliche Hemmnisse aufgeschlüsselt werden (vgl. Maßnahmenblätter im Anhang).

Bereich 1: Ökonomische Maßnahmen

Einzelmaßnahme 1.1: Pkw Maut

Spätestens seit Einführung der Lkw-Maut in Deutschland zum 1. Januar 2005 ist auch die Pkw-Maut wieder ein Thema im Zusammenhang mit der Neuordnung der Abgabensysteme des Verkehrs und der Nutzerfinanzierung der Straßeninfrastruktur. Auch wenn die Diskussion um die Pkw-Maut derzeit festgefahren scheint, soll diese Maßnahme hinsichtlich ihrer Energieeinsparpotenziale (als Lenkungseffekt) überprüft werden.

Unabhängig davon, welche (Übergangs-) Lösung für eine Pkw-Maut einmal umgesetzt wird, werden hier am Beispiel zweier Varianten einer Pkw-Maut, die sich an der Abgabenhöhe orientieren, die Wirkungen auf den Energieverbrauch mit dem Elastizitätenansatz analysiert. Die Preiselastizität gibt an, in welchem Ausmaß die Verkehrsnachfrage auf Preisänderungen reagiert. Damit wird den hier angestellten Berechnungen eine Reaktionsmöglichkeit der Pkw-Fahrer auf steigende Mobilitätskosten zugrunde gelegt. Andere Reaktionsmöglichkeiten (z.B. Ausweichen auf andere Straßen, Kompensation höherer Mobilitätskosten durch Einsparungen in anderen Konsumbereichen) bleiben außer Acht.

Grundlage der Berechnungen sind die Pkw-Fahrleistungen auf Autobahnen sowie der Kilometerpreis unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Kraftstoffpreise und unseren Annahmen zum Pkw-Mautsatz (Variante 1 mit 1 €/Pkw-km und Variante 2 mit 2 €/Pkw-km). Zu erwartende Verhaltensänderungen spiegeln sich in der Preiselastizität, die im Personenverkehr mit -0,2 als vergleichsweise unelastisch gilt (zur Höhe der Preiselastizität vgl. auch Kapitel 7.6.2.).

Auf Basis der getroffenen Annahmen ergeben sich Energieeinsparpotenziale von rund 3 % oder 11 PJ (für Variante 1) bzw. 4 % oder 19 PJ (für Variante 2).

Einzelmaßnahme 1.2: Erhöhung Lkw Maut

In naher Zukunft steht eine Erhöhung der Lkw-Maut, die seit dem 1. Januar 2005 von schweren Lkw auf Autobahnen zu entrichten ist, an. Auf der Basis einer aktualisierten Wegekostenrechnung im Auftrage des BMVBS durch [ProgTrans/IWW 2007] sollen die Lkw-Mautsätze neuen Entwicklungen angepasst werden. Wie die Pkw-Maut ist auch die Lkw-Maut ein Element der Neuordnung des Abgabensystems des Verkehrs und der Nutzerfinanzierung; Energieeinsparungen sind ein Nebeneffekt.

Für die Abschätzung der Auswirkungen dieser Maßnahme auf den Energieverbrauch wird von einer Erhöhung der Lkw-Maut für Lkw ab 12 t zulässigem Gesamtgewicht von durchschnittlich 12,4 €/Lkw-km auf 13,5 €/Lkw-km ausgegangen. Die Auswirkungen der Erhöhung der Lkw-Maut auf die Nachfrage und damit auf den Energieverbrauch sollen ebenso wie für Maßnahme 1.1 (Pkw-Maut) mit dem Elastizitätenansatz berechnet werden. Zu erwartende Nachfrageänderungen spiegeln sich in der Preiselastizität, die im Straßengüterverkehr mit -0,6 als vergleichsweise „elastisch“, d.h. preissensibel gilt (zur Höhe der Preiselastizität vgl. auch Kapitel 7.6.2.).

Der Energie-Istverbrauch wurde zunächst auf Basis der Lkw-Fahrleistungen und des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs ohne Maut berechnet (=253 PJ) und darauf aufbauend wurde der Effekt der Preiserhöhung mit Maut ermittelt (= 201,3 PJ), der als fiktiver Istverbrauch (2002 gab es noch keine Maut) eingesetzt wird. Die Maßnahme konzentriert sich auf die geplante Mauterhöhung um durchschnittlich 1,1 €/Lkw-km auf 13,5 €/Lkw-km. Nachfrageveränderungen werden mithilfe der o.g. Preiselastizität von -0,6 ermittelt. Auf Basis der getroffenen Annahmen errechnen sich Energieeinsparpotenziale von 1 % oder 3,2 PJ

Bereich 2: Verkehrsordnungspolitische Maßnahmen

Einzelmaßnahme 2.1: Alternierendes Sonntagsfahrverbot

Fahrverbote, die es für den Straßengüterverkehr in Form von Sonn- und Feiertagsfahrverboten bereits gibt, sollen auf den Straßenpersonenverkehr und zwar den motorisierten Individualverkehr ausgedehnt werden. Der Abschätzung der Einsparpotenziale dieser Maßnahme wird ein zeitlich begrenztes Fahrverbot zugrunde gelegt, das allerdings über die heute von verschiedenen Verbänden proklamierten Aktionstage hinausgeht und ein Sonntagsfahrverbot für jeden zweiten Sonntag (alternierendes Sonntagsfahrverbot) vorsieht.

Die Wirkungsabschätzung orientiert sich an Berechnungen, die das DIW [DIW 1997] in früheren Jahren für verschiedene Varianten des Sonntagsfahrverbots angestellt hat. Grenzt man die Wirkungsabschätzung auf ein alternierendes Sonntagsfahrverbot (als eine moderate Form des Eingriffs in die Mobilitätsfreiheit) ein, so können 4 % des Energie-Istverbrauchs des MIV oder 58 PJ/Jahr eingespart werden. Berücksichtigt sind dabei auch Ausweichreaktionen der Verkehrsteilnehmer in Form von zeitlichen Verschiebungen beabsichtigter Fahrten.

Der Umsetzung dieser Maßnahme scheinen heute weniger Widerstände entgegengebracht zu werden als noch vor 20 oder 30 Jahren. Dies zeigen die vermehrt stattfindenden (freiwilligen) autofreien Sonntage, die häufig unter sportlich/gesundheitlichem Motto (z.B. die Bewegung „Slow up“) die Verkehrsteilnehmer weg vom Auto hin zur „Human Powered Mobility“ bewegen möchten. Wichtig zur Unterstützung dieser Maßnahme sind attraktive Alternativangebote (öffentlicher Verkehr, Veranstaltungen).

Einzelmaßnahme 2.2: Tempolimit auf Autobahnen

Durch Geschwindigkeitsbegrenzungen können beachtliche Energieeinsparpotenziale erschlossen werden. Die Maßnahmenkonzeption geht von einer Reduzierung der Höchstgeschwindigkeit auf 120 km/h für Pkw auf Autobahnen aus. Da heute bereits auf rund 50 % des Autobahnnetzes Geschwindigkeitsbeschränkungen bestehen, betrifft die Maßnahme nur etwa die Hälfte der Pkw-Fahrleistungen.

Diese Hälfte der Pkw-Fahrleistungen fließt aber nicht vollumfänglich in die Abschätzung der Potenziale ein, sondern es wird davon ausgegangen, dass ca. 80 % des betreffenden Verkehrssegments schneller als 120 km/h fahren und darüber hinaus auch nur 80 % ein Geschwindigkeitslimit von 120 km/h befolgen würden. Der maßnahmenrelevante Fahrleistungsanteil reduziert sich unter diesen Annahmen auf 32 % der Pkw-Fahrleistungen auf Autobahnen oder 53,4 Mrd. Fzkm.

Der Energie-Istverbrauch dieses Pkw-Fahrleistungssegments beträgt 138,6 PJ. Legt man die vom DIW [DIW 1996] ermittelten geschwindigkeitsabhängige Reduktion des Durchschnittsverbrauchs eines Pkw auf Autobahnen von 10 % zugrunde, so ergeben sich Einsparpotenziale von rund 14 PJ/a. Bezogen auf den Istverbrauch des gesamten motorisierten Individualverkehrs entspricht dies einem Einsparpotenzial von 3 %.

Die Maßnahme betrifft ein relativ kleines Segment der Pkw-Fahrleistungen. Ein stärkeres Tempolimit auf Autobahnen von z.B. 100 km/h scheint u.E. nicht zielführend, denn dann wären spürbare Verlagerungseffekte auf die Bundesstraßen zu erwarten, es sei denn, es würde gleichzeitig eine Senkung des bestehenden Tempolimits auf Bundesstraßen eingeführt.

Bereich 3: Verkehrsangebot

Einzelmaßnahme 3.1: Fahrradwege und -netze

Dem Maßnahmenvorschlag liegt die Annahme zugrunde, dass sich durch die Schaffung fahrradfreundlicher Rahmenbedingungen und der entsprechenden Radverkehrsförderung der Modal Split Anteil des sog. Langsamverkehrs am gesamten Personenverkehr erhöhen lässt. Verlagerungspotenziale vom motorisierten Individualverkehr auf das Fahrrad werden vor allem im Kurzstreckenverkehr gesehen. Einer Studie des BMVBW [BMVBW 2001] zufolge unterschreitet knapp die Hälfte aller Autofahrten eine Distanz von 6 km, mehr als 40 % haben eine Entfernung von weniger als 5 km und mehr als 25 % endet bereits nach 3 km.

Durch Ausbau, Erhalt und Neubau von Fahrradwegen und -netzen, sowie die Bereitstellung von Fahrrad-Mietgelegenheiten und Abstellplätzen sollen Autofahrer zur Nutzung des Fahrrads angeregt werden. Zielsegment sind Pkw-Fahrleistungen innerorts. Da diese Daten so nicht vorliegen, werden sie näherungsweise ermittelt; von den Pkw-Fahrleistungen insgesamt (584 Mrd. Pkw-km) werden die Pkw-Fahrleistungen auf Bundesautobahnen und Bundesstraßen außerorts (259,4 Mrd. Pkw-km) abgezogen. So ergeben sich 324,6 Mrd. Pkw-km; diese enthalten auch die Pkw-Fahrleistungen auf Landes- und Kreisstraßen außerorts, für die es keine Fahrleistungsdaten gibt.

Bei der Quantifizierung der Einsparpotenziale wird davon ausgegangen, dass 5 % der oben ermittelten Pkw-Fahrleistungen, bzw. rund 16 Mrd. Pkw-km durch die Maßnahme reduziert werden. Dies entspricht rund 3 % der Pkw-Fahrleistungen insgesamt.

Als Istverbrauch wurde der Energieverbrauch des motorisierten Individualverkehrs insgesamt angesetzt, da keine spezifischen Werte für den Innerortsverkehr vorliegen. Aufgrund der unterschiedlichen Fahrweisen innerorts und außerorts sind die spezifischen Energieverbräuche ebenfalls sehr unterschiedlich und können nicht anhand von pauschalen Fahrleistungsanteilen abgeschätzt werden. Bezogen auf den Istverbrauch des gesamten motorisierten Individualverkehrs beträgt das Einsparpotenzial 3 % oder 41 PJ.

Bereich 4: Verkehrsablauf und -organisation

Einzelmaßnahme 4.1: Mobilitätsmanagement

Unter dem Oberbegriff „Mobilitätsmanagement“ werden verschiedene Maßnahmen zusammengefasst, die das Ziel haben, Unternehmen, Institutionen und Private zu motivieren, die verschiedenen Verkehrsmittel energiesparend zu nutzen. Hauptstossrichtung der Maßnahme ist die Reduktion des individuellen Energieverbrauchs für Mobilität durch die kombinierte Nutzung von Verkehrsmitteln (z.B. Car Sharing mit ÖV), dazu gehören auch Fahrrad- und Fußgänger-Aktionen sowie

Beratungsangebote, z.B. Mobilitätszentralen, um die Verkehrsmittelwahl vor dem Antritt einer Fahrt zu unterstützen.

Aufgrund der Unterschiedlichkeit der zu subsumierenden Einzelmaßnahmen sind pauschale Angaben zu den Energieeinsparpotenzialen kaum möglich. Die vorgenommene Abschätzung des Energieeinsparpotenzials orientiert sich an einem schwedischen Beispiel: In Lund, einer Universitätsstadt in Südschweden, konnten durch Mobilitätsmanagement ca. 4 Mio. Pkw-km in einem Jahr eingespart werden [INT 2004b]. Dies entspricht einer Reduktion der Fahrleistung im gesamten motorisierten Personenverkehr der Stadt um ca. 1%. Bezogen auf die Pkw-Fahrleistungen innerorts in Deutschland ergibt dies ein Einsparpotenzial von 9 PJ pro Jahr.

In der Schweiz wurden verschiedene Mobilitätsmanagement-Maßnahmen untersucht, wobei insbesondere bei teilnehmenden Akteuren an Car Sharing - Maßnahmen in Kombination mit dem öffentlichen Verkehr eine Senkung ihres jährlichen Benzinverbrauchs um ca. 30% ermittelt wurde [INFRAS 1998]. Solche Beispiele lassen sich aber nicht verallgemeinern.

Einzelmaßnahme 4.2: Kommunikationsmaßnahmen

Die Maßnahme umfasst Marketingstrategien und Informationskampagnen, die energie- und umweltbezogene Verkehrsmaßnahmen unterstützen sollen. Ziel ist es, Akzeptanz in der Öffentlichkeit, sowie Einsicht in die Notwendigkeit bestimmter Maßnahmen zu erhöhen und dadurch Verhaltensänderungen im Verkehr herbeizuführen.

Zielsegment ist der motorisierte Straßenpersonen- und -güterverkehr. Bezogen auf den Istverbrauch des gesamten motorisierten Straßenverkehrs können durch die Maßnahme insgesamt ca. 2% Energie bzw. 47 PJ pro Jahr eingespart werden.

Informations-, Kommunikations- und Imagekampagnen dienen der Bewusstseinsbildung und der Sensibilisierung für eine umweltfreundliche Mobilität; häufig werden derartige Kampagnen unter das Motto "Intelligente Mobilität" gestellt und begleiten eine Vielzahl an Projekten und Maßnahmen. Die Quantifizierung und eindeutige Zuordnung der energiesparenden Wirkung zu einer bestimmten Kampagne ist daher kaum möglich. Besonders schwierig ist die Abgrenzung zwischen Initialeffekt der Maßnahme und Multiplikatorwirkung und damit auch die eindeutige Zuordnung von Wirkungen auf eine konkrete Aktion.

Einzelmaßnahme 4.3: Fahrertraining

Durch energiesparende Fahrweise sind Kraftstoffeinsparungen möglich, ohne dass die Geschwindigkeit reduziert werden müsste oder Komforteinbußen hingenommen werden müssten. Daneben sind für die Fahrzeugführer noch finanzielle Entlastungen aufgrund des geringeren Kraftstoffverbrauchs zu erwarten. Die in der Literatur zu fin-

denden Angaben weisen eine relativ große Spannbreite der Reduktionspotenziale des kraftstoffsparenden Fahrens auf (6% bis 25%) [UBA 2003] [WGU 2006]. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die jeweiligen realen Bedingungen (z.B. Straßenklassifikation, innerorts/außerorts, Stau) einen großen Einfluss auf die Potenziale haben. Wir unterstellen unseren Abschätzungen eine Einsparpotenzial von 10 % (vorsichtige Einschätzung).

Zielsegment ist hier der motorisierte Individualverkehr; wir gehen davon aus, dass 35 % dieses Zielsegments durch die Maßnahme erreicht werden und diese Fahrer sich die energiesparende Fahrweise zu eigen macht.

Unsicher ist die Zeitdauer, in der die durch Kurse erzielte Fahrstiländerung anhält und zu Kraftstoffeinsparungen führt. Ggf. müssen Kurse in bestimmten Abständen wiederholt werden.

Bereich 5:Fahrzeuge

Einzelmaßnahme 5.1: Optimierung herkömmlicher Antriebe und Kraftstoffe für Pkw

Im Pkw-Verkehr bietet die Weiterentwicklung konventioneller Antriebstechniken bei Otto- und Dieselmotor noch einigen Raum zur Verbrauchsreduktion. Wichtige Ansätze beim Ottomotor sind vollvariable Sauganlagen, Aufladung ggf. kombiniert mit einer Verkleinerung des Hubraums, Zylinderabschaltung und variable Verdichtung. Dieselmotoren sind heute die energetisch effizientesten Antriebsmaschinen. Weitere Verbesserungen sind von noch differenzierter steuerbaren Einspritzanlagen, geregelter Abgasrückführung und vielen anderen Detailverbesserungen zu erwarten.

Voraussetzung für die Nutzung einiger dieser Potenziale (bei Direkt-einspeisung und Magerbetrieb) ist die flächendeckende Verfügbarkeit von sehr schwefelarmen Kraftstoffen, da nur so die Verwendung von DeNOx-Katalysatoren zur Einhaltung der Schadstoffgrenzwerte möglich wird. Weiterhin bietet die Beimischung von Biokraftstoffen zu fossilen Kraftstoffen Möglichkeiten zur Einsparung fossiler Kraftstoffe.

Bei den oben genannten Ansätzen wird davon ausgegangen, dass sie ihre Potenziale innerhalb des Zeitraumes bis 2016 voll entfalten, während alternative Antriebs- und Treibstoffkonzepte bei Pkw, wie z.B. Hybrid- oder Brennstoffzellenantriebe sowie Wasserstoff als Kraftstoff erst langfristig Potenziale bieten. Das technische Reduktionspotenzial wird auf 10 % geschätzt (vorsichtige Einschätzung).

Einzelmaßnahme 5.2: Optimierung herkömmlicher Antriebe und Kraftstoffe für Lkw

Innerhalb der vergangenen Jahrzehnte konnten bei Lkw große Fortschritte bei der Reduktion des spezifischen Kraftstoffverbrauchs erzielt werden. Grund dafür ist, dass sich der Kraftstoffverbrauch mit steigenden Energiepreisen (vgl. Kapitel 7.6.2.) zu einem immer wichtigeren Entscheidungskriterium der Transportunternehmen beim Kauf eines neuen Nutzfahrzeugs entwickelt. So haben Kraftstoffkosten heute einen Anteil von über 30 % an den jährlichen Gesamtkosten eines Fernverkehr-Lkws [DLR 2006].

Neben den steigenden Kraftstoffpreisen waren die sukzessive Verschärfung der Emissionsgrenzwerte "Treiber" dieser Entwicklung, wobei allerdings die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte teilweise auch wieder zu einem Anstieg des spezifischen Kraftstoffverbrauchs geführt hat.

Maßnahme 5.1 umfasst den Einsatz sparsamer und schadstoffarmer Dieselmotoren bei Nutzfahrzeugen (z.B. Dieselmotor D20 von MAN, SCR Technologie (selektive katalytische Reduktion)) und den Einsatz neuer Kraftstoffmischungen (z.B. Beimischung AdBlue, Biokraftstoffe zu fossilen Kraftstoffen). Durch neue Technologien, insbesondere die SCR-Technologie, werden die Stickoxidemissionen im Nachgang durch die Abgasnachbehandlung reduziert; dadurch ist deren Begrenzung während des Verbrennungsvorgangs nicht mehr vordringlich (erforderlich). Dies ermöglicht höhere Prozessdrücke und -temperaturen bei der Verbrennung, was sowohl die Partikelemissionen als auch den Kraftstoffverbrauch verringert. So können die Motoren wieder auf einen geringeren Verbrauch hin optimiert werden, was zu Kraftstoffeinsparungen von bis zu 5 % führt [DLR2 006].

Auf dieses technische Potenzial von 5 % nimmt die Maßnahme Bezug. Das wirtschaftliche Potenzial spiegelt sich in der Marktdurchdringung von Fahrzeugen mit optimierten Antrieben. Es wird davon ausgegangen, dass zum Zeitpunkt der vollen Wirksamkeit der Maßnahme 95 % der Fahrleistungen mit optimierten Antrieben/Kraftstoffen erbracht werden.

7.5 Potenziale für Energieeinsparung und Energieeffizienz (VERK)

7.5.1. Erwartungswert und Technisches Potenzial

Zusammenfassung *Gesamthaft ergeben sich im Sektor Transport & Verkehr Einsparpotenziale („Erwartungswerte“ für verhaltenssteuernde Maßnahmen und technische Potenziale für technische Maßnahmen zusammen) von rund 16 %. Diese Potenziale sind kurzfristig realisierbar.*

Bei der Zusammenfassung der Potenziale wurde unterstellt, dass die einzelnen Maßnahmen unabhängig voneinander sind.

Potenzialbegriff

Wie in Kapitel 7.5.3. aufgezeigt, handelt es sich im Verkehrssektor um Maßnahmen mit sehr unterschiedlicher Wirkungsrichtung. Einerseits gibt es technische Maßnahmen, d.h. Maßnahmen, die die Antriebstechnik, die Fahrzeugkonstruktion oder den Einsatz elektronischer Geräte im Fahrzeug zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs betreffen. Bei diesen mit technischen Maßnahmen erzielbaren Energieeinsparpotenzialen wird von technischen Potenzialen gesprochen.

Den größeren Anteil im Maßnahmenspektrum zur Reduzierung des Energieverbrauchs bilden allerdings nachfragesteuernde Maßnahmen, d.h. Maßnahmen, die sich direkt oder indirekt auf das Verkehrsverhalten auswirken. Die durch diese Maßnahmen erzielbaren Energieeinsparpotenziale können nicht als technische Potenziale bezeichnet werden. Für diese Potenziale wird hier der Begriff „Erwartungswert“ gewählt. In dem Begriff „Erwartungswert“ spiegelt sich u.E. recht gut wider, dass der Bewertungsspielraum hinsichtlich erzielbarer Potenziale bedeutend größer ist als bei technisch orientierten Maßnahmen. Verhaltensänderungen im Verkehr werden immer von einem sehr komplexen Bündel verschiedener Faktoren bestimmt, und es sind vermehrt Annahmen nötig, um Abschätzungen treffen zu können.

Wie in den anderen Verbrauchssektoren auch beziehen sich sowohl die technischen Potenziale als auch die Erwartungswerte auf das Jahr 2002. Die Potenziale sind statisch, d.h. sie beziehen sich auf ein Jahr und berücksichtigen nicht die Verkehrsentwicklung.

Quantifizierung

Voraussetzung sind eine klare Definition der Maßnahme (technisch, betrieblich, aufwandsmäßig) und die Eingrenzung des Verkehrsegments, auf das die Maßnahme abzielt. Nur so ist es möglich, den Energieverbrauch des betroffenen Verkehrsegments in Beziehung zur Wirkung der Maßnahme zu setzen. Sehr häufig begegnet man in der Literatur Werten für angebliche Einsparpotenziale bestimmter Maßnahmen, ohne dass gesagt wird, auf welches Verkehrsegment sich diese Werte beziehen. Es ist ein großer Unterschied im Ergebnis, ob sich eine Maßnahme beispielsweise auf den Personenverkehr, ggf. sogar nur ein Teilsegment des Personenverkehr oder den Güterverkehr, auf Autobahnen oder das gesamte Verkehrsnetz beziehen. Für die Quantifizierung des verkehrssegmentbezogenen Energieverbrauchs wurde insbesondere die Studie des DLR (2006) herangezogen und eigene Berechnungen angestellt.

Zur Ermittlung der Maßnahmenwirkungen wurde eine breit angelegte Literaturanalyse durchgeführt. Soweit für die einzelnen Maßnahmen empirische Wirkungsanalysen und Berechnungen vorlagen, wurden diese zur Quantifizierung herangezogen. In Einzelfällen wurden eigene Abschätzungen vorgenommen.

Quantifizierungen wurden vereinbarungsgemäß für prioritäre Maßnahmen vorgenommen, wie sie in Kapitel 7.5.3. dargestellt und in den Maßnahmenblättern im Anhang dokumentiert wurden.

Erwartungswert und technisches Potenzial

Die folgende Übersicht fasst die für 10 Maßnahmen (eine Maßnahme, die Pkw-Maut, wird in zwei Varianten gerechnet) ermittelten Erwartungswerte bzw. technischen Potenziale zusammen. Gesamthaft ergeben sich Einsparpotenziale (Erwartungswerte und technischen Potenziale zusammen) von rund 16 %.

Die folgende Tabelle 7.5. gibt einen Überblick über die erzielbaren Erwartungswerte und technischen Potenziale der einzelnen Maßnahmen. Deutlich zeigen sich hier auch die unterschiedlichen Wirksamkeiten der Maßnahmen.

Gesamtverbrauch im Sektor Verkehr	Istverbrauch (PJ)	Erwartungswert (PJ)	Techn. Potenzial (PJ)	Erwartungswert	Techn. Potenzial	Einsparpotenzial gesamt (PJ)	Einsparpotenzial gesamt
Kraftstoffe (Summe mit Pkw-Maut-Variante 1)	2621	236	186	9%	7%	422	16%
Kraftstoffe (Summe mit Pkw-Maut-Variante 2)	2621	244	186	9%	7%	430	16%
Strom	58	0	0	0%	0%		
Maßnahmen	Istv. Segmente¹						
Einführung Pkw-Maut auf BAB (Variante 1)	433	11	-	3%	-		
Einführung Pkw-Maut auf BAB (Variante 2)	433	19	-	4%	-		
Erhöhung Lkw-Maut auf BAB	201	3	-	1%	-		
Alternierendes Sonntagsfahrverbot für MIV	1513	58	-	4%	-		
Umfassendes Tempolimit auf BAB für Pkw	433	14	-	3%	-		
Verbesserung der Fahrradwege und -netze	1513	41	-	3%	-		
Mobilitätsmanagement für MIV	1513	9	-	1%	-		

Kommunikationsmaßnahmen, Imagekampagne	2305	47	-	2%	-		
Fahrertraining für MIV-Fahrer	530	53	-	10%	-		
Optimierung Antriebe und Kraftstoffe - Pkw	1513	-	151	-	10%		
Optimierung Antriebe und Kraftstoffe - Lkw	700	-	35	-	5%		

1) Der Istverbrauch bezieht sich auf die Verkehrssegmente, auf die die jeweilige Maßnahme abzielt.

Tabelle 7.5

Erwartungswert und technisches Potenzial im Sektor Verkehr

Bei der Aufsummierung der Potenziale wurde davon ausgegangen, dass die einzelnen Maßnahmen unabhängig voneinander sind. Je nach dem welche Maßnahmen in einem späteren Umsetzungsschritt zu Maßnahmenbündel verknüpft werden, muss berücksichtigt werden, dass sich einzelne Maßnahmen gegenseitig beeinflussen. Dadurch können positive Effekte verstärkt oder auch vermindert werden.

7.5.2. Wirtschaftliches Potenzial

Zusammenfassung *Das wirtschaftliche Potenzial, das am Markt kurzfristig umsetzbar ist, beträgt für die ausgewählten Maßnahmen im Sektor Transport & Verkehr rund 15 %.*

Auf die starke Erhöhung der Kraftstoffpreise (seit 1970 um das Vierfache) haben die Kraftfahrer lange Zeit nicht mit einer Reduktion der Fahrzeugnutzung reagiert. Erst in jüngster Zeit sind Rückgänge bei der durchschnittlichen Fahrleistung je Pkw zu verzeichnen.

Wirtschaftlichkeitsbegriff

Unter „wirtschaftlichem Potenzial“ wird im Sektor Transport & Verkehr das Einsparpotenzial verstanden, das am Markt pro Jahr kurzfristig (d.h. innerhalb der nächsten acht Jahre) umsetzbar ist. Das wirtschaftliche Potenzial ist bei den verhaltensbezogenen Maßnahmen gleich dem sog. „Erwartungswert“ (vgl. Kapitel 7.6.1.). Bei technischen Maßnahmen (Fahrzeugtechnik) spiegelt sich das wirtschaftliche Potenzial in der Marktdurchdringung von Fahrzeugen mit verbesserten Antrieben. Diese wiederum hängt ab von einem Ausbalancieren realistischer Verkaufspreise der verbesserten Fahrzeuge einerseits und den mit vertretbaren Kosten der Industrie installierten Neuentwicklungen andererseits.

Wirtschaftliches Potenzial

Das wirtschaftliche Potenzial, das am Markt kurzfristig umsetzbar ist, beträgt für die ausgewählten Maßnahmen im Sektor Transport & Verkehr 14 bzw. 15 %. Die für die einzelnen Maßnahmen ermittelten

wirtschaftlichen Potenziale sind in Tabelle 7.6. dargestellt. Sie bewegen sich zwischen 1 % und 10 % bezogen auf den Istverbrauch.

Gesamtverbrauch im Sektor Verkehr	Istverbrauch (PJ)	Wirtschaftliches Potenzial (%)	Wirtschaftliches Potenzial (%)
Kraftstoffe (Summe mit Pkw-Maut-Variante 1)	2621	375	14%
Kraftstoffe (Summe mit Pkw-Maut-Variante 2)	2621	383	15%
Strom	58	0	
Maßnahmen	Istv. Segmente1		
Einführung Pkw-Maut auf BAB (Variante 1)	433	11	3%
Einführung Pkw-Maut auf BAB (Variante 2)	433	19	4%
Erhöhung Lkw-Maut auf BAB	201	3	1%
Alternierendes Sonntagsfahrverbot für MIV	1513	58	4%
Umfassendes Tempolimit auf BAB für Pkw	433	14	3%
Verbesserung der Fahrradwege und -netze	1513	41	3%
Mobilitätsmanagement für MIV	1513	9	1%
Kommunikationsmaßnahmen, Imagekamp.	2305	47	2%
Fahrertraining für MIV-Fahrer	530	53	10%
Optimierung Antriebe und Kraftstoffe - Pkw	1513	106	7%
Optimierung Antriebe und Kraftstoffe - Lkw	700	33	5%

Tabelle 7.6

Wirtschaftliches Potenzial im Sektor Verkehr

Energiepreise im Sektor

Abbildung 7.3 zeigt die Entwicklung der Kraftstoffpreise für die drei Qualitäten Normalbenzin, Superbenzin und Diesel seit 1970. Es ist erkennbar, dass die Kraftstoffpreise seit 1970 nominal beinahe fortwährend gestiegen sind. Eine Ausnahme bildet die Preisentwicklung in den Perioden 1985-1988 sowie 1996-1998. Es wird deutlich, dass Phasen relativ konstanter Kraftstoffpreise und Phasen mit erheblichen Preissteigerungen abwechseln. Bis ca. 1985 sind die Preise der drei Qualitäten in etwa gleich, ab diesem Zeitpunkt gibt es zwischen

Energieeffizienz Dieselkraftstoffen und Benzin bedeutende preisliche Unterschiede aufgrund der damals eingeführten „Mineralölsteuer-Spreizung“⁽¹⁴⁾.

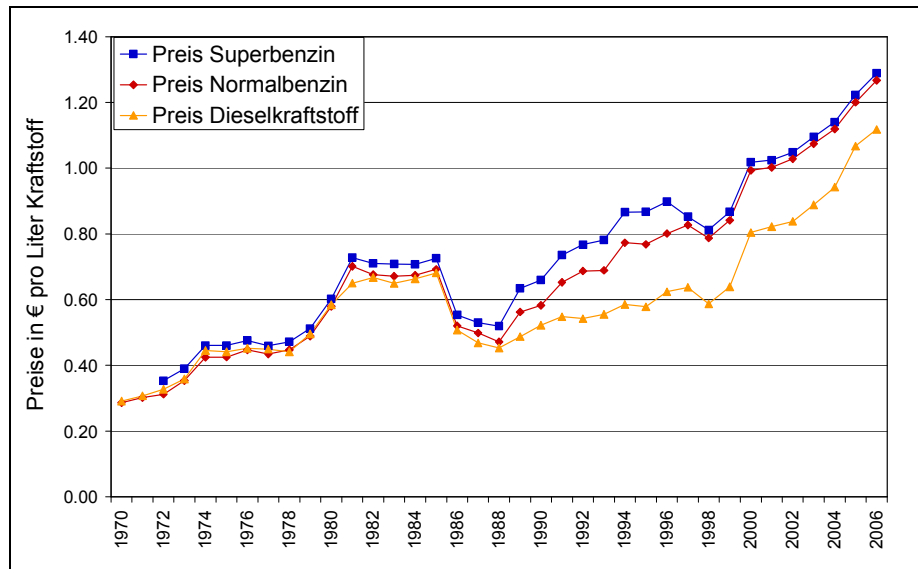
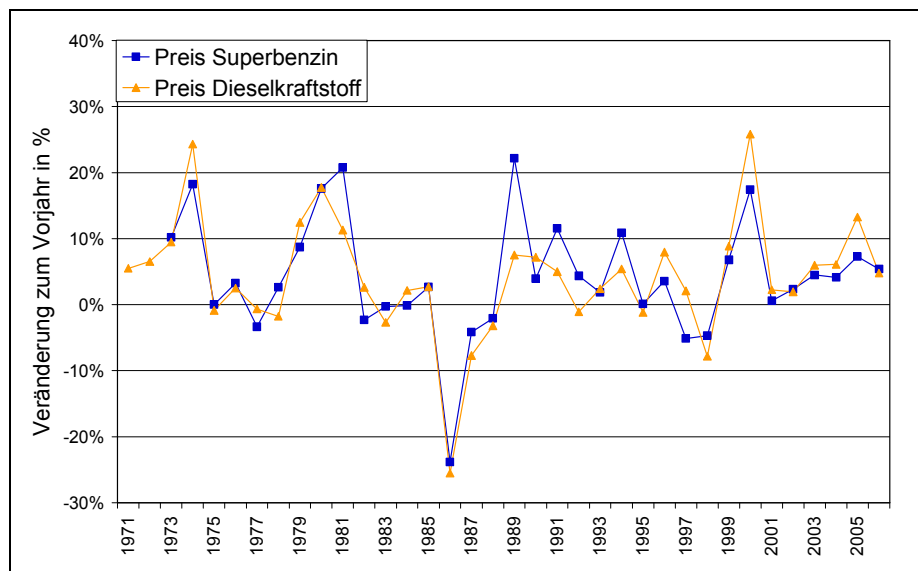


Abbildung 7.3 Entwicklung der Kraftstoffpreise von 1970 – 2006 [Quelle: Mineralölwirtschaftsverband]

Abbildung 7.4 gibt einen Überblick über die jährlichen Veränderungen der nominalen Kraftstoffpreise als prozentuale Veränderungen. Es zeigt sich, dass die Schwankungen der Kraftstoffpreise und die Intensität der Ausschläge dadurch sehr viel besser zu erkennen sind.



In den Jahren 1989, 1991 und 1994 haben Mineralölsteuererhöhungen stattgefunden, die jedoch aus Gründen des Wettbewerbsschutzes für die deutsche Güterverkehrswirtschaft bei Diesel kleiner als bei Benzin ausgefallen sind (gemessen in Prozent des Steigerungsbetrages) bzw. 1991 für Diesel ganz ausgefallen sind.

Abbildung 7.4: Prozentuale Veränderung der Kraftstoffpreise von 1970 – 2006 [Mineralölwirtschaftsverband e.V., 2007, eigene Berechnungen]

Den Konsumenten und Unternehmen stehen zahlreiche Optionen offen, um auf die steigenden Kraftstoffpreise zu reagieren. Zu den wichtigsten Möglichkeiten gehören:

- Eine Änderung des Verkehrsverhaltens durch Verzicht auf Fahrten, die Entscheidung für näher gelegene Ziele, die Wahl anderer Verkehrsmittel, eine Kraftstoff sparende Fahrweise usw. sind zwar kurzfristig möglich, dürften aber nur für private Haushalte eine Option darstellen. Der aggregierte Effekt dieser Anpassungsreaktionen kann als Preiselastizität der Straßenverkehrsnachfrage gemessen werden.
- Mittelfristig können die Verbraucher mit der Wahl ihres Kraftfahrzeugs Einfluss auf die Kostenbelastung nehmen, und zwar durch die Anschaffung kleinerer oder sparsamerer Fahrzeuge, den Kauf eines Fahrzeugs mit anderer Antriebsart (Diesel versus Benzin) oder die Kraftstoffwahl (z. B. Normalbenzin versus Superbenzin).
- Schließlich können durch Betankung im angrenzenden Ausland Kraftstoffkosten eingespart werden - eine Option, die vor allem im Straßengüterverkehr genutzt wird.

Einfluss der Energiepreise (Elastizität)

Nachfrageelastizitäten sind im Verkehrssektor wichtige Kenngrößen, mit denen die Reaktion der Verkehrsnachfrage auf die Veränderung von nachfragebeeinflussenden Faktoren beschrieben wird. Von besonderem Interesse ist hier die Preiselastizität der Verkehrsnachfrage.

Preiselastizitäten der Pkw-Fahrleistung bzw. der Kraftstoffnachfrage wurden in diversen Publikationen, insbesondere auch einer Untersuchung von IVT/ProgTrans/STASA (2004) untersucht. Im Rahmen dieser Studie konnte mit unterschiedlichen Daten und Methoden gezeigt werden, dass private Haushalte auf Steigerungen der Kraftstoffpreise mit einer Einschränkung ihrer Pkw-Fahrleistungen reagieren. Die Preiselastizität der privaten Nachfrage nach Pkw-Verkehrsleistungen liegt unter Berücksichtigung der stichprobenbedingten Unsicherheit in der Größenordnung von etwa -0,1 bis -0,6. Die durch Kraftstoffpreiserhöhungen verursachten Mehrausgaben der Haushalte für Automobilität werden also nur zu einem kleineren Teil durch Einschränkungen bei der Autonutzung kompensiert. Notwendige Einsparungen werden vielmehr bevorzugt in anderen Konsumbereichen vorgenommen. Die Pkw-Verkehrsnachfrage ist in diesem Sinne relativ unelastisch.

Die o.g. Studie kommt zu dem Schluss, dass sich steigende Kraftstoffpreise im Kern lediglich auf die Pkw-Verkehrsnachfrage auswirken. Ein Umsteigen auf den Öffentlichen Verkehr als Folge der Verteuerung des Autofahrens ist bisher nicht feststellbar. Auch für die ge-

legentlich vermutete wirtschaftlichere, d.h. kraftstoffsparende Fahrweise als Reaktion der Haushalte auf steigende Kraftstoffpreise liefert die Studie keine Anhaltspunkte. Dagegen können bestimmte Verhaltensänderungen bei der Pkw-Kaufentscheidung, insbesondere die wachsende Beliebtheit von Dieselfahrzeugen, durchaus auch dem Faktor Kraftstoffpreis zugeschrieben werden.

Anders ist dies bei der Lkw-Verkehrsnachfrage, die relativ sensibel auf Preisänderungen reagiert. Kraftstoffpreisänderungen oder die Lkw-Maut schlagen sich direkt in den Transportkosten und damit auch in den Transportpreisen nieder. Da die Transportkosten neben den Fahrpersonalkosten den zweithöchsten Anteil an den gesamten Transportkosten ausmachen, ist dies ein sensibler Bereich. Empirisch ermittelte Preiselastizitäten liegen im Straßengüterverkehr zwischen -0.6 und -0.9 . [QUINET 1997, INFRAS 1998].

Die folgende Abbildung 7.5 gibt einen Überblick über die Entwicklung der Kraftstoffpreise und der gesamten Pkw-Fahrleistungen. Daraus ist ersichtlich, dass bei weiter anhaltenden Kraftstoffpreiserhöhungen die Pkw-Fahrleistungen mit Otto-Motor seit 1998 tendenziell sinken, während die Pkw-Fahrleistungen mit Diesel-Motor seit 2000 trotz steigender Dieselpreise, allerdings auf deutlich niedrigerem Niveau als die Benzinpreise, steigen.

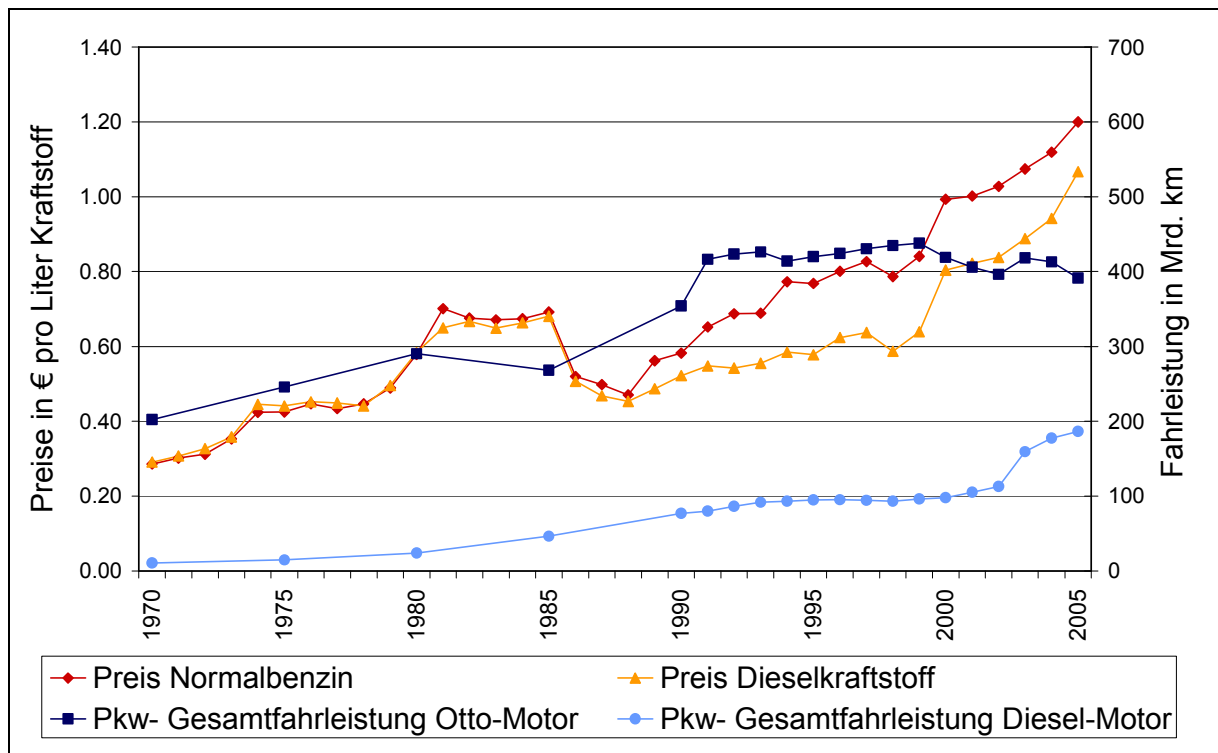


Abbildung 7.5

Entwicklung der Kraftstoffpreise und der Pkw-Gesamtfahrleistung von 1970 – 2005 [Mineralölwirtschaftsverband e.V., 2007 und BMVBS 2006]

Wie Abbildung 7.6 zeigt, haben die Kraftfahrer lange Zeit kaum auf die Kraftstoffpreiserhöhungen reagiert. Erst ab dem Jahr 2000 und

deutlicher noch ab dem Jahr 2004 gab es Rückgänge bei der durchschnittlichen Fahrleistung je Benzin-Pkw. Demgegenüber haben die durchschnittlichen Fahrleistungen je Diesel-Pkw 2004 eine Steigerung erfahren.

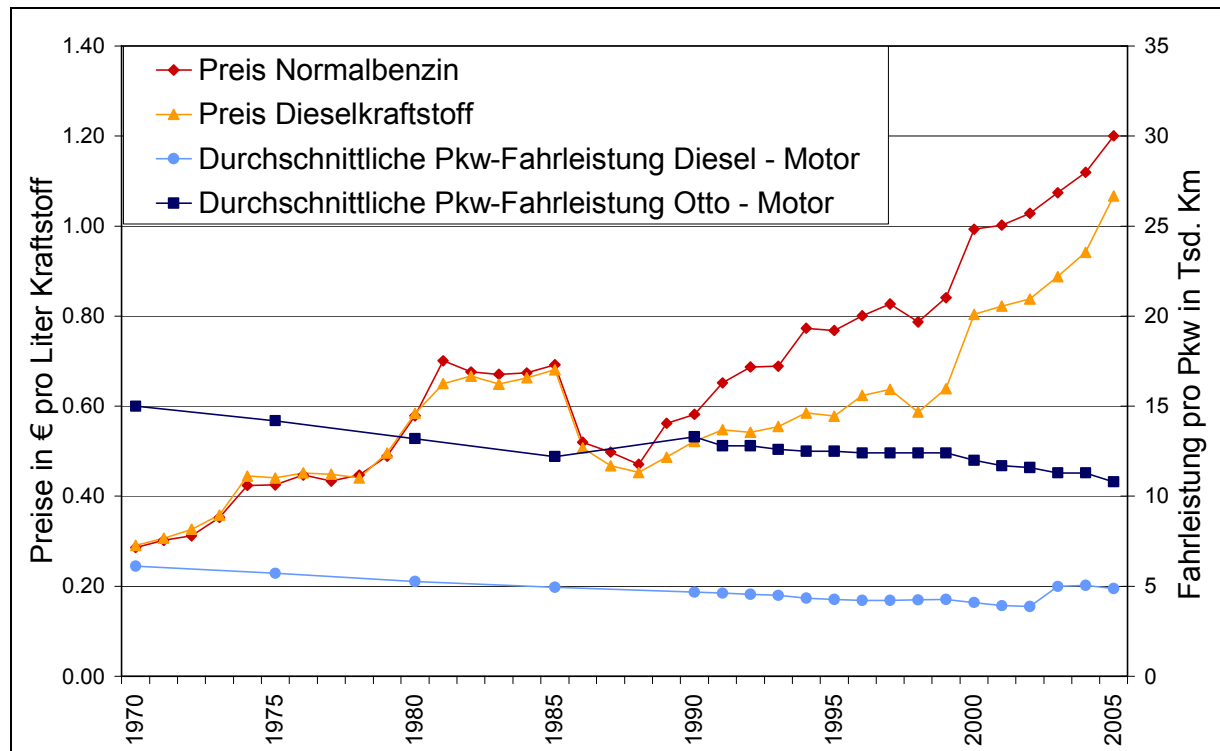


Abbildung 7.6: Entwicklung der Kraftstoffpreise und der durchschnittlichen Pkw-Fahrleistung von 1970 – 2005 [Mineralölwirtschaftsverband e.V., 2007 und BMVBS 2006]

7.5.3. Hemmnisse

Zusammenfassung Hemmnisse im Sektor Transport & Verkehr beruhen vielfach auf Konflikten zwischen verschiedenen Interessensgruppen, die sich in den Standpunkten, dem Wunsch nach möglichst uneingeschränkter Mobilität einerseits und dem Gebot des sparsamen Umgangs mit natürlichen Ressourcen und dem Umweltschutz andererseits spiegeln.

Der Abbau von Hemmnissen mit geeigneten Instrumenten ist möglich und bereits im Gange, wobei auch die zahlreichen bestehenden Instrumente noch besser aufeinander abzustimmen und konsequenter einsetzbar sind.

Hemmnisse, die der Umsetzung von Energieeffizienz- und -einsparmaßnahmen entgegenstehen, sind in Kapitel 7.5. für alle Maßnahmen stichwortartig angesprochen worden und in die Vorbewertung eingeflossen. Bei der Vorbewertung wurde u.a. dem Kriterium Rechnung getragen, dass Umsetzungshemmnisse bei der Auswahl

prioritärer Maßnahmen vergleichsweise gering sind und mit geeigneten Instrumenten kurzfristig reduziert werden können.

Nachfolgend werden die Hemmnisse, gegliedert nach den Hemmniskategorien Information/Motivation, Recht, Finanzen, Organisation und Akteure beschrieben und anschließend ein Überblick über bestehende Instrumente gegeben.

Information/ Motivation

Interessenskonflikte, Akzeptanzprobleme und Informationsdefizite über den Nutzen (Einspareffekte) der Maßnahme sind eine relativ bedeutsame Hemmniskategorie, da verhaltenssteuernde Maßnahmen, die nennenswerte Einsparpotenziale erzielen könnten, mehr oder weniger starke Eingriffe in die Mobilitätsfreiheit darstellen und somit subjektiv als Einengung und Beschränkung empfunden werden.

Zum Abbau von Informations- und Motivationsdefiziten und zur Erhöhung der Akzeptanz für notwendige verkehrspolitische Maßnahmen sind Kommunikations- und Informationskampagnen als Unterstützungs- und Begleitmaßnahme von Mobilitätskonzepten ein wichtiges Instrument.

Durch umfassende Kommunikationskonzepte können Information, Öffentlichkeitsarbeit und Werbung für energiesparendes Mobilitätsverhalten in der Bevölkerung zum einen die Akzeptanz für notwendige Maßnahmen verbessern, zum anderen die individuellen Präferenzen stärker auf umweltschonendere Lebens- und Mobilitätsstile lenken.

Rechtliche Hemmnisse

Einige der vorgeschlagenen Maßnahmen erfordern Anpassungen in bestehenden rechtlichen Grundlagen und Verordnungen, wie beispielsweise der Straßenverkehrsordnung. Gesetzlich zu verankern sind neben neuen Regelungen auch Art und Umfang von Sanktionen und ihre Umsetzung bei Verstößen gegenüber verkehrsordnungrechtlichen Maßnahmen. Die rechtlichen Hürden zur Umsetzung der Maßnahmen werden aber als relativ gering eingestuft.

Um Hemmnisse gegenüber ökonomischen Maßnahmen abzubauen ist von Bedeutung, die Zweckbindung der Maut-Einnahmen zu garantieren, Steuergerechtigkeit gewährleisten oder mit steuerlichen Anreizen kraftstoffsparendes Verkehrsverhalten fördern.

Energieeffizienz- und -einsparmaßnahmen erhalten insbesondere Unterstützung durch die Umweltschutzgesetzgebung. So konnte beispielsweise durch die sukzessive Verschärfung der Emissionsgrenzwerte die spezifischen Kraftstoffverbräuche der Fahrzeuge gesenkt werden.

Finanzielle Hemmnisse

Bei der Auswahl der prioritären Maßnahmen war der Kostenfaktor ein wichtiges Kriterium. Die ausgewählten Maßnahmen sind überwiegend Low-cost-Maßnahmen. Bei einigen Maßnahmen können die Kosten nicht voll dem hier angestrebten Ziel, der Reduzierung des Energieverbrauchs, angerechnet werden, da dieser eher ein Nebeneffekt darstellt. Einige Maßnahmen werden durch Betreibermodelle finanziert, die sich über Einnahmen wieder refinanzieren.

Vor allem personalintensive Maßnahmen, wie z.B. Informations- und Imagekampagnen sind teuer, weshalb sie häufig auch halbherzig betrieben werden. Der Nutzen dieser Maßnahmen ist kaum quantifizierbar und daher auch schwer vermittelbar.

Kraftstoffpreise stellen bei der privaten Nachfrage bisher kaum ein Hemmnis dar. Die durch Kraftstoffpreissteigerungen verursachten Mehrausgaben der Haushalte für Automobilität werden nur zu einem kleineren Teil durch Einschränkungen bei der Autonutzung kompensiert. Notwendige Einsparungen werden vielmehr bevorzugt in anderen Konsumbereichen vorgenommen.

Organisatorische Hemmnisse

Organisatorische Hemmnisse können darin bestehen, dass bei einzelnen Maßnahmen Kooperationen von öffentlicher Hand und privaten Unternehmen erforderlich sind. Dies erfordert in der Regel einen etwas längeren Atem, bis sich private und öffentliche Kooperationspartner gefunden haben und ihre Synergien nutzen können.

Darüber hinaus bedeutet die breit gefächerte Trägerschaft vieler Maßnahmen einen höheren Koordinationsaufwand.

Akteursbezogene Hemmnisse

Unter „Akteuren“ werden hier die Verkehrsteilnehmer selbst (private und gewerbliche) verstanden. Bei diesen kann die Erhöhung der Mobilitäts- oder Transportkosten als Belastung angesehen werden.

Das Energiesparen ist für private Akteure, insbesondere Pkw-Fahrer noch kaum ein Thema. Dies zeigt sich z.B. in dem Trend zu großen und leistungsstarken Wagen. Bei gewerblichen Akteuren ist dies durchaus ein wichtiger Punkt, machen doch die Treibstoffkosten den zweitgrößten Kostenblock neben den Fahrpersonalkosten aus.

Wichtig ist, die Kompensationsmöglichkeiten durch Einsparung beim Kraftstoffverbrauch verstärkt zu kommunizieren.

Weitere Hemmnisse für die vollumfängliche Realisierung von Energiesparpotenzialen liegt in der mangelnden Befolgung von Verkehrsregel, z.B. bezüglich Tempolimit oder zeitlicher Fahrverbote.

7.5.4. Bestehende Instrumente:

Im Folgenden wird ein Überblick über bisher eingeführte oder kurzfristig vorgesehene Instrumente zur Energie- bzw. CO₂-Einsparung im Verkehr gegeben.

Preispolitische (ökonomische) Instrumente:

Kfz-Steuer: seit 1997 in aktueller Struktur durch das Kraftfahrzeugsteuergesetz, nach Hubraum und Schadstoffklasse gestaffelt, schafft Anreize für die Herstellung und den Erwerb von Pkw, die Umwelt und Klima weniger belasten.

Mineralölsteuer: Rechtsgrundlage seit 1992, von 1999 bis 2003 mehrmals erhöht, zuletzt geändert 2003, Besteuerung des Verbrauchs von Mineralöl als Kraft- oder Heizstoff.

Ökosteuer: Auf der Basis des Gesetzes zum Einstieg in die ökologische Steuerreform vom 24.3. 1999 (BGBl. I S. 378) wurde die Mineralölsteuer (s.o.) nach ökologischen Kriterien gestaffelt; aktuell steht eine Änderung des Kraftfahrzeugsteuergesetzes zur Debatte (Stichwort: Feinstaub)

Lkw-Maut: Einführung am 1.1.2005; streckenbezogene Gebühr für die Benutzung der Bundesautobahnen für schwere Lkw (ab 12 t), nach EURO-Klassen gestaffelt. Mauterhöhung geplant.

Entfernungspauschale: seit 2002; ab 1.1.2004 wurde diese durch das Haushaltsbegleitgesetz gesenkt (indirekte Emissionsminderung); seit 1.1.2007 wird die Pendlerpauschale von 30 €ct pro Kilometer und Arbeitstag nur noch beginnend ab dem 21. Entfernungskilometer gewährt; max. 4500.-Euro pro Jahr.

Biokraftstoffquotengesetz: am 1.1.2007 in Kraft getreten, Mineralölwirtschaft wird verpflichtet, einen wachsenden Anteil Biokraftstoff zu vertreiben. Die Biokraftstoffquote soll bei Diesel mindestens 4,4% und bei Benzin zunächst 2 % und ab 2010 3 % betragen. Die Gesamtquote soll 2009 mindestens 5,7 % und 2010 mindestens 6 % betragen.

Steuererleichterungen: Seit 2004 unterstützt die Bundesregierung durch günstige Steuersätze den Einsatz von Kraftstoffen biogenen Ursprungs und auch für Erdgas ist ein günstiger Steuersatz bis 2020 festgeschrieben (für Flüssiggas ist der Steuersatz bis 2009 festgeschrieben)

Vorschlag einer EU-Richtlinie: (2007) Mindeststeuersatz auf Dieselmotorkraftstoff soll von 302 EUR je 100l schrittweise auf 359 EUR bis 2012 und 380 EUR bis 2014 erhöht werden.

Gesetz zur Förderung von Partikelfiltern: am 1. April 2006 in Kraft getreten. Rückwirkend für den Zeitraum vom 1. Januar 2006 bis Ende 2009 (Nachrüstung von Diesel-Pkw mit einem Betrag von einmalig

330 Euro steuerlich gefördert und Diesel-Pkw ohne Filter bis zum 31. März 2011 mit einem Aufschlag von 1,20 Euro pro 100 Kubikzentimeter Hubraum belastet)

Plakettenverordnung zur Einteilung des Kfz-Bestands in verschiedene Schadstoffklassen: am 1.3.2007 in Kraft getreten. Danach können Fahrer von Euro 2 bis Euro 4-Fahrzeugen unterschiedlich gefärbte Plaketten an der Windschutzscheibe anbringen. Städte haben damit ein wirksames Mittel in der Hand, um auf Grundlage der bestehenden Umweltgesetzgebung Fahrverbote für besonders belastete Stadtquartiere auszusprechen; Einfahrtregelung in sog. Umweltzonen durch gesonderte Verkehrsschilder, in der dann nur durch Plakette ausgewiesene saubere Fahrzeuge unterwegs sein dürfen.

Raumordnerische Instrumente:

Novellierung Baugesetzbuch 2004: Berücksichtigung einer auf Vermeidung und Verringerung von Verkehr ausgerichteten städtebaulichen Entwicklung

Bundesverkehrswegeplan: (aktuellster aus dem Jahr 2003) Investitionsrahmenplan und Planungsinstrument (basiert auf raumordnerischen Grundlagen, berücksichtigt jedoch auch Umweltgesichtspunkte)

Radwegeprogramm des Bundes: Förderung des Radverkehrs und Reduktion der Pkw-Kurzstreckenfahrten, Erhöhung der Haushaltsmittel für die Zwecke des Fahrradverkehrs

Maßnahmen im Kontext mit dem städtebaulichen Programm: „Die soziale Stadt“

- Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz: Der Bund gewährt den Ländern im Rahmen des GVFG Finanzhilfen für Investitionen zur Verbesserung der Verkehrsverhältnisse der Gemeinden. Damit werden Investitionen im öffentlichen Personennahverkehr und kommunalen Straßenbau bundeseinheitlich gefördert, Verbesserung der Verkehrsverhältnisse der Gemeinden
- Im Rahmen der Bedarfsplanung für Bundesfernstraßen stellt der Bau von Ortsumgehungen einen verkehrspolitischen Schwerpunkt der Bundesregierung dar. Das laufende Investitionsprogramm für Bundesfernstraßen und das Zukunftsinvestitionsprogramm (ZIP) unterstützen daher nachhaltig den Bau von Ortsumgehungen.

Grundlagenprogramme:

Klimaschutzprogramm (seit 2000, Aktualisierung von 2005):

- Im Rahmen des Klimaschutzprogramms haben der VDA und der VDIK dem BMVBW im Juli 2002 eine Zusage erteilt, weitere kraftstoffsparende Maßnahmen wie der verstärkte Einsatz von Leichtlaufreifen (schon bereits weitestgehend umgesetzt), Leichtlaufölen (schon bereits weitestgehend umgesetzt) sowie

von Verbrauchsanzeigen (soll noch vermehrt eingesetzt werden, damit Fahrer energiesparender schalten)

- Im Programm aus dem Jahr 2000 wurden bessere Bedingungen für den Bahnverkehr festgelegt (diskriminierungsfreier Wettbewerb auf der Schiene)
- Klimaschutzprogramm 2005: bestehender Handlungsbedarf und Zielerreichungsgrad der vergangenen Maßnahmen werden bilanziert (z.B. der eingeführten Maßnahmen der Bereiche Lkw-Maut, Bahnpolitik, Stadt- und Raumplanung, Kraftstoffstrategie etc.)
- Energieverbrauchskennzeichnungspflicht für Pkw: Bereitstellung von Verbraucherinformationen (CO₂-Emissionen und Kraftstoffverbrauch) beim Marketing für Pkw seit 2004

Im Rahmen der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie 2004 wurde die Kraftstoffstrategie der Bundesregierung bis 2020 vorgestellt;

- Diese unterstützt die Markteinführung innovativer und alternativer Kraftstoffe und Antriebstechnologien, die auf Dauer ökonomisch und ökologisch sinnvoll sind
- Ressourcen sollen auf erfolgsversprechende Alternativen konzentriert werden und deren Entwicklung beschleunigen

Im "Fortschrittsbericht der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie 2004" (Perspektive für Deutschland) stellt das BMVBS zum Thema "Nachhaltige Mobilität" die Umsetzung und Fortentwicklung des bereits angesprochen Maßnahmenkatalogs dar, die hier beschriebenen Maßnahmen und Instrumente bilden die Elemente einer Gesamtstrategie

Forschungspolitische Akzentsetzungen:

- Zusammenspiel von Industrie und Politik wichtig, z.B. systemübergreifender Ansatz der Verkehrswirtschaftlichen Energiestrategie (VES), wo zentrale Fragen mit Vertretern verschiedener Bereiche erörtert werden (Praxisprojekt CEP: erste Wasserstofftankstelle Europas: Erprobung von Wasserstoff im Alltagstest)
- Wichtige Impulse zur CO₂-Minderung gehen von der 1997 gegebenen Selbstverpflichtung der Automobilindustrie (deutsche, europäische, koreanische und japanische) aus

Aufklärungs- und Informationsmaßnahmen:

verschiedene Kampagnen wie z.B. „Neues Fahren“ (Eco-Drive), „Anspruchsvolle Umweltstandards im ÖPNV“ etc. tragen zur Bewusstseinsbildung und Verhaltensänderung bei.

7.5.5. Fazit und Ausblick

Die Untersuchung hat gezeigt, dass eine Reihe von Maßnahmen im Sektor Transport & Verkehr geeignet ist, innerhalb der nächsten Jahre beachtliche Einsparpotenziale zu erzielen. Mit Technikkonzepten allein sind die Effizienzziele nicht erreichbar. Es müssen Maßnahmen einbezogen werden, die die Nachfrageentwicklung (Verkehrsvermeidung) und das Verkehrsverhalten (Verkehrsmittelwahl) beeinflussen.

Die ausgewählten Maßnahmen sind daher nicht nur technischer Art, sondern umfassen auch verhaltenssteuernde Maßnahmen, die zu einer Reduzierung von Fahrleistungen im motorisierten Straßenverkehr und damit zur Einschränkung des Energieverbrauchs führen werden.

Das Einsparpotenzial insgesamt (Erwartungswerte + technische Potenziale) beträgt für die ausgewählten Maßnahmen im Sektor Transport & Verkehr rund 16 %. Das Wirtschaftliche Potenzial liegt mit 14 bzw. 15 % nahezu auf der gleichen Höhe.

Zu berücksichtigen ist dabei, dass die Nutzen der Energiesparmaßnahmen weit über das Energieeinsparungen hinausreichen. Sie bewirken gleichzeitig die Reduktion von Luftschadstoff- und von CO₂-Emissionen. Insbesondere letztgenannte sind unmittelbar mit dem Energieverbrauch gekoppelt. Das bedeutet, dass diese Energiesparmaßnahmen gleichzeitig auch zur Erreichung der Klimaschutzziele beitragen.

Im Hinblick auf die Umsetzung von Maßnahmen ist es wichtig, ein kohärentes Gesamtpaket (Maßnahmenbündel) zu bilden, das die verschiedenen Synergien und Konflikte der einzelnen Maßnahmenbestandteile berücksichtigt.

Wichtig ist, diese Maßnahmen, die teilweise vielleicht als unpopulär gelten, durch Kommunikations- und Informationskampagnen zu begleiten und zu unterstützen, damit Einsicht in die Notwendigkeit und die Akzeptanz der Maßnahmen gefördert wird. Der Abbau von Hemmnissen mit geeigneten Instrumenten ist möglich und bereits im Gange, wobei auch die zahlreichen bestehenden Instrumente noch besser aufeinander abzustimmen und konsequenter einsetzbar sind.

8. Anhang (Allgemein)

8.1 Begriffsdefinitionen

Autonomer, technischer Fortschritt <i>(im Sinne der Studie)</i>	Der <i>autonome technische Fortschritt</i> ist das Ergebnis einer Fortschreibung von Kohorten technischer Artefakte (wie z. B. Gebäude, Geräte, Anlagen oder Fahrzeuge), welche mit einer bestimmten energetischen Qualität in den Park „eintreten“ (d. h. nach dem zu dem jeweiligen Zeitpunkt geltenden Stand der Technik in Betrieb genommen werden) und nach einer üblichen Lebensdauer aus dem Park austreten (außer Betrieb gesetzt) werden.
(Einzel-) Maßnahme <i>(im Sinne der Studie)</i>	Eine <i>Energiespar- o. Effizienz-Maßnahme</i> im Sinne des vorliegenden Berichts ist eine abgrenzbare Maßnahme, welche geeignet ist, den Energieverbrauch in einem abgrenzbaren Feld (nach Sektor, Wirtschaftszweig, Anwendungszweck, Endenergieträger), jeweils bereinigt um eine etwaige Entwicklung der Mengenkompente zu vermindern. Die Maßnahme selbst kann dabei technischer, betrieblicher, organisatorischer, pädagogischer, informatischer <i>oder</i> motivatorischer Natur sein. Bei der Betrachtung einer Maßnahme steht die Maßnahme selbst im Vordergrund.
(Energiespar-/Effizienz-) Instrument <i>(im Sinne der Studie)</i>	Ein <i>Instrument</i> im Sinne des vorliegenden Berichts ist eine von staatlicher Seite initiiertes <i>politisches Instrument</i> , welche die Umsetzung einer oder verschiedener Energiespar- oder Effizienzmaßnahmen adressiert und befördert. Diese Instrumente können ordnungsrechtlicher, förderungs- o. finanzierungstechnischer, freiwillig vereinbarter, informatorischer, bildungspolitischer sowie marktwirtschaftlicher Natur sein.
Energieeffizienzmaßnahmen <i>(im Sinne der EDR)</i>	alle Maßnahmen, die in der Regel zu überprüfbaren und mess- oder schätzbaren Energieeffizienzverbesserungen führen.
Energieeffizienzprogramme <i>(im Sinne der EDR)</i>	Tätigkeiten, die auf bestimmte Gruppen von Endkunden gerichtet sind und in der Regel zu überprüfbaren und mess- oder schätzbaren Energieeffizienzverbesserungen führen;
Energieeffizienzmechanismen <i>(im Sinne der EDR)</i>	von Regierungen oder öffentlichen Stellen eingesetzte allgemeine <i>Instrumente</i> zur Schaffung flankierender Rahmenbedingungen oder von Anreizen für Marktteilnehmer bei Erbringung und Inanspruchnahme von Energiedienstleistungen und anderen Energieeffizienzmaßnahmen;
Handlungsfeld <i>(im Sinne der Studie)</i>	Ein <i>Handlungsfeld</i> im Sinne des vorliegenden Berichts ist ein <i>Maßnahmenbündel</i> , welches geeignet ist, den Energieverbrauch in einem abgrenzbaren Feld (nach Sektor, Wirtschaftszweig, Anwendungszweck, Endenergieträger), zu vermindern. Dabei können Maßnahmen unterschiedlicher Natur in Ansatz gebracht werden. Ein Handlungsfeld setzt sich in der Regel aus mehreren (Einzel-)Maßnahmen zusammen und richtet sich auf ein Zielsegment, eine Querschnittstechnologie oder eine Zielgruppe mit vergleichbaren Problemstrukturen.
Hemmnis <i>(im Sinne der Studie)</i>	Als Hemmnisse im Sinne der vorliegenden Studie werden alle Tatbestände bezeichnet, welche die Realisierung wirtschaftlicher Energieeinsparpotenziale verhindern oder erschweren. Diese Hemmnisse können informatischer,

	rechtlicher, finanztechnischer, organisatorischer, motivatorischer und/oder sonstiger Natur sein.
Öffentlicher Sektor Öffentliche Hand <i>(Public Sector)</i> <i>(im Sinne der Studie)</i>	<p>In der vorliegenden Untersuchung wird als der <i>Öffentliche Sektor im engeren Sinne</i> die Gesamtheit der Einrichtungen bezeichnet, die von einer <i>Öffentlichen Körperschaft</i> wie Bund, Länder oder Kommunen beherrscht und bewirtschaftet werden. Der Begriff <i>Kommune</i> umfasst Städte, Gemeinden und Landkreise. Zweckverbände, Eigenbetriebe, Renten- oder Sozialversicherungsträger werden dabei nicht einbezogen.</p> <p>Der <i>Öffentliche Sektor im weiteren Sinne</i> umfasst über die oben genannten Einrichtungen hinaus noch Zweckverbände, Eigenbetriebe, Renten- oder Sozialversicherungsträger, Einrichtungen des Gesundheitswesens, Bäderbetriebe, Sportstätten, Theater, Museen und Verkehrsinfrastruktureinrichtungen wie Flughäfen, Bahnhöfe und Häfen. Diese Einrichtungen werden überwiegend bzw. im zunehmenden Maße von privatwirtschaftlich organisierten Trägern beherrscht. Der Einfluss der <i>Öffentlichen Körperschaften</i> ist begrenzt.</p>
Stand der Technik <i>(im Sinne der Studie)</i>	<i>Stand der Technik</i> im Sinne dieses Berichts ist der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Begrenzung des Endenergieeinsatzes insgesamt als gesichert erscheinen lässt.
Suffizienz	Suffizienz steht in der Ökologie für ein Bemühen um einen möglichst geringen Material- und Energieverbrauch. Erreicht werden kann das durch eine geringe Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen, insbesondere derer, die einen hohen Ressourcenverbrauch erfordern [vgl. hierzu WI 2004]
Technisches Potenzial <i>(im Sinne der Studie)</i>	<p>Als <i>statisches</i>, technisches Potenzial im Sinne der vorliegenden Studie wird diejenige Energieeinsparung (absolut in Verbrauchseinheiten, relativ in Prozentangaben) bezeichnet, welche gegenüber einem Bezugszustand (Verbrauch und Mengen, in der Regel im Jahr 2002) statisch, also bei konstanter Gesamtmenge und ohne gesonderte Berücksichtigung des technologischen Fortschritts aufgrund einer definierten Maßnahme zu erzielen ist.</p> <p>Als technisches Potenzial <i>gegenüber dem Trend</i> im Sinne der vorliegenden Studie wird diejenige Energieeinsparung (absolut in Verbrauchseinheiten, relativ in Prozentangaben) bezeichnet, welche gegenüber einem Bezugszustand (Verbrauch und Mengen, in der Regel das Jahr 2002) <i>gegenüber dem Trend</i>, also gegenüber dem autonomen, technischen Fortschritt bei ansonsten konstanter Gesamtmenge, aufgrund einer definierten Maßnahme zu erzielen ist.</p> <p>Zeithorizont: bis zum Jahr 2016 (10 Jahre), dabei sind <i>technische</i> Restriktionen, wie z. B. die verlangsamte Umsetzung aufgrund der üblichen Produkt-, Sanierungs- und Reinvestitionszyklen zu berücksichtigen.</p>
Wirtschaftliches Potenzial <i>(im Sinne der Studie)</i>	Als wirtschaftliches Potenzial im Sinne der vorliegenden Studie wird diejenige einzusparende Energiemenge (absolut in Verbrauchseinheiten, relativ in Prozentangaben) bezeichnet, welche gegenüber dem Technischen Potenzial (statisch oder gegenüber dem Trend), wirtschaftlich darstellbar ist, d.h. zu einer definierten Lebensdauer der Maßnahme und einem definierten Zinssatz, spezifisch geringere Kosten pro eingesparte Verbrauchseinheit hat als der vom jeweiligen Verbraucher zu entrichtende, marktübliche Preis pro Verbrauchseinheit.

8.2 Glossar

APEE	Aktionsplan Energieeffizienz, (<i>im Gegensatz zu EEAP</i>) wurde von der Europäischen Kommission ausgearbeitet und am 19.10.2006 vorgelegt. Der Europäische Rat hat auf seiner Frühjahrstagung 2006 als dringende Maßnahme die Annahme eines weit reichenden und realistischen Aktionsplans zur Energieeffizienz unter Berücksichtigung des Energieeinsparpotenzials der EU von über 20 % bis 2020 gefordert.
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, <i>hier</i> : insbesondere als Träger von Förderprogrammen (Marktanreizprogramm, Energieberatung vor Ort sowie
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BGF	Brutto-Grundfläche eines Gebäudes, vgl. hierzu auch VDI 3807 sowie DIN 277 (bzw. die hier aufgeführten Begriffe HNF, EBF).
BGW	Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft, Berlin
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz, Kurzbezeichnung für das deutsche Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnlichen Vorgängen, Neufassung vom 04.10.2002.
BMVg	Bundesministerium für Verteidigung
BMVBW	Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
Braune Ware	Sammelbegriff für Geräte der Unterhaltungselektronik (TV, Video, HiFi, Spielekonsolen)
dena	Deutsche Energieagentur GmbH (dena), Berlin
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin
DStGB	Deutscher Städte- und Gemeindebund, Berlin und Bonn
DST	Deutscher Städtetag, Berlin und Köln
eaD e. V.	Verein der Energieagenturen Deutschlands e. V.
EBF	Energiebezugsfläche, vgl. hierzu auch VDI 3807 sowie DIN 277 (bzw. die hier aufgeführten Begriffe BGF, HNF).
EDR	Richtlinie 2006/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. April 2006 über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen und zur Aufhebung der Richtlinie 93/76/EWG des Rates, (kurz „ <i>Energiedienstleistungs-Richtlinie</i> “ oder „ <i>Energieeffizienz-Richtlinie</i> “)
EEAP	Energieeffizienz-Aktionsplan, (<i>im Gegensatz zu APEE</i>) im Rahmen der EDR von den Mitgliedstaaten erstmalig bis 30.06.2007 auszuarbeiten und der Kommission vorzulegen.
Energieliefer-Contracting	oder Anlagen-Contracting ist eine Contractingform, bei der sich die Vergütung des Contractors an gelieferten Energiemengen bemisst. Leistungsgrenze ist die Schnittstelle zum Endabnehmer, in der Regel ein Wärmemengen- oder Stromzähler.
Energiespar-Contracting	oder Performance-Contracting ist eine Contractingform, bei der sich die Vergütung an eingesparten Kosten oder Verbrauch bemisst. Die Leistungsgrenze ist vertraglich zu vereinbaren und umfasst häufig die gesamten Einrichtungen der technischen Gebäudeausrüstung (TGA), in Einzelfällen auch die Gebäudehülle.
Energiesparpartnerschaft	<i>Energiespar-Contracting</i> nach dem sogenannten Berliner Modell, wobei jeweils große Pools von Liegenschaften zusammengestellt und ausgeschrieben werden. Dabei werden auch kleinere Liegenschaften in die Ausschreibung einbe-

	zogen, teilweise unter Einbeziehung von sogenannten Pflichtmaßnahmen, welche sich aus rein ökonomischen Überlegungen nicht direkt aus dem Contracting darstellen lassen.
EnEV	<i>Energieeinspar-Verordnung</i> zum Gesetz über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV) vom 16. November 2001
EUPR	Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Juli 2005 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte und zur Änderung der Richtlinie 92/42/EWG des Rates sowie der Richtlinien 96/57/EG und 2000/55/EG des Europäischen Parlaments und des Rates (EUP-Richtlinie)" wurde am 22. Juli 2005 im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht. (häufig auch kurz: „Öko-Design-Richtlinie“)
GHD	Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen.
HNF	Hauptnutzfläche, vgl. hierzu auch VDI 3807 sowie DIN 277 (bzw. die hier aufgeführten Begriffe BGF, EBF).
IEMB	Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken an der TU Berlin, Berlin, hier insbesondere verwendet in der Verantwortung und Trägerschaft des Energiebeauftragten für umzugsbedingte Bundesbaumaßnahmen.
IND	Sektor Produzierendes Gewerbe
IuK (Geräte)	Information- und Kommunikation, wird als Bezeichnung für alle Gerätegruppen zur Datenverarbeitung und Telekommunikation verwendet.
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau, u. a. Trägerin von Förderprogrammen Wohnungsbau-, Modernisierungs- und Sanierungsprogrammen.
KfW 60 / KfW 40	Zielstandards im KfW Programm <i>Ökologisch Bauen</i> , entsprechend dem 6 I- bzw. 4 I-Haus. Der Jahres-Primärenergiebedarf für Warmwasser und Heizung Q_p liegt bei weniger als 60 (40) kWh/(m ² a), der Flächenbezugswert ist die Gebäudenutzfläche.
Passivhaus	Ein Passivhaus ist ein Gebäude, in welchem die thermische Behaglichkeit (ISO 7730) allein durch Nachheizen oder Nachkühlen des Frischluftvolumenstroms, der für ausreichende Luftqualität (DIN 1946) erforderlich ist, gewährleistet werden kann - ohne dazu zusätzlich Umluft zu verwenden. Der Heizwärmebedarf beträgt weniger als 15 kWh/(m ² a), der Primärenergiebedarf inkl. Haushaltstrom unter 120 kWh/(m ² a), der Flächenbezugswert ist die beheizte Wohnfläche. Der schweizer Minergie-P-Standard weicht leicht von den Anforderungen des Passivhauses ab
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
PECU	Bundesverband Privatwirtschaftlicher Energie-Contracting-Unternehmen, Mainz.
PHH	Sektor der Privaten Haushalte
RLT	Raumlufttechnik, auch für raumlufttechnische Anlagen
TGA	Technische Gebäudeausrüstung, umfasst die Gewerke: Heizungs-, Klima-, Sanitär- und Elektrotechnik
VDEW	Verband der deutschen Elektrizitätswirtschaft, Berlin und Frankfurt
VDI	Verein der Deutschen Ingenieure, Düsseldorf; hier insbesondere zitiert in Zusammenhang der verwendeten technischen Richtlinien, die regelmäßig vom VDI erarbeitet und herausgegeben werden.
VDMA	Verband des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus, Frankfurt; hier: Fachverband Automation + Management für Haus + Gebäude (AMG)
VERK	Sektor Transport & Verkehr

VfW	Verband für Wärmelieferung, Hannover
Weisse Ware	Sammelbegriff für große Haushalts-Elektogeräte (Waschmaschine, Trockner, Geschirrspüler, Kühl- u./o. Gefrierschränke).
ZVEI	Zentralverband der Elektroindustrie e. V., Frankfurt/Main

8.3 Literatur

Literatur	
Allgemeine Quellen und Grundlagen	
[AGFW 2005]	AGFW <i>Hauptbericht der Fernwärmeversorgung 2004</i> . Frankfurt: AGFW.
[DIW 2005]	<i>DIW Wochenbericht 7/05 zur Strombereitstellung in Deutschland</i> , Berlin: DIW.
[Enquete 2002]	Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages (2002): <i>Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung, Endbericht</i>
[EWI/prognos 2005]	Lindenberger, D.; Bartels, M.; Seeliger, A.; Wissen, R.; Schlesinger, M.; Hofer, P.;. (2005). <i>Energiereport IV, Referenzprognose im Auftrag des BMWA</i> , Köln, Basel, Berlin: EWI/Prognos.
[EWI/prognos 2006]	Lindenberger, D.; Schlesinger, M.; Kirchner, A.; Hofer, P.;. (2005). <i>Auswirkungen hoher Ölpreise auf Energieangebot und -nachfrage im Auftrag des BMWA</i> , Köln, Basel, Berlin: EWI/Prognos.
[FhG ISI 2002]	Ostertag, K.; Gruber E.; Schleich, J. (2002). <i>Zukünftige Optionen für die rationelle Energieverwendung - Bericht zum Forum Hemmnisabbau</i> . Karlsruhe: FhG ISI.
[FhG ISI 2006]	Eichhammer, W.; Schломann, B. (2006). <i>Statistisch-methodische Fragen in Zusammenhang mit dem Richtlinienvorschlag der EU-KOM zu Energiedienstleistungen und Endenergieeffizienz</i> . im Auftrag des BMWi, Karlsruhe.
[KfW 2005]	KfW Bankengruppe, Abtl. Volkswirtschaft: <i>Befragung zu Hemmnissen und Erfolgsfaktoren in Unternehmen</i> , Frankfurt 2005
[prognos/IER 2004]	Schlesinger, M.; Kirchner, A.; Fahl, U.; Hofer, P.;. (2004). <i>Analyse der Wirksamkeit von CO2-Minderungsmaßnahmen im Energiebereich und ihre Weiterentwicklung</i> . Berlin: Prognos/IER.
[prognos 2005a]	Seefeldt, F. ; Kirchner, A. (2005): <i>Klimaschutzkonzept Rheinland-Pfalz, Studie im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Forsten</i> , Rheinland-Pfalz, Basel und Mainz
[prognos 2005b]	Seefeldt, F. (2005): <i>Expertenbefragung zur Energieberatung in Industrie und Gewerbe, im Auftrag der KfW Bankengruppe, Abtl. Unternehmensförderung</i> : Berlin und Bonn
[Recknagel 2002]	Recknagel, H., Sprenger E., Schramek, E. R. (Hg.): <i>Taschenbuch für Heizung, Lüftung und Klima 03/04</i> , Oldenbourg-Verlag, München 2002
[StaBu 2007]	Statistisches Bundesamt: <i>Preise: Daten zur Energiepreisentwicklung - Lange Reihen von 2000 bis 2007</i> , Wiesbaden: 2007
[Staiß 2005]	Staiß, F. (2005): <i>Jahrbuch Erneuerbare Energien 2002/2003</i> . Radebeul: Biebertstein Fachbuchverlag.
[WI 2004]	Linz, M.: <i>Weder Mangel noch Überfluss - Über Suffizienz und Suffizienzforschung</i> , Wuppertal: Juli 2004

Literatur	
[VDEW 2005]	<i>Statistik der Energiewirtschaft</i> (2005), Frankfurt und Berlin
[VDI 2067]	VDI 2067 – <i>Wirtschaftlichkeit von Wärmeversorgungsanlagen</i> , Düsseldorf: VDI Verlag
[VIK 2005a]	<i>Statistik der Energiewirtschaft</i> . VIK - Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e. V.
Private Haushalte Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, und Öffentliche Hand	
[BayLfU 2006]	Bayerisches Landesamt für Umweltschutz: <i>Klima schützen – Kosten senken, Energie sparen bei Kälteanlagen im Lebensmittelhandel</i> , im Auftrag Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
[BEI 2002]	Kleemann; Heckler; Kolb; Hille. (2002). <i>Die Entwicklung des Energiebedarfs zur Wärmebereitstellung in Gebäuden - ERGEBNISSE</i> . Bremer Energieinstitut (Bremer Energiekonsens)
[BINE 2003]	Schulze-Darup, B. (2003): <i>Energieeffiziente Einfamilienhäuser, Kosten und Wirtschaftlichkeit</i> , BINE Themen Info 2/2003
[BMBF 2005]	Bundesministerium für Bildung und Forschung: <i>Grund- und Strukturdaten 2005</i> . Berlin: 2005.
[BMU 2002]	Rotter, F.; Graf, G.; Seefeldt, F. (2002). <i>Optimierung der Energieversorgung im BMU Geschäftsbereich (VERTRAULICH)</i> . In UBA Umweltbundesamt (Ed.), UFOPLAN 200 46 103. Berlin: Berliner Energieagentur GmbH.
[dena 2003]	Rotter, F. ; Rathert, P. ; Jessel, A. ; Trautner, W. E. ; Wetters J.-H. (2003). <i>Leitfaden Energieeinspar-Contracting</i> . Berlin: dena.
[dena 2004]	Rotter, F. ; Reichenberger, R. (2004). <i>Contracting-Offensive für öffentliche Liegenschaften</i> , Berlin: dena.
[dena 2006a]	Reichenberger, R. (2006). <i>Contracting – Instrument für mehr Energieeffizienz in Gebäuden</i> . Berlin: dena.
[dena 2006b]	Beleuchtung: <i>Energiespar-Tipps für Ihren Haushalt</i> . (2006). Berlin: dena
[DIFU 1998]	Kallen, C. ; Lottemoser, J. (1998). <i>Kommunales Energiemanagement - Umweltberatung für Kommunen</i> . In UBA / DIFU (Ed.), UFOPLAN 109 01 127. Berlin: DIFU Deutsches Institut für Urbanistik.
[DIN 1946]	DIN Norm Nr. 1946: <i>Raumlufttechnik, u. a. mit Teilnormen zu RLT Anlagen in Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden</i> , verschiedene Erscheinungsdaten, derzeit in Überarbeitung
[DKV 2000]	Statusbericht Nr. 22; <i>Energiebedarf für die technische Erzeugung von Kälte</i>
[DST 2002]	Deutscher Städtetag. (2002). <i>Statistisches Jahrbuch Deutscher Gemeinden 2002</i> . Köln und Berlin: Deutscher Städtetag.
[DST 2003]	Deutscher Städtetag. (2003). <i>Bewertung verschiedener Finanzierungsformen für Energiesparmaßnahmen</i> . In <i>Deutscher Städtetag (Ed.), Hinweise zum kommunalen Energiemanagement</i> . Köln und Berlin: Deutscher Städtetag.
[DST 2004]	Deutscher Städtetag. (2004). <i>Statistisches Jahrbuch Deutscher Gemeinden 2003</i> . Köln und Berlin: Deutscher Städtetag.
[Duschl 2002]	Duschl, G. (2002). <i>Minderung von CO₂ Emissionen durch rationelle Energienutzung beim Einsatz raumlufttechnischer Anlagen</i> , im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz, Augsburg.

Literatur	
[Eicher & Pauli 2004]	Erb, M. (2004). <i>Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen FAWA 1996-2003</i> , Im Auftrag des BFE, Liestal
[ESA 1996]	ESA/iwb Ingenieurbüro. (1996). <i>Contracting-Leitfaden für landeseigene Liegenschaften</i> . Magdeburg: ESA.
[FES 2003]	Kuhn, V. (2003). <i>Kommunales Energiemanagement - Strategien, Akteure, Hemmnisse</i> . In Friedrich-Ebert-Stiftung (Ed.), <i>Ökologische Marktwirtschaft</i> . Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung.
[FfM/Mainova 2005]	Energierferat Frankfurt am Main, Mainova AG, Philippe Redlich, (2005). <i>Ratgeber moderne Heizungspumpen</i> . Frankfurt/M.
[FfM 2006a]	Energierferat Frankfurt am Main (September 2006): <i>Passivhäuser: Die wirklichen Kosten - Kostenvergleich Passivhaus - Standardhaus</i> , Frankfurt/M.
[FfM 2006b]	Linder, Mathias: <i>Energieverbrauchsausweis für öffentliche Gebäude</i> , Energiemanagement Stadt Frankfurt zum 3. Hessischen Energieberateritag, Frankfurt: 10.05.2006
[FhG ISI/DIW/GfK 2004]	Schlomann, B.; Ziesing, H.-J.; Herzog, T.; Broeske, U.; Kaltschmitt, M.; Geiger, B. (2004). <i>Energieverbrauch der Privaten Haushalte und des Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)</i> (Vol. 17/02). Berlin: FH ISI, DIW, GfK, IE.
[FhG ISI/GfK 2001]	Schlomann, B.; Eichhammer, W.; Gruber, E.; Kling, N.; Mannsbart, W.; Stöckle, F. (2001). <i>Evaluierung zur Umsetzung der Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung (EnVKV)</i> . Berlin: FhG ISI; GfK.
[FhG ISI/FfE 2000a]	Böde, U. ; Gruber, E. ; Deutscher, P. ; Elsberger, M. ; Rouvel, L. (2000). <i>Klimaschutz durch Minderung von Treibhausgasemissionen im Bereich Haushalt und Kleinverbrauch durch klimagerechtes Verhalten - Band 2: Gewerbe, Handel und Dienstleistung</i> . Darmstadt/Karlsruhe: Öko-Institut/FhG ISI.
[FhG ISI/FfE 2005]	Schmidt, C.; Brakhage, A, Layer, G.; (2003). <i>Technische und rechtliche Anwendungsmöglichkeiten einer verpflichtenden Kennzeichnung des Leerlaufverbrauchs strombetriebener Haushalts- und Bürogeräte</i> , Karlsruhe/München
[FH RaWe 2006]	Ertel, Wolfgang (2006): <i>5 Jahre nachhaltiges Leben im Passivhaus</i> , Mittwochseminar Fachhochschule Ravensburg-Weingarten, Weingarten
[Geiger/Gruber 1999]	Geiger, B. ; Gruber E. ; Megele, W. (1999). <i>Energieverbrauch und Energieeinsparung im Kleinverbraucher-Sektor</i> . Heidelberg: Physica.
[HE 2003]	hessen Energie (Energieagentur) (2003): <i>Besseres Licht durch effiziente Lampen</i> , Infoblatt 04/2003, Wiesbaden
[HE 2004]	hessen Energie (Energieagentur) (2004): <i>Energieeffizienz durch optimierte Beleuchtung</i> , Präsentation als Download unter www.hessenENERGIE.de , Wiesbaden.
[HMULF 1998]	Agricola, A. ; Schubert; Bauer, A. ; Schweer, R. (1998). <i>Leitfaden Contracting für Öffentliche Liegenschaften</i> . Wiesbaden: HMULF.
[HMULF 2003]	Seefeldt, F. ; Kuhn, V. ; Trautner, W. E. ; Wetters J.-H. ; Schweer, R. (2003). <i>Leitfaden Energieeinspar-Contracting</i> , Novellierte Fassung. Wiesbaden: HMULF.
[IB SH 2004]	Investitionsbank Schleswig-Holstein (Energieagentur) (2004): <i>Lichtsignalanlagen mit LED-Technik</i> , Infoblatt im Rahmen der Initiative meer.sh, einer Initiative des Ministeriums für Wirtschaft Arbeit und Verkehr des Landes Schleswig-Holstein mit Unterstützung der Innovationsstiftung Schleswig-Holstein, Kiel.
[ifeu 2006c]	Duscha, M.; Mordziol, C.: <i>Politikinstrumente zum Klimaschutz durch Effizienzsteigerung von Elektrogeräten und -anlagen in den Privathaushalten, Büros und im Kleinverbrauch</i> , im Auftrag des Umweltbundesamtes, Heidelberg

Literatur	
[INET 2006c]	www.kfw-foerderbank.de/DE_Home/Bauen_Wohnen_Energiesparen/DieProgram13/CO2Minder14/Technische_Anforderungen.jsp
[INET 2006d]	www.topten.ch
[INET 2006e]	www.ecopumpen.de/pd-1723914897.htm
[INET 2006f]	www.energiesparende-geraete.de/
[INET 2006g]	http://www.agenda21.darmstadt.de
[INET 2006h]	www.kfw-foerderbank.de/DE_Home/Bauen_Wohnen_Energiesparen/DieProgram13/CO2Minder14/Technische_Anforderungen.jsp
[INET 2006i]	www.aachen.de/DE/archiv/archiv_stadt_buerger/archiv_stadt_buerger_aktuelles/led_ampel.html
[INET2006j]	www.industry.siemens.de/presse/presse.php?lang=1&id=1365&month=&year=2006&branche=&ss=&keyword=
[IWU 2003]	Born, R.; Diefenbach, N.; Loga, T. (2003). Energieeinsparung durch Verbesserung des Wärmeschutzes und Modernisierung der Heizungsanlage für 31 Musterhäuser der Gebäudetypologie, Darmstadt: Institut für Wohnen und Umwelt
[KEA 2000]	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA): Klimafreundliche und energiesparende Schulen in Baden-Württemberg - Ergebnisse des Modellprojektes des Ministeriums für Umwelt und Verkehr, Stuttgart/Karlsruhe 2000
[KMBW 2005]	Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg: Schema zur Ermittlung des Raumbedarfs für allgemein bildende Gymnasien in Baden-Württemberg, Stuttgart: 2005
[Landtag RLP 2000]	Zweiter Energiebericht der Landesregierung (1994-1998). Mainz: Landtag Rheinland-Pfalz.
[NRW 2004]	Ministerium für Bauen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen: Energiebericht für Landesbauten Nordrhein-Westfalens, Düsseldorf: 2004
[Öko/ISI 2000]	Brohmann, B. ; Cames, M. ; Herold, A. (2000). Klimaschutz durch Minderung von Treibhausgasemissionen im Bereich Haushalt und Kleinverbrauch durch klimagerechtes Verhalten - Band 1: Private Haushalte. Darmstadt/Karlsruhe: Öko-Institut/FhG ISI.
[Öko 2004]	Quack, D.; (2004). Energiesparlampe als EcoTopTen-Produkt, Freiburg: Öko-Institut
[ProInno]	ProInno Infoblatt Nr. 174: Reflektorfreie LED-Mastleuchten zur Straßenbeleuchtung Ergebnisse geförderter Projekte in PRO INNO (Förderprogramm des BMWi), o. J.
[ProCool]	Effiziente Kühlgeräte für Handel und Gewerbe. <i>Österreichische Energieagentur, Verein für Konsumentenforschung, Wuppertal Institut, Deutsche Energie Agentur</i>
[prognos 2007]	Seefeldt, F.; Reichenberger, R., Gröger, J. (2006): Contracting-Potenzial in Öffentlichen Einrichtungen, Berlin.
[SAFE 2006]	Togni, G.; (2006): Effiziente Strassenbeleuchtung - Musterpflichtenheft für Gemeinden, Schweizerische Agentur für Energieeffizienz, Zürich
[SIA 380/4]	SIA 380/4 Elektrische Energie im Hochbau, Schweizerischer Ingenieur- und Architekten- Verein
[StaBu 1998]	Statistisches Bundesamt(1998): Bautätigkeit und Wohnungen, Fachserie 5 Heft 1: Mikrozensus-Zusatzerhebung 1998, Wohnsituation der Haushalte, Wiesbaden.
[StaBu 1993]	Statistisches Bundesamt (1993): Verteilung der Wohngebäude nach Größe und Fläche, Wohngebäude bis 13 und mehr Wohnungen in Deutschland.

Literatur	
[StaBu 1995]	Statistisches Bundesamt: Gebäude- und Wohnungszählung vom 30.09.1995 in den neuen Ländern und Berlin-Ost, Fachserie 5 Heft 6: Beheizungs- und Energieart, Wiesbaden: 1995
[StaBu 1995]	Statistisches Bundesamt: Gebäude- und Wohnungszählung vom 30.09.1995 in den neuen Ländern und Berlin-Ost, Fachserie 5 Heft 6: Beheizungs- und Energieart, 1995
[StaBu 1998]	Statistisches Bundesamt: Bautätigkeit und Wohnungen, Fachserie 5 Heft 1: Mikrozensus-Zusatzerhebung 1998, Wohnsituation der Haushalte, Wiesbaden, 1998
[StaBu 2002]	Statistisches Bundesamt: Fachserie 14, Reihe 3.1: Öffentliche Finanzen - Rechnungsergebnisse des öffentlichen Gesamthaushalts (2002). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt: 07.06.2005.
[StaBu 2003a]	Statistisches Bundesamt: Bewohnte Wohneinheiten in Wohngebäuden nach überwiegender Beheizungs- und Energieart. Wiesbaden: 2003
[StaBu 2003b]	Statistisches Bundesamt: Wohneinheiten in Gebäuden mit Wohnraum nach dem Baujahr. Wiesbaden: 2003
[StaBu 2003c]	Statistisches Bundesamt: GENESIS-Tabelle: Temporär - Krankenhäuser, regionale Tiefe: Bundesländer. Wiesbaden: 2003
[StaBu 2004a]	Statistik regional: Daten für die Kreise und kreisfreien Städte Deutschlands. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt: 2004.
[StaBu 2004b]	Statistisches Bundesamt: Fachserie 5, Reihe 3, Bautätigkeit und Wohnungen – Bestand an Wohnungen, Wiesbaden: 31.12.2004
[StaBu 2004c]	Statistisches Bundesamt: Fachserie 12, Reihe 6.1.1, Gesundheitswesen – Grunddaten der Krankenhäuser, Wiesbaden: 23.12.2004
[StaBu 2005a]	Statistisches Bundesamt: Strompreisindex für Sondervertragskunden. Wiesbaden: 2005
[StaBu 2005b]	Statistisches Bundesamt: Fachserie 12, Reihe 6.3, Gesundheitswesen – Kostennachweis der Krankenhäuser 2003, Wiesbaden: 29.04.2005
[StaBu 2005c]	Statistisches Bundesamt: Fachserie 11, Reihe 1, Bildung und Kultur – Allgemein bildende Schulen, Schuljahr 2004/2005. Wiesbaden: 2005
[StaBu 2005d]	Statistisches Bundesamt: Fachserie 11, Reihe 4.3.2, Bildung und Kultur – Monetäre hochschulstatistische Kennzahlen 2003, Wiesbaden: 2005
[StaBu 2005e]	Statistisches Bundesamt: Fachserie 10, Reihe 1, Rechtspflege - Ausgewählte Zahlen für die Rechtspflege 2004, Wiesbaden: 2005
[StaBu 2005f]	Statistisches Bundesamt: Bestand der Gefangenen und Verwahrten in den deutschen Justizvollzugsanstalten. Wiesbaden: 2005
[StaBu 2005g]	Statistisches Bundesamt: Bundesländer 2005 – Beschäftigte im öffentlichen Dienst am 30.06.2003. Wiesbaden: 2005
[StaBu 2006]	Statistisches Bundesamt: Öffentliche Finanzen: Rechnungsergebnisse des öffentlichen Gesamthaushalts 2003 - Fachserie 14 Reihe 3.1, Wiesbaden: 2006
[StaLa RLP 2004]	<i>Bestand an Wohngebäuden und Wohnungen</i> am 31.12.2004. Bad Ems: Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz.
[Test 2006]	Stiftung Warentest (10/2006)
[UBA 2000]	Agricola, A. Cl. ; Seifried, D. (2000). <i>Energiespar-Contracting als Beitrag zu Klimaschutz und Kostensenkung - Ratgeber für Energiespar-Contracting in öffentlichen Liegenschaften</i> . In UBA Umweltbundesamt (Ed.), UFOPLAN 201 41 140. Berlin:

Literatur	
	UBA.
[UBA 2002]	Kuhn, V. ; Seefeldt, F. ; Graf, G. (2002). Contracting für kommunale Sportstätten - Strategien zu Klimaschutz und Kostensenkung. In UBA Umweltbundesamt (Ed.), UFOPLAN 201 41 140. Berlin: UBA.
[VDI 3807/1]	VDI 3807 Blatt 1 – Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude (Grundlagen), Düsseldorf: VDI Verlag, Entwurf 2005
[VDI 3807/2]	VDI 3807 Blatt 2 – Energieverbrauchskennwerte für Gebäude Heizenergie- und Stromverbrauchskennwerte, Düsseldorf: VDI Verlag, 1998
[VDMA 24198]	VDMA Einheitsblatt 24198 – Contracting, Frankfurt: VDMA, 2000
[VdZ 2007]	Vereinigung der deutschen Zentralheizungswirtschaft e. V., Bonn: Jahrespressekonferenz 2007
[ZIV 2004]	Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks- Zentralinnungsverein (ZIV): <i>Altersstruktur der Feuerungsanlagen für die Bundesländer</i> . St. Augustin, 2004
Produzierendes Gewerbe	
[AGEB 2006]	AG Energiebilanzen <i>Letztverbrauch des übrigen Bergbaus und Verarbeitenden Gewerbes (Stand: 8/2006)</i> . Online: http://www.ag-energiebilanzen.de .
[Allplan 2005]	Allplan (2005). <i>Energieeffiziente Technologien und Effizienzsteigernde Maßnahmen, Praxiserprobte Anwendungen und Innovationen</i> , Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Wien
[Basics 1999]	Basics (1999): <i>Energie-Contracting in der Schweiz, Ausgestaltung – Wirkungen – Marktpotentiale</i> , Bundesamt für Energie, Bern
[Basics 2006a]	Baumgartner, W.; Ebert, O., Weber, F. (2006). <i>Der Energieverbrauch der Industrie, 1990 – 2035; Ergebnisse der Szenarien I bis IV und der zugehörigen Sensitivitäten BIP hoch, Preise hoch und Klima wärmer, Untersuchung im Auftrag des schweizerischen Bundesamtes für Energie</i> , Bern (Modelldokumentation in Vorbereitung)
[Basics2006b]	Baumgartner, W.; Ebert, O.; Puenzieux, P. (2006). <i>Maßnahmen zum Stromsparen bei elektrischen Antrieben in der Industrie - Markuntersuchung, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie im Rahmen des Forschungsprogramms "Elektrizität"</i> , Bern (in Vorbereitung)
[BHP 1999]	Brugger, Hanser und Partner AG (1999). <i>Effiziente Energienutzung: Investitionspraxis in der Industrie, Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen</i> , Bundesamt für Energie, Bern
[Böde 2000]	Böde, U., Gruber, E., Jochem, E. (2000). <i>Hemmnisabbau bei der rationellen Energieverwendung - Industrie Bericht zum Expertenforum-27/28 März 2000</i> Fraunhoferinstitut für Systemtechnik und Innovationsforschung#
[Brown 1996]	Brown H. L. et al. (1996). <i>Energy Analysis of 108 Industrial Processes</i> , The Fairmont Press, Lilburn, USA
[Dehli 1998]	Dehli, M. (2005): <i>Energieeinsparung in Industrie und Gewerbe, Praktische Möglichkeiten des rationellen Energieeinsatzes in Betrieben</i> , expert-Verlag, Renningen-Malmsheim
[FhG ISI 1999]	Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (1999). <i>Maßnahmen zur Förderung der rationellen Energienutzung bei elektrischen Antrieben</i> , Karlsruhe.
[FhG ISI 2001]	Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung sowie Forschungszentrum Jülich, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (2001). <i>Technologische Entwicklung Systematisierung der Potenziale und Optionen, Endbericht an die Enquete-Kommission "Nachhaltige Energieversorgung unter den</i>

Literatur	
	<i>Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung</i> “ des Deutschen Bundestages, Karlsruhe.
[FhG ISI 2003]	Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung sowie Forschungsstelle für Energiewirtschaft (2003). <i>Möglichkeiten, Potenziale, Hemmnisse und Instrumente zur Senkung des Energieverbrauchs branchenübergreifender Techniken in den Bereichen Industrie und Kleinverbrauch</i> , Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
[Geiger 1999]	Geiger, B. ; Gruber, E. ; Megele, W. (1999). <i>Energieverbrauch und Einsparung in Gewerbe, Handel und Dienstleistung</i> , Physica-Verlag, Heidelberg
[IZES 2003]	Leprich, U.; Thiele, A.; Frey, G. (2003). <i>Belastung der stromintensiven Industrie durch das EEG und Perspektiven</i> . Saarbrücken: izes (im Auftrag BMU).
[Jochem 2005]	Jochem, E. und Bradke, H. (2005). <i>Entwicklung der Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe</i> , in: <i>KfW-Bankengruppe: Energie effizient nutzen: Klima schützen, Kosten senken, Wettbewerbsfähigkeit steigern</i>
[Keulenaar 2005]	de Keulenaar H. et al. (2005). <i>Energy Efficient Motor Driven Systems</i> , in: <i>Radgen P. (Ed., 2005): Conference Proceedings, Volume I und II</i> , eemods 05, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart
[KfW 2000]	<i>KfW-Befragung zu den Hemmnissen und Erfolgsfaktoren von Energieeffizienz in Unternehmen</i> , KfW-Bankengruppe, Abteilung Volkswirtschaft, Frankfurt
[StaBu 2005a]	Statistisches Bundesamt: <i>Strompreisindex für Sondervertragskunden</i> . Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
[StaBu 2005h]	Statistisches Bundesamt: <i>Jährliche Kostenstrukturerhebung des Verarbeitenden Gewerbes für 2000 bis 2003</i> . Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
[StaBu 2005i]	Statistisches Bundesamt: <i>Material- und Wareneingang im Verarbeitendem Gewerbe sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden 2002</i> . Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
[StaBu 2005j]	<i>Beschäftigung, Umsatz und Energieversorgung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden 2002</i> . Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
[StaBu 2005k]	Statistisches Bundesamt: <i>Erzeugerpreisindex Gewerblicher Produkte</i> . Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
[StaBu 2005l]	Statistisches Bundesamt: <i>Produktionsindex des verarbeitenden Gewerbes</i> . Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
[Syrene 1994]	Syrene (1994): <i>Long Term Industrial Energy Efficiency Improvement: Technology Descriptions</i> , NOVEM, Netherlands
[tsb (2005)]	Modellprojekte zur effizienten Energieanwendung mit vollständiger Wärmenutzung in Rheinland-Pfalz. Bingen: tsb.
[VDEW 2005]	<i>Statistik der Energiewirtschaft (2005)</i> , Frankfurt und Berlin
[VEA 2005]	<i>VEA-Strompreis-Index für Sondervertragskunden</i> . Hannover: VEA
[VIK 2005a]	<i>Statistik der Energiewirtschaft</i> . VIK - Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e. V.
[VIK 2005b]	<i>VIK Strompreisindex für Mittelspannungskunden in Industrie und Gewerbe</i> . Essen: VIK.
[Worrell 1999]	Worrell, E.; Martin, N. u. Price, L. (1999). <i>Energy Efficiency and Carbon Dioxide Reduction Opportunities in the U.S. Iron and Steel Sector</i> . Lawrence Berkeley National

Literatur	
	Laboratory, Berkeley
Sektor Verkehr	
[BAST 2005]	Bundesanstalt für Straßenwesen: <i>Verkehrs- und Unfalldaten 1970-2004</i> , 2005
[BBR 2006]	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: <i>Postfossile Mobilität</i> , 8/2006
[BIA 2003]	Bremer Innovations-Agentur GmbH: <i>Frachten- und Laderaumbörsen</i> , Bremen, 2003
[BMVBW 2001]	Planungsbüro VIA eG i. A. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen: <i>Radverkehr in der Praxis</i> , Köln, 2001
[BMVBW 2003]	SSP Consult i. A. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen: <i>Neue Spielräume in der Stadtentwicklung durch betriebliches Mobilitätsmanagement</i> , München, 2003
[BMVBW 2005]	Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: <i>Verkehr in Zahlen 2005/2006</i> , Deutscher Verkehrs Verlag, 2005
[BMVBS 2006]	Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen <i>Verkehr in Zahlen 2006/2007</i> , Deutscher Verkehrs Verlag, 2006
[BREG 2000]	Bundesregierung: <i>Bericht über Maßnahmen zur Förderung des Radverkehrs</i> , BT-Drucksache 14/3445,2000
[BUND 2005]	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland: <i>Nicht bei der Entfernungspauschale (allein), sondern bei der Wurzel des Problems, der Kultur der Firmenwagen ist anzusetzen</i> , Berlin, 2005
[BUND 2006a]	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland: <i>Strom effizient nutzen, Klima und Emissionshandel entlasten</i> , Berlin, 2006
[BUND 2006b]	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland: <i>Halbierung der CO₂-Emissionen der Pkw bis 2020</i> , Berlin, 2006
[DIW 1997]	DIW Berlin: <i>Verkehrssektor, Instrumente zur Überbrückung von Versorgungsstörungen bei Mineralöl</i> , 2005
[DIW 2005]	DIW Berlin: <i>Weltweiter Klimaschutz –Sofortiges Handeln spart hohe Kosten</i> , 2005
[DIW 2006]	DIW Berlin: <i>Rückgang von Fahrleistung und Kraftstoffverbrauch im Jahr 2005, anhaltender Trend zum Diesel-Pkw</i> , Wochenbericht Nr. 32, 2006
[DLR 1999/a]	DLR i. A. Deutsches Verkehrsforum e.V.: <i>Die Umweltbilanz des Verkehrs, bisherige Entwicklung und künftige technische Reduktionspotentiale</i> , Bonn, 1999
[DLR 2002]	DLR: <i>Flottenverbrauch 2010</i> , 2002
[DLR 2005]	DLR: <i>Road Pricing</i> , 2005
[DLR 2006]	DLR i. A. Deutsches Verkehrsforum e.V.: <i>Die Energie- und Emissionsbilanz des Verkehrs</i> , Berlin, 2006
[DVW 2006]	Die Volkswirtschaft, Das Magazin für Wirtschaftspolitik: <i>Maßnahmen zur Sicherstellung der Erdölversorgung</i> , 2006
[ECH 2005]	Energie Schweiz: <i>Jahreskatalog 2004 des Sektors Mobilität</i> , 2005
[EFE 2006]	European Federation for Transport and Environment: <i>How clean is your car brand?</i> , Brüssel, 2006
[FAW 2006]	Fawer M.: <i>Biokraftstoffe –erdölfreie Fahrt in die Zukunft?</i> ,2006
[GRÜ 2005]	Kommission der europäischen Gemeinschaften: <i>Grünbuch über Energieeffizienz oder Weniger ist mehr</i> , Brüssel, 2005
[INET 2006a]	www.stmwivt.bayern.de/energie/energiespartipps/frames/06mobil.html

Literatur	
[INET 2006b]	www.bfe.admin.ch/energie/00576/00577
[INFRAS 1998]	<i>Kosten-Wirksamkeit von Umweltschutzmaßnahmen im Verkehr</i> , Zürich 1998
[INT 1998]	Internationales Verkehrswesen: <i>Verbrauch und Schadstoffemissionen – wo sind die Grenzen beim Automobil?</i> , 2/1998
[INT 1999]	Internationales Verkehrswesen: <i>Chancenreiche Kraftstoffsysteme und Antriebstechnologien für Linienbusse</i> , 9/1999
[INT 2001]	Internationales Verkehrswesen: <i>Fahrgemeinschaftsparkplätze auf Autobahnanchlussstellen</i> , 10/2001
[INT 2004a]	Internationales Verkehrswesen: <i>Welche Alternativen gibt es zu den Alternativen?</i> , 4/2004
[INT 2004b]	Internationales Verkehrswesen: <i>Mobilität organisieren</i> , 9/2004
[INV 2001]	Invent i. A. des Bundesministerium für Bildung und Forschung: <i>INVENT „erfahren“ - mobil mit 8 Sinnen</i> , 2001
[IVT/ProgTrans/STASA 2004]	<i>Analyse von Änderungen des Mobilitätsverhaltens – insbesondere der Pkw-Fahrleistungen – als Reaktion auf geänderte Kraftstoffpreise</i> ; im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn, 2004
[IZT 2000]	Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung: <i>Car-Sharing, Nachhaltige Mobilität durch eigentumslose Pkw-Nutzung?</i> , Berlin, 2000
[KFB 2006]	Krafftahrt Bundesamt: <i>Statistische Mitteilungen, Fahrzeugzulassungen</i> , 2006
[KOB 2003a]	Universität Koblenz-Landau: <i>Kommunikation in mobilen Systemen</i> , Koblenz, 2003
[KOB 2005]	Universität Koblenz, Institut für Computer Visualistik: <i>Koordiniertes Fahren</i> , Koblenz, 2005
[KOB 2003b]	Universität Koblenz-Landau: <i>Autonomes Fahren</i> , Koblenz, 2003
[MPI 2004]	Max Planck Institut für Meteorologie: <i>Effizienzmaßnahmen im Straßengüterverkehr</i> , Hamburg, 2004
[MSW 2001]	Ministerium für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen: <i>Verkehrsvermeidung durch Mobilitätsmanagement</i> , Wuppertal, Aachen, Düsseldorf, Dortmund, 2001
[MUH 2000]	Muheim P. und Partner i. A. des Bundesamtes für Energie: <i>Car-Sharing der Schlüssel zur kombinierten Mobilität</i> , Luzern, 1998
[NSL 2003]	Netzwerk Stadtlogistik NRW: <i>Leitfaden City-Logistik</i> , Köln, 2003[BBF
[PRO 2005b]	EWI/Prognos AG: <i>Energieraport IV – Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030</i> , Bonn, 2005
[ProgTrans/IWW 2007]	<i>Aktualisierung der Wegekostenrechnung für die Bundesfernstraßen</i> , Basel, Karlsruhe 2007
[QUG 1999]	Querschnittsgruppe Arbeit und Ökologie i. A. des Wissenschaftszentrums Berlin für Sozialforschung: <i>Neue Mobilitätskonzepte in Deutschland</i> , Berlin, 1999
[QUINET 1997]	Quinet, E.: <i>Principes d'Économie des Transports</i> . Economica. Paris 1997
[SBS 1998]	Wermuth M. i. A. Stadt Braunschweig: <i>Verkehrsentwicklungsplan Braunschweig</i> , Braunschweig, 1998
[SCA 2004]	Aebischer S.: <i>Handelbare Parkraumkontingente</i> , Zürich, 2004
[SRU 2005]	Sachverständigenrat für Umweltfragen: <i>Umwelt und Straßenverkehr: Hohe Mobilität – Umweltverträglicher Verkehr</i> , Berlin, 2005

Literatur	
[STV 2006]	Internationale Straßenverkehrstechnik: <i>Verkehrsmanagement in einer Millionenmetropole – Neue Berliner Verkehrsregelungszentrale reduziert Staus</i> , 9/2006
[TAB 2002]	Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag: <i>Maßnahmen für eine nachhaltige Energieversorgung im Bereich Mobilität</i> , 2002
[TUB 2005]	Technische Universität Berlin, Institut für Land- und Seeverkehr: <i>Der Fortschritt im Verkehr und seine Richtungen in Deutschland</i> , Berlin, 2005
[TUD 2006a]	Technische Universität Dresden, Institut für Wirtschaft und Verkehr: <i>Parkraumbewirtschaftung als Instrumentarium des Verkehrsmanagement</i> , Dresden, 2006
[TUD 2006b]	Technische Universität Dresden, Professur für Verkehrsleitsysteme und – Prozessautomatisierung: <i>Das Fahrerassistenzsystem ENAflex-S</i> , 2006
[UBA 2003]	Umwelt Bundes Amt: <i>CO2-Minderung im Verkehr</i> , 2003
[WFB 2002]	Wirtschafts- und sozialpolitisches Forschungs- und Beratungszentrum der Friedrich-Ebert-Stiftung Abt. Wirtschaftspolitik: <i>Wohin fährt Deutschland?</i> , Bonn 2002
[WGU 2006]	Working Group Under the Joint Expert Group on Transport and Environment: <i>Reduction of Energy Use in Transport</i> , 2006 Worrell, E.; Martin, N. u. Price, L. (1999): <i>Energy Efficiency and Carbon Dioxide Reduction Opportunities in the U.S. Iron and Steel Sector</i> . Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley




9. Private Haushalte (PHH): Maßnahmeblätter

Maßnahme	Wärmetechnische Modernisierung - EFH, ZFH		
Sektor/WZ & Anwendung	PHH	EFH, ZFH	Brennstoff
Kurzbeschreibung	Sanierung der Gebäudehülle von Ein- und Zweifamilienhäusern. Bei heutigen Sanierungen wird das energetische Einsparpotenzial nur ungenügend ausgenutzt. Die Maßnahme sieht eine Erhöhung der Sanierungseffizienz auf 100% vor.		
PJ/a	1241		Istverbrauch
PJ/a	1147		94 Tech. Pot.
PJ/a	1158		83 Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	1241 PJ/a	
Technisches Potenzial	8%	94 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	7%	83 PJ/a	
Annahme	Die erwartete Häufigkeit der Sanierung der Gebäudehülle bleibt unverändert. Bei bisherigen Sanierungen wird das energetische Sanierungspotenzial nur ungenügend ausgenutzt. Die Maßnahme sieht eine Erhöhung der energetischen Sanierungseffizienz auf 100 % vor.		
Wirtschaftlichkeit	Die Maßnahmen im Bereich Wärmeschutz sind überwiegend wirtschaftlich. Dabei wird davon ausgegangen, dass im Rahmen der üblichen Sanierungszyklen ohnehin Instandsetzungsbedarf bei den angesprochenen Gebäudebereichen besteht. Dementsprechend werden für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nur die Mehrkosten für eine energetisch optimierte Sanierung angesetzt. Mit einer Lebensdauer der baulichen Maßnahmen von 25 Jahren ergeben sich bei einen Zinssatz von 4,2 %/a durchschnittlichen Vermeidungskosten von ca. 2,2 Cent/kWh.		
Quellen	IWU 2003, EWI/prognos 2005		

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	<p>Bereich ist eher durch mehrere, eher geringe Hemmnisse geprägt. Informationsangebote sind grundsätzlich flächendeckend verfügbar. Wichtig erscheint die Adressierung der Eigentümer und die Platzierung von Informationen (z. B. mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Beratungsprogramme) zur energetischen Sanierung sowie zu den verfügbaren KfW Programmen zum richtigen Zeitpunkt, d. h. im <i>Vorfeld</i> der Instandsetzungs- bzw. Modernisierungsentscheidung. Ansatzpunkt könnte die stärkere Vernetzung des Gewerbes (Maler, Dachdecker, Fassade) mit entspr. Energieberater-Programmen sein.</p>	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Informationen und Beratungsprogramme sind grundsätzlich flächendeckend verfügbar, entscheidend erscheint der Zeitpunkt und Ort der Verfügbarkeit.	<p>2 eher gering</p>
Rechtliche Hemmnisse	Mietrechtliche Hemmnisse siehe MFH. Denkmalpflegerische Auflagen stehen im Einzelfall <i>energetisch optimierten</i> Fassaden und Fenstern entgegen.	<p>2 eher gering</p>
Finanzierung	KfW Programme stehen zur Verfügung. Anwendung und Transaktionsaufwand sind gerade im EFH Bereich in Hinblick auf die teilweise geringen Kreditsummen weiter zu minimieren.	<p>2 eher gering</p>
Organisation (Verantwortung)	Entscheider und Investor (Eigentümer) ist in der Regel identisch mit Nutzer der Maßnahme und partizipiert daher direkt von Energiekosteneinsparung.	<p>1 gering</p>
Organisation (Akteursebene)	Grundsätzlich bestehen inhärente Anreize im Gewerbe (Maler, Fassadenbauer, Dachdecker), zusätzlich energiesparende Leistungen anzubieten. Im Einzelfall dürften Hemmnisse bei der Einbindung <i>zusätzlicher</i> Berater bestehen, die ggf. standardisierte Geschäftsprozesse stören.	<p>2 eher gering</p>

Maßnahme		Wärmetechnische Modernisierung - MFH		
Sektor/WZ & Anwendung	PHH	MFH, NWG	Brennstoff	
Kurzbeschreibung	Sanierung der Gebäudehülle von Mehrfamilienhäusern (und Privaten Wohnungen in Nichtwohngebäuden). Bei heutigen Sanierungen werden die energetischen Einsparpotenzial nur ungenügend ausgenutzt. Die Maßnahme sieht eine Erhöhung der Sanierungseffizienz auf 100% vor.			
PJ/a	869		Istverbrauch	
PJ/a	832		37	Tech. Pot.
PJ/a	837		32	Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	869 PJ/a		
Technisches Potenzial	4%	37 PJ/a		
Wirtschaftliches Potenzial	4%	32 PJ/a		
Annahme	Die erwartete Häufigkeit der Sanierung der Gebäudehülle bleibt unverändert. Bei bisherigen Sanierungen wird das energetische Sanierungspotenzial nur ungenügend ausgenutzt. Die Maßnahme sieht eine Erhöhung der energetischen Sanierungseffizienz auf 100 % vor.			
Wirtschaftlichkeit	<p>Maßnahme ist wirtschaftlich, wenn bei einer ohnehin anstehenden Instandsetzungsmaßnahme die jeweils zusätzlichen Kosten für die wärmetechnische Modernisierung angesetzt werden.</p> <p>Maßnahme ist langfristig wirksam, Marktdurchdringung wird von hoher Trägheit aufgrund langer Sanierungszyklen bestimmt.</p> <p>Maßnahme erfolgt überwiegend im vermieteten Bestand.</p> <p>Die Kosten der Maßnahme trägt der Eigentümer/Vermieter, welcher im vermieteten Bestand seine Kosten nach fest gelegten Regeln grundsätzlich umlegen kann. Restriktionen bildet insbesondere das am Markt erzielbare Mietpreisniveau. Energiesparinvestitionen stehen aufgrund begrenzter Investitions- und Umlagespielräume in Konkurrenz zu anderen, beispielsweise komfortsteigernden oder wohnumfeldverbesserenden Maßnahmen.</p>			
Quellen	EWI/prognos 2005, IWU 2003			

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	<p>Bereich ist von eher höheren Hemmnissen geprägt. (Bedingtes) Investor/Nutzer-Dilemma. Modernisierungsumlage aufgrund energetischer Sanierung ist grundsätzlich möglich, wird allerdings durch das am Markt erzielbare Mietpreisniveaus begrenzt. Insbesondere für den nicht professionell betreuten Streubesitz im vermieteten Bestand gestaltet sich die Transaktion aufgrund der engen mietrechtlichen Vorgaben zur Ankündigung, Duldung und Umlagefähigkeit sehr komplex.</p>	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Informationen und Beratungsprogramme sind grundsätzlich flächendeckend verfügbar, entscheidend erscheint der Zeitpunkt und Ort der Adressierung, insbesondere im Streubesitz. Im Sammelbesitz grundsätzlich gute Informationslage.	2 eher gering
Rechtliche Hemmnisse	Mietrechtliche Hemmnisse <i>im engeren Sinne</i> bestehen nicht (siehe Finanzierung) Denkmalpflegerische Auflagen erschweren die <i>energetisch optimierte</i> Sanierung Fassaden und Fenstern.	3 mittel
Finanzierung	Mod.Umlage grundsätzlich möglich. Restriktion bildet insbesondere das am Markt erzielbare Mietpreisniveau, damit starke regionale Unterschiede. Maßnahme steht in Konkurrenz zu anderen (z. B. Komfortverbesserung).	4 eher hoch
Organisation (Verantwortung)	Entscheider und Investor (Eigentümer) ist in der Regel nicht identisch mit Nutzer (Mieter) der Maßnahme und partizipiert daher nicht <i>direkt</i> an der Energiekosteneinsparung. Allerdings besteht inhärentes Interesse der Bestandsverbesserung und der Minderung von durchlaufenden Betriebskosten zugunsten der Nettokaltmieten.	4 eher hoch
Organisation (Akteursebene)	Energetische Mod. incl. Finanzierung verkompliziert die ansonsten einfachen Prozesse der Instandsetzung. Dies erhöht gerade im Streubesitz die Transaktion und gestaltet den Umgang tendenziell eher sperrig. Für Streubesitz gelten zusätzlich ähnliche Hemmnisse wie bei EFH.	3 mittel

Maßnahme		Energiesparhäuser im Neubau	
Sektor/WZ & Anwendung	PHH		Brennstoff
Kurzbeschreibung	Im Rahmen des KfW-Programms Ökologische Bauen wurden 2005 der Bau von ca. 7600 Energiesparhäusern (KfW 60 Haus, KfW 40 Haus, Passivhaus) gefördert. Der Anteil an Energiesparhäusern betrug damit im Neubau ca. 4.5 %. Die Maßnahme bildet die Erhöhung dieses Anteils auf 35 % der Neubauvorhaben ab.		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	12 PJ/a	
Technisches Potenzial	58%	7 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	42%	5 PJ/a	
Annahme	Bis 2016 steigt der Anteil von Energiesparhäusern im Neubau auf 35%.		
Wirtschaftlichkeit	<p>In der Regel erfolgt die Errichtung eines KfW 60 Niedrigenergiehauses gegenüber dem EnEV-Standard im Neubaubereich zu vertretbaren Differenzkosten ohne einschneidende Änderungen des architektonischen oder haustechnischen Konzepts, sondern im wesentlichen durch Einbringung höherer Dämmstoffdicken und verbesserter Fensterverglasung. Diese zusätzlichen Maßnahmen liegen in der Regel in der Nähe der Wirtschaftlichkeit im Vergleich mit dem EnEV Standard.</p> <p>Die Realisierung von KfW 40 und Passivhausstandard erfordert zusätzlichen architektonischen Mehraufwand und einschneidende haustechnische Anpassungen. Darüber hinaus ist die Menge der zusätzlich gegenüber KfW 60 eingesparten Endenergie gering. Die Wirtschaftlichkeit ist daher in der Regel (auch unter Einbeziehung der KfW Förderung) bei üblichen Finanzierungszeiträumen nicht mehr gegeben. Derzeit geltende Förderbedingungen rücken die Maßnahme in die Nähe der Wirtschaftlichkeit.</p>		
Quellen	FfM 2006a, FH RaWe 2006, BINE 2003 EWI/prognos 2005, INET 2006c, eigene Berechnungen		

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	<p>Bereich ist von geringen bis mittleren Hemmnissen geprägt. Wachsende Akzeptanz in EFH. Noch wenige Erfahrungen in MFH. Unsicherheit bzgl. der Vermarktungssituation, insbesondere Zahlungsbereitschaft bei den Adressaten. KfW Programme bieten gute Anreize bzgl. der Konditionen im Bereich NEH 60 und NEH 40. Im vermieteten Bestand müssen die Mehrkosten (sofern nicht über KfW Programme abgedeckt) über das Mietpreisniveau am Markt realisierbar sein. Dies ist tendenziell nur in besseren Lagen möglich.</p>	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Information und Marktdurchdringung zunehmend gut, teilweise bereits gefördert von Bauträgern und Projektentwicklern. Derzeit noch mangelnde Qualifikation und (Praxis-)Erfahrung bei Architekten und gewerblichen Kräften in der Bauausführung.	2 eher gering
Rechtliche Hemmnisse	keine rechtlichen Hemmnisse bekannt.	1 gering
Finanzierung	Höhere Anfangsinvestition, allerdings in den KfW Programmen adressiert. Im EFH Bereich akzeptable Konditionen für NEH 40 u. 60. Im vermieteten Bestand Mehrertrag nur realisierbar in Lagen mit entsprechendem Mietpreisniveau.	3 mittel
Organisation (Verantwortung)	EFH: unproblematisch. MFH: Einschränkung mit Blick auf Mietpreisniveau. Bauträger/Projektentwickler: Risiko bzgl. Vermarktungssituation.	3 mittel
Organisation (Akteursebene)	Gute Akzeptanz im EFH. Bei Bauträgern und Projektentwicklern in Neubaugebieten könnten ggf. leichte Vorbehalte, bzw. mangelnde Erfahrungen gegenüber Realisierung NEH Standard bestehen.	2 eher gering

Maßnahme	Kesseltausch im Bestand	
Sektor/WZ & Anwendung	PHH	Brennstoff
Kurzbeschreibung	Es gibt eine große Anzahl veralteter Wärmeerzeuger im Bestand. Auf Basis der Verkaufszahlen der Kesselanlagen [Ausgangsdaten verkaufte Kesselanlagen in 2005, VdZ 2007] kann bei Wärmeerzeugern eine Austauschrate von ca. 3,3 % pro Jahr abgeschätzt werden, dies entspricht einer mittleren Nutzungsdauer von 30 Jahren	
PJ/a	2110	Istverbrauch
PJ/a	2007	103 Tech. Pot.
PJ/a	2007	103 Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	2110 PJ/a
Technisches Potenzial	5%	103 PJ/a
Wirtschaftliches Potenzial	5%	103 PJ/a
Annahme	Die hier modellierte Maßnahme sieht eine erhöhte Austauschrate von 4 % pro Jahr vor, was einer mittleren Nutzungsdauer von 25 Jahren entspricht. Gleichzeitig wird eine Erhöhung des Marktanteils von Brennwertkesseln von heute (2005) 65 % auf 75 % unterstellt. Damit erhöht sich insgesamt die Marktdurchdringung moderner Anlagen gegenüber der Fortschreibung bisheriger Marktdaten.	
Wirtschaftlichkeit	Sofern alte Kessel und Brenner mit in der Regel geringen Gesamtnutzungsgraden ausgetauscht werden, amortisiert sich die Maßnahme in der Regel innerhalb der (wirtschaftlichen) Lebensdauer des Wärmeerzeugers (15a) und liegt damit in der Wirtschaftlichkeit. Sensible Einflussgrößen, wie möglicherweise parallel notwendige Investitionen in die Sekundärverteilung (z. B. aufgrund der Korrosionsgefahr bei veralteten Systemen), können die Maßnahme unwirtschaftlich werden lassen.	
Quellen	VdZ 2007, VDI 2076, Recknagel 2004	


Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	<p>Bereich ist von mittleren Hemmnissen geprägt. Information und Akzeptanz zur Brennwerttechnik gut, bereits heute gute Marktdurchdringung. Im vermieteten Bestand: Investor-Nutzer-Dilemma (vgl. hierzu Maßnahme 5.1 1); mietrechtliche Hemmnisse spielen eine geringe Rolle, da der Kesslersatz in der Regel nicht umlagefähig ist.</p>	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Hemmnisse im selbst genutzten Bestand: gering (2); Hemmnisse im vermieteten Bestand: eher gering (2). Schon heute besteht gute Akzeptanz der Brennwerttechnik. Allerdings bestehen Informationsdefizite bzgl. der Dimensionierung und Systemintegration.	2 gering
Rechtliche Hemmnisse	Hemmnisse im selbst genutzten Bestand: gering (1); Hemmnisse im vermieteten Bestand: gering (1)	1 gering
Finanzierung	Hemmnisse im selbst genutzten Bestand: eher gering (2); Hemmnisse im vermieteten Bestand: eher hoch (4), wg. Investor-Nutzer-Dilemma. In der überwiegenden Zahl der Fälle sollte für den reinen Kesseltausch keine Modernisierungsumlage erhoben werden.	3 mittel
Organisation (Verantwortung)	Hemmnisse im selbst genutzten Bestand: eher gering (2); Hemmnisse im vermieteten Bestand: eher hoch (4) Entscheider partizipiert nicht an den Energiekosteneinsparungen.	3 mittel
Organisation (Akteursebene)	Hemmnisse im selbst-genutzten Bestand: gering (1); Hemmnisse im vermieteten Bestand: mittel (3)	1-2 gering/eher gering

Maßnahme		Energieeffizienz Pumpen/ hydraulischer Abgleich, EFH		
Sektor/WZ & Anwendung	PHH	EHF, ZFH	Brennstoff	
Kurzbeschreibung	Optimierung des Heizungssystem einschließlich der Durchführung eines hydraulischen Abgleichs. Der hydraulische Abgleich ist Voraussetzung für die optimale Dimensionierung und den energiesparenden Betrieb einer energiesparenden Umwälzpumpe.			
PJ/a	1147		Istverbrauch	
PJ/a	1102		45	Tech. Pot.
PJ/a	1126		21	Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	1147 PJ/a		
Technisches Potenzial	4%	45 PJ/a		
Wirtschaftliches Potenzial	2%	21 PJ/a		
Annahme	Die hier modellierte Maßnahme unterstellt die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs in jeder Heizungsanlage während des Betrachtungszeitraums. Es werden Heizenergieeinsparungen von 5 bis 15 kWh/m ² erwartet. Dabei ist die Einsparung bei Gebäuden, die jünger als 25 Jahre sind und mit NT-Heizungssystemen ausgestattet sind, größer als bei älteren Gebäuden.			
Wirtschaftlichkeit	Die Maßnahme ist wirtschaftlich.			
Quellen	Optimus 2005, FfM/Mainova 2005, Enquete 2002			

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Maßnahme ist von geringeren bis mittleren Hemmnissen geprägt. Die Hemmnisse liegen überwiegend im Bereich Qualifikation und Motivation der gewerblichen Akteure. Daneben fehlen Anreize, die handwerklich aufwändigere und betrieblich optimierte Lösung zu wählen, sofern technisch funktionsfähige und betrieblich sichere Alternativen mit der Auswahl überdimensionierter Aggregate vorliegen.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Information ist Eigentümern häufig weniger präsent und setzen technisches Grundinteresse voraus. Grundsätzliche Informationen sind im gewerblichen Bereich präsent. Qualifikation im gewerblichen Bereich, insbesondere hydraulische Auslegungspraxis teilweise unzureichend.	3 mittel
Rechtliche Hemmnisse	keine rechtlichen Hemmnisse im engeren Sinne.	1 gering
Finanzierung	Aufwandskalkulation für gewerblichen Anbieter (Installateur) eher schwierig, da eine teilweise aufwändige, vom Erfolg her schwer abschätzbare Einregulierung des Sekundärsystems erfolgen muss.	3 mittel
Organisation (Verantwortung)	Entscheider und Investor (Eigentümer) ist in der Regel identisch mit Nutzer der Maßnahme und partizipiert daher direkt von Energiekosteneinsparung.	1 gering
Organisation (Akteursebene)	Kein inhärenter Anreiz, da der Einbau einer überdimensionierten Pumpe in der Regel einfacher handelbar und vom Leistungsprofil her besser abgrenzbar und damit besser abrechenbar ist.	4 eher hoch




Maßnahme		Energieeffizienz Pumpen/ hydraulischer Abgleich, MFH		
Sektor/WZ & Anwendung	PHH	MFH, NWG	Brennstoff	
Kurzbeschreibung	Optimierung des Heizungssystem einschließlich der Durchführung eines hydraulischen Abgleichs. Der hydraulische Abgleich ist Voraussetzung für die optimale Dimensionierung und den energiesparenden Betrieb einer energiesparenden Umwälzpumpe.			
PJ/a	869		Istverbrauch	
PJ/a	838		31	Tech. Pot.
PJ/a	850		19	Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	869 PJ/a		
Technisches Potenzial	4%	31 PJ/a		
Wirtschaftliches Potenzial	2%	19 PJ/a		
Annahme	Die hier modellierte Maßnahme unterstellt die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs in jeder Heizungsanlage während des Betrachtungszeitraums. Es werden Heizenergieeinsparungen von 5 bis 15 kWh/m ² erwartet. Dabei ist die Einsparung bei Gebäuden, die jünger als 25 Jahre sind und mit NT-Heizungssystemen ausgestattet sind, größer als bei älteren Gebäuden.			
Wirtschaftlichkeit	Die Maßnahme ist wirtschaftlich.			
Quellen	Optimus 2005, FfM/Mainova 2005, Enquete 2002			

Hemmnisstruktur		
Kurzbeschreibung	<p>Maßnahme ist von geringeren bis mittleren Hemmnissen geprägt. Die Hemmnisse liegen überwiegend im Bereich Qualifikation und Motivation der gewerblichen Akteure. Daneben fehlen Anreize, die handwerklich aufwändigere und betrieblich optimierte Lösung zu wählen, sofern technisch funktionsfähige und betrieblich sichere Alternativen mit der Auswahl überdimensionierter Aggregate vorliegen.</p>	
Information & Knowhow	<p>Informationsdefizite bei Eigentümern. Grundsätzliche Informationen sind im gewerblichen Bereich präsent. Qualifikation im gewerblichen Bereich, insbesondere hydraulische Auslegungspraxis teilweise unzureichend.</p>	<p>3 mittel</p>
Rechtliche Hemmnisse	keine rechtlichen Hemmnisse	<p>1 gering</p>
Finanzierung	<p>Aufwandskalkulation für gewerblichen Anbieter (Installateur) risikobehaftet, da eine teilweise aufwändige, vom Erfolg her schwer abschätzbare Einregulierung des Sekundärsystems erfolgen muss.</p>	<p>3 mittel</p>
Organisation (Verantwortung)	<p>Entscheider und Investor (Eigentümer) ist in der Regel identisch nicht identisch mit Nutzer der Maßnahme und partizipiert daher nicht direkt von der Energiekosteneinsparung. Allerdings sind die Mehrkosten überschaubar.</p>	<p>2 eher gering</p>
Organisation (Akteursebene)	<p>Kein inhärenter Anreiz, da der Einbau einer überdimensionierten Pumpe in der Regel einfacher handelbar und vom Leistungsprofil her besser abgrenzbar und damit besser abrechenbar ist.</p>	<p>4 eher hoch</p>




Maßnahme	Ersatz von Stromdirektheizungen (Stromfaktor 1.0)	
Sektor/WZ & Anwendung	PHH	Strom
Kurzbeschreibung	Primärenergetisch sind Stromdirektheizungen ineffizient. Die Geräte können je nach Einsatzart durch konventionelle oder regenerative zentrale Heizungssysteme, Wärmepumpenheizungen oder steckerfertige Klimageräte mit Heizfunktion ersetzt werden.	
PJ/a		Istverbrauch
PJ/a	61	Tech. Pot.
PJ/a	72	Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	77 PJ/a
Technisches Potenzial*	21%	16 PJ/a
Wirtschaftliches Potenzial*	6%	5 PJ/a
Annahme	<p>Ersatz aller Stromdirektheizungen im Bestand bis 2016. *Strom wird mit Faktor 1.0 bewertet.</p> <p>Bei einem Stromfaktor von 1.0 führt nur der Ersatz durch Wärmepumpenheizsystem zu einer Energieeinsparung. Der Einsatz durch (primärenergetisch sinnvolle) konventionellen Heizungs-systeme führt hier zu keiner Endenergieeinsparung.</p>	
Wirtschaftlichkeit	<p>Bei einer Zentralisierung ist die Nachrüstung von Sekundärsystemen (incl. Steigleitungen) notwendig. Dies führt zu hohen Investitionskosten, die sich nicht allein aus der Energiekosteneinsparung refinanzieren lassen. Die Maßnahme führt aus Sicht des Eigentümers zu Verringerung von Instandsetzungskosten, von daher ist eine Zentralisierung grundsätzlich erstrebenswert. Nach der Maßnahme erfolgt Abrechnung und Inkasso der Wärmeversorgung über Eigentümer bzw. Verwalter.</p>	
Quellen	EWI/prognos 2005	

Maßnahme		Ersatz von Stromdirektheizungen (Stromfaktor 2.5)	
Sektor/WZ & Anwendung	PHH		Strom
Kurzbeschreibung	Primärenergetisch sind Stromdirektheizungen ineffizient. Die Geräte können je nach Einsatzart durch konventionelle oder regenerative zentrale Heizungssysteme, Wärmepumpenheizungen oder steckerfertige Klimageräte mit Heizfunktion ersetzt werden.		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	77 PJ/a	
Technisches Potenzial*	56%	43 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial*	18%	14 PJ/a	
Annahme	Ersatz aller Stromdirektheizungen im Bestand bis 2016. *Strom wird mit Faktor 2.5 bewertet.		
Wirtschaftlichkeit	Bei einer Zentralisierung ist die Nachrüstung von Sekundärsystemen (incl. Steigleitungen) notwendig. Dies führt zu hohen Investitionskosten, die sich nicht allein aus der Energiekosteneinsparung refinanzieren lassen. Die Maßnahme führt aus Sicht des Eigentümers zu Verringerung von Instandsetzungskosten, von daher ist eine Zentralisierung grundsätzlich erstrebenswert. Nach der Maßnahme erfolgt Abrechnung und Inkasso der Wärmeversorgung über Eigentümer bzw. Verwalter.		
Quellen	EWI/prognos 2005		

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	<p>Maßnahme ist von einem entscheidenden Hemmnis geprägt. Das Hemmnis liegt ganz überwiegend in den hohen Transaktions- und Investitionsaufwendungen bei der Umstellung der dezentralen Beheizung auf zentrale Beheizung bzw. auf dezentrale Gasheizung (Gasetagenheizung). Im vermieteten Bestand geht mit Zentralisierung allerdings auch die Heizkostenabrechnung auf den Eigentümer über.</p>	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Information und Problembewusstsein ist bei den Eigentümern in der Regel vorhanden. Im Sammelbesitz verursachen die Systeme relativ hohe Instandsetzungsaufwendungen.	1 gering
Rechtliche Hemmnisse	keine rechtlichen Hemmnisse im engeren Sinne.	1 gering
Finanzierung	Modernisierung nicht umlagefähig. Hohe Anfangsaufwendungen aufgrund Rückbau/Entsorgung von Altgeräten mit Entsorgungskosten (Asbest) sowie aufwändiger Umrüstung insbesondere bei Nachrüstung mit Sekundärsystemen.	5 sehr hoch
Organisation (Verantwortung)	Entscheider und Investor (Eigentümer) ist in der Regel nicht identisch mit Nutzer der Maßnahme. Es besteht inhärentes Interesse durch Verminderung der Instandsetzungsaufwendungen des Alt-Systems. Bei Zentralisierung übernimmt Eigentümer Heizkostenabrechnung.	3 mittel
Organisation (Akteursebene)	Transaktion erfordert umfangreiche Planung. Komfortbeeinträchtigung (bei Sanierung im bewohnten Bestand) bei Durchführung der Maßnahme aufgrund der Baumaßnahmen innerhalb der Wohnungen	3 mittel

Maßnahme		Solarthermische Warmwasseraufbereitung	
Sektor/WZ & Anwendung	PHH		Strom
Kurzbeschreibung	Verbreitung solarthermischer Kollektoren zur Brauchwarmwasseraufbereitung in Neubau und Bestand		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.*
Istverbrauch	100%	260 PJ/a	
Technisches Potenzial	10%	25 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial*	2%	5 PJ/a	
Annahme	<p>Nach Energiereport IV leben 56 % der Bundesbürger in Haushalten mit zentraler Warmwasseraufbereitung, 40 % in Haushalten mit dezentraler Warmwasseraufbereitung. Davon sind 2002 ca. 2,4 % mit solar-thermischer Brauchwarmwasserunterstützung ausgestattet (5 PJ). Vorsichtige Potenzialschätzungen rechnen mit einem mittelfristig realisierbaren technischen Potenzial von ca. 25 PJ [prognos 2005a]. Andere Schätzungen gehen langfristig von bis zu 250 PJ [Staiß 2005] aus.</p>		
Wirtschaftlichkeit	<p>Annähernd 20 % der WW-Bereitung erfolgen elektrisch, daher werden 20 % des Technischen Potenzials als wirtschaftlich betrachtet.</p>		
Quellen	EWI/Prognos 2005, Staiß 2005, Solarthermie 2000		

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	<p>Bereich ist von mittleren Hemmnisse geprägt. Wachsende Akzeptanz in EFH. Fehlende Erfahrungen in MFH. Die Umstellung dezentraler Warmwasserbereitung auf zentrale Systeme ist nur bei gleichzeitiger Zentralisierung der gesamten Heizanlage möglich. Im vermieteten Bestand besteht das Investor-Nutzer-Dilemma. Zentralisierung führt aus Sicht des Eigentümers zu Verringerung von Instandsetzungskosten, von daher bestehen durchaus auch positive Anreize.</p>	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Information und Qualifikation für kleine Systeme zunehmend gut. Qualifikation hinsichtlich der Dimensionierung von Aggregat und System-Integration von Großanlagen noch verbesserungsfähig.	3 mittel
Rechtliche Hemmnisse	keine rechtlichen Hemmnisse bekannt.	1 gering
Finanzierung	Höhere, aber moderate Anfangsinvestition. Förderung durch BAFA und KfW Programme verfügbar. Verbesserte KfW Konditionen auch für größere Anlagen verfügbar.	2 eher gering
Organisation (Verantwortung)	siehe Maßnahme Kesseltausch: Hemmnisse im EFH (siehe dort): eher gering (2) Hemmnisse im MFH (siehe dort): eher hoch (4)	3 gering
Organisation (Akteursebene)	Hohe Akzeptanz im EFH. Bei Eigentümern mit vermieteten Bestand könnten ggf. leichte Vorbehalte, bzw. mangelnde Erfahrungen gegenüber der Zuverlässigkeit bestehen. Hemmnisse im EFH (siehe dort): gering (1) Hemmnisse im MFH (siehe dort): mittel (3)	2 eher gering

Maßnahme		Wärmepumpen im EFH und ZFH (Stromfaktor 1.0)	
Sektor/WZ & Anwendung	PHH		Brennstoff
Kurzbeschreibung	Einsatz von effizienten Sole/Wasser-Wärmepumpenanlagen im EFH und ZFH Neubau (NEH-Standard). Von 2008 bis 2016 wird der Marktanteil gegenüber der erwarteten Entwicklung verdoppelt.		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	3.7 PJ/a	
Technisches Potenzial*	73%	2.7 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial*	73%	2.7 PJ/a	
Annahme	Gegenüber der erwarteten Marktentwicklung (Marktanteil WP 2008: ca. 8 % , 2016: ca. 20 %) wird durch die Maßnahme der Anteil verdoppelt. Zwischen 2008 und 2016 werden ca. 240'000 Wärmepumpen zusätzlich installiert. *Strom wird mit Faktor 1.0 bewertet.		
Wirtschaftlichkeit	Die Maßnahme erfordert eine erhöhte Anfangsinvestition, die sich bei der Erreichung der o. g. Planungsparameter wirtschaftlich durch die eingesparten Energiekosten refinanzieren lässt. Die Wirtschaftlichkeit ist abhängig vom Kostenverhältnis konventioneller Brennstoffe gegenüber (Wärme-)Strom. Die Wirtschaftlichkeit nimmt bei hohen Wärmeschutzstandards (KfW 40 und Passivhaus) wieder ab, da die Vorteile der geringen verbrauchsgebundenen Kosten.		
Quellen	Eicher & Pauli 2004, EWI/prognos 2005		

Maßnahme		Wärmepumpen im EFH und ZFH (Stromfaktor 2.5)	
Sektor/WZ & Anwendung	PHH		Brennstoff
Kurzbeschreibung	Einsatz von effizienten Sole/Wasser-Wärmepumpenanlagen im EFH und ZFH Neubau (NEH-Standard). Von 2008 bis 2016 wird der Marktanteil gegenüber der erwarteten Entwicklung verdoppelt.		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	3.7 PJ/a	
Technisches Potenzial*	32%	1.2 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial*	32%	1.2 PJ/a	
Annahme	Gegenüber der erwarteten Marktentwicklung (Marktanteil WP 2008: ca. 8 % , 2016: ca. 20 %) wird durch die Maßnahme der Anteil verdoppelt. Zwischen 2008 und 2016 werden ca. 240'000 Wärmepumpen zusätzlich installiert. *Strom wird mit Faktor 2.5 bewertet.		
Wirtschaftlichkeit	Die Maßnahme erfordert eine erhöhte Anfangsinvestition, die sich bei der Erreichung der o. g. Planungsparameter wirtschaftlich durch die eingesparten Energiekosten refinanzieren lässt. Die Wirtschaftlichkeit ist abhängig vom Kostenverhältnis konventioneller Brennstoffe gegenüber (Wärme-)Strom. Die Wirtschaftlichkeit nimmt bei hohen Wärmeschutzstandards (KfW 40 und Passivhaus) wieder ab, da die Vorteile der geringen verbrauchsgebundenen Kosten.		
Quellen	Eicher & Pauli 2004, EWI/prognos 2005		

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	<p>Bereich ist überwiegend von geringen Hemmnisse geprägt. Um eine Jahresarbeitszahl von 3,5 zu erreichen, ist die Ausführung in Verbindung mit Niedrigtemperatur-Sekundärsystemen (Fußboden- oder Wandflächenheizung), idealerweise im NEH- o. Passivhaus-Standard sinnvoll. Umrüstung von bestehenden Sekundärsystemen möglich, allerdings sehr aufwändig, tlw. unmöglich.</p>	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Information und Marktdurchdringung zunehmend gut, teilweise bereits gefördert von Energieversorgern. Qualifikation hinsichtlich der Dimensionierung von Aggregat und NT-Systemen noch verbesserungsfähig.	2 eher gering
Rechtliche Hemmnisse	keine rechtlichen Hemmnisse bekannt.	1 gering
Finanzierung	Höhere Anfangsinvestition, insbesondere auch sekundärseitig durch gut dimensionierte Flächenheizungen, die niedrige Vor- und Rücklauftemperaturen ermöglichen (allerdings ohnehin meist Standard in NEH) Attraktive KfW Kredite verfügbar.	2 eher gering
Organisation (Verantwortung)	Entscheider und Investor ist in der Regel Eigentümer, damit identisch mit Nutzer der Maßnahme und partizipiert daher direkt von Energiekosteneinsparung.	1 gering
Organisation (Akteursebene)	Gute Akzeptanz. Bei Bauträgern und Projektentwicklern in Neubaugebieten dürften noch mangelnde Erfahrungen gegenüber Realisierung von NEH Standards bestehen. Leichte Erhöhung von Transaktionsaufwand bei Einbindung von KfW Krediten.	2 eher gering

Maßnahme	Beleuchtung		
	Sektor/WZ & Anwendung	PHH	Beleuchtung
Kurzbeschreibung	Im Bereich der Haushaltsbeleuchtung kann ein beträchtliches Potenzial durch den Austausch von konventionellen Lampen durch Kompaktleuchtstofflampen (Energiesparlampen) realisiert werden. Bei Halogenlampen kann durch die Verwendung von Lampen mit einer Infrarotbeschriftung (IRC Halogenlampen) der Verbrauch um ca. ein Drittel reduziert werden.		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	57 PJ/a	
Technisches Potenzial	40%	23 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	40%	23 PJ/a	
Annahme	Bis 2016 werden 70 % der Beleuchtungsstunden konventioneller Glühlampen durch Energiesparlampen ersetzt. Alle Halogenlampen sind IRC Halogenlampen.		
Wirtschaftlichkeit	Die Maßnahme ist ganz überwiegend wirtschaftlich darstellbar. Ausnahmen bestehen in Bereichen mit sehr kurzen Nutzungsdauern, wie z. B. die Treppenhausbeleuchtung in Wohnhäusern.		
Quellen	HE 2003, HE 2004, Enquete 2002, ZVEI 2007		

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	<p>Bereich ist von eher geringen Hemmnissen geprägt. Wachsende Akzeptanz beim Verbraucher. Zunehmende Marktdurchdringung von energiesparenden Lampen. Verbrauchskennzeichnung vorrangig. Handlungsbedarf eher bei der Kennzeichnung von <i>Leuchtsystemen</i>, verbunden mit schwierigen Fragen der Normung bzw. Klassifizierung.</p>	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Information grundsätzlich gut, sofern zum und direkt am Gerät (Lampe) vorhanden. Energieeffizienz allerdings bislang kein Differenzierungsmerkmal bei Leuchtsystemen	3 mittel
Rechtliche Hemmnisse	keine harten rechtlichen Hemmnisse, allerdings Probleme bei der Standardisierung von Verbrauchserfassung und -kennzeichnung (Technische Normung), insbesondere bei <i>Leuchtsystemen</i>	2 eher gering
Finanzierung	kein Hemmnis.	1 gering
Organisation (Verantwortung)	Käufer energieeffizienter Leuchtmittel partizipiert in der Regel im vollem Umfang an den Einsparungen.	1 gering
Organisation (Akteursebene)	Wachsende Bereitschaft & Akzeptanz beim Endverbraucher. Aufgrund der geringen Produktdifferenzierung bei <i>Lampen</i> bietet Energieeffizienz ein echtes Differenzierungskriterium. Im Bereich <i>Leuchten</i> dagegen deutlich nachrangiges Merkmal.	2 eher gering

Maßnahme		Energiesparende Kühlgeräte	
Sektor/WZ & Anwendung	PHH		Strom
Kurzbeschreibung	In der Betrachtung werden die Ausstattungsgrade der PHH für folgende Geräteklassen differenziert: <ul style="list-style-type: none"> • Kühlschränke, • Gefriergeräte und • Kühl-Gefrierkombinationen. 		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	61 PJ/a	
Technisches Potenzial	31%	19 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	31%	19 PJ/a	
Bemerkungen	Ab 2008 werden nur noch die besten bereits heute auf dem Markt verfügbaren Geräten verkauft. Kühl – und Gefrierschränke der Effizienzklassen A+ und A++ sind in allen Größenklassen auf dem Markt verfügbar. Ab 2010 kommen nur noch Geräte mit A++ Standard in den Markt. Durchschnittlicher Energieverbrauch der Neugeräte ab 2010 <ul style="list-style-type: none"> • Kühlschrank: 160 kWh/a • Kühltruhe: 170 kWh/a • Kühl-Gefrierkombination: 190 kWh/a 		
Wirtschaftlichkeit	Die Differenzkosten bei der Anschaffung gegenüber Geräten der Effizienzkategorie A amortisieren sich innerhalb von 5 bis 8 Jahren.		
Quellen	EWI/prognos 2005, INET 2006d, INET 2006f		

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Bereich ist von eher geringen Hemmnissen geprägt. Wachsende Akzeptanz beim Verbraucher. Zunehmende Marktdurchdringung von energiesparenden Geräten. Dynamisierung der Verbrauchskennzeichnung vorrangig. Information muß als (mit)entscheidendes Kaufkriterium	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Information grundsätzlich gut, sofern zum und direkt am Gerät vorhanden. Dynamisierte Fortschreibung der Verbrauchskennzeichnung notwendig. Weitere Qualifikation des Verkaufspersonals notwendig.	3 mittel
Rechtliche Hemmnisse	keine harten rechtlichen Hemmnisse, allerdings Probleme bei der Standardisierung von Verbrauchserfassung und -kennzeichnung (Technische Normung)	2 eher gering
Finanzierung	grundsätzlich keine Probleme.	1 gering
Organisation (Verantwortung)	Investor (Käufer) partizipiert im vollem Umfang an den Einsparungen.	1 gering
Organisation (Akteursebene)	Wachsende Bereitschaft & Akzeptanz beim Endverbraucher. Allerdings führt auch eine grundsätzlich positive Wertorientierung "Umwelt" angesichts einer Vielfalt von Kaufkriterien nicht immer zur Auswahl des energieeffizientesten Produkts.	3 mittel

Maßnahme		Wäschetrockner	
Sektor/WZ & Anwendung	PHH		Strom
Kurzbeschreibung	Durch den Einsatz eines Wäschetrockners mit Wärmepumpe kann der Energieverbrauch gegenüber einem konventionellen Wäschetrockner über 50% gesenkt werden. Der Einsatz von Geräten mit Gasheizung ist primärenergetisch sinnvoll, aus Sicht der EDR nur bei Verwendung eines höheren Stromfaktors.		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	14 PJ/a	
Technisches Potenzial	64%	9 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	31%	4.4 PJ/a	
Annahme	Ab 2008 haben alle neu verkauften Wäschetrockner die Energieeffizienzklasse A.		
Wirtschaftlichkeit	Wäschetrockner mit Wärmepumpentechnik kosten heute durchschnittlich 300 bis 400 Euro mehr als vergleichbare Kondensationswäschetrockner. Die Wirtschaftlichkeit hängt stark vom Nutzungsgrad ab. Bei einer intensiven Nutzung (4-köpfige Familie, 5 Trocknerläufe pro Woche) amortisiert sich die Wärmepumpentechnik nach ca. 5 Betriebsjahren. Beim Einsatz von Wäschetrocknern mit Gasbrenner verschlechtert sich die Wirtschaftlichkeit erheblich, sofern die Infrastruktur erst geschaffen werden muss.		
Quellen	EWI/prognos 2005, INET 2006d, INET 2006f		

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Bereich ist von eher geringen Hemmnissen geprägt. Wachsende Akzeptanz beim Verbraucher. Zunehmende Marktdurchdringung von energiesparenden Geräten. Dynamisierung der Verbrauchskennzeichnung vorrangig. Information muß als (mit)entscheidendes Kaufkriterium platziert werden. Hierzu sind die relevanten Informationen nicht immer beim Verkaufspersonal vorhanden.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Information grundsätzlich gut, sofern zum und direkt am Gerät vorhanden. Dynamisierte Fortschreibung der Verbrauchskennzeichnung notwendig. Weitere Qualifikation des Verkaufspersonals notwendig.	3 mittel
Rechtliche Hemmnisse	keine harten rechtlichen Hemmnisse, allerdings Probleme bei der Standardisierung von Verbrauchserfassung und -kennzeichnung (Technische Normung)	2 eher gering
Finanzierung	grundsätzlich keine Probleme.	1 gering
Organisation (Verantwortung)	Investor (Käufer) partizipiert im vollem Umfang an den Einsparungen.	1 gering
Organisation (Akteursebene)	Wachsende Bereitschaft & Akzeptanz beim Endverbraucher. Allerdings führt auch eine grundsätzlich positive Wertorientierung "Umwelt" angesichts einer Vielfalt von Kaufkriterien nicht immer zur Auswahl des energieeffizientesten Produkts.	3 mittel

Maßnahme		Leerlaufverbrauch - Haushalts und IuK Geräte	
Sektor/WZ & Anwendung	PHH		Strom
Kurzbeschreibung	Bei Informations- und Kommunikationsgeräten und bestimmten Haushaltsgeräten besteht noch ein großes Einsparpotenzial im Bereich der Leerlaufverluste, dem sogenannten Standby-Verbrauch.		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	191 PJ/a	
Technisches Potenzial	9%	18 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	9%	18 PJ/a	
Annahme	Alle entsprechenden Neugeräte haben ab 2008 einen reduzierten Leerlaufverbrauch. Die erzielbaren Einsparungen sind je nach Gerätetyp sehr verschieden. Die größten relativen Einsparungen sind bei Geräten mit hoher Standby-Betriebszeit möglich, wie z.B. schnurlosen Telefonen, Radioweckern, Druckgeräten, Mikrowellengeräten Kaffeautomaten.		
Wirtschaftlichkeit	Die Maßnahme ist überwiegend wirtschaftlich. Die Mehrkosten für primärseitige Schalter liegen im Bereich weniger Euro. Andere technische Maßnahmen erfordern teilweise höhere Zusatzinvestitionen		
Quellen	FhG ISI 2005		

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	<p>Bereich ist von (einem) mittleren Hemmnis geprägt. Wachsende Akzeptanz beim Verbraucher. Kennzeichnung zur Geräteeffizienz (gesamt) nicht vorhanden. Geräteeffizienz (gesamt) ist schwer klassifizierbar und daher auch schwer ausweisbar. Erfassung Standby-Verluste dagegen einfacher ausweisbar und klassifizierbar. Problem kann auch anderweitig durch energiesparendes Verbraucherverhalten adressiert werden (Steckerleisten, Zeitschaltuhren, Pufferbatterien, AUS-schalten...)</p>	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Gesamtgeräteeffizienz insgesamt wird nicht transparent gemacht. Standby-Verbrauch als Einzelmerkmal ist allerdings deutlich abgrenzbar und erscheint grundsätzlich gut ausweisbar. Problem ist auch sinnvoll in Verbraucherberatungen adressierbar (Steckerleiste, Zeitschaltuhren, Aus-Schalten...etc.)	<p>3 mittel</p>
Rechtliche Hemmnisse	keine harten rechtlichen Hemmnisse, allerdings Probleme bei Verbrauchserfassung und -klassifizierung (Technische Normung), insbesondere vom (Gesamt-)Gerät, eher unproblematisch bei Standby.	<p>2 eher gering</p>
Finanzierung	grundsätzlich keine Probleme.	<p>1 gering</p>
Organisation (Verantwortung)	Investor (Käufer) partizipiert im vollem Umfang an den Einsparungen.	<p>1 gering</p>
Organisation (Akteursebene)	Wachsende Bereitschaft & Akzeptanz beim Endverbraucher. Minimaler Standby-Verlust als Produktmerkmal ist nachrangiges Kaufkriterium. Verbraucher benötigt neben Information auch (geringfügiges) technisches Equipment (Steckerleisten, Zeitschaltuhren).	<p>2 eher gering</p>

Maßnahme		Reduktion Betriebsverluste (Desktop-Computer)	
Sektor/WZ & Anwendung	PHH		Strom
Kurzbeschreibung	Reduktion des Stromverbrauch von Desktop-Computern durch den Einsatz effizienter Prozessoren.		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.*
Istverbrauch	100%	83 PJ/a	
Technisches Potenzial	4%	3.2 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	2%	1.6 PJ/a	
Annahme	<p>Ab 2008 werden alle verkauften Desktopcomputer nur noch von energiesparenden Prozessoren ausgerüstet. Diese verbrauchen im Mittel ca. 30 bis 40 % weniger Strom.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bestand an Desktop-Computern in Sektor GHD: 10 Mio. • Durchschnittliche Betriebsdauer: 1100 h/a 		
Wirtschaftlichkeit	<p>Die Wirtschaftlichkeit hängt im wesentlichen von der Nutzungsintensität ab. Bei Mehrkosten von 30 € je Computer (Beschaffung) und einer Nutzungsdauer von 4 Jahren ist der Einsatz von effizienten Prozessoren ab einer täglichen Nutzungszeit von 3 Stunden wirtschaftlich.</p>		
Quellen	FhG ISI 2005, eigene Berechnung		

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Bereich ist von (einem) mittleren Hemmnis geprägt. Wachsende Akzeptanz beim Verbraucher. Kennzeichnung zur Geräteeffizienz (gesamt) nicht vorhanden.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Information ist dem Käufer häufig weniger präsent und setzt technisches Grundinteresse voraus.	3 mittel
Rechtliche Hemmnisse	keine harten rechtlichen Hemmnisse, allerdings Probleme bei der Standardisierung von Verbrauchserfassung und -kennzeichnung (Technische Normung)	2 eher gering
Finanzierung	grundsätzlich keine Probleme.	1 gering
Organisation (Verantwortung)	Investor (Käufer) partizipiert im vollem Umfang an den Einsparungen.	1 gering
Organisation (Akteursebene)	Bei der Vielzahl der relevanten Kaufkriterien spielt der Energieverbrauch in der Regel nur eine untergeordnete Rolle.	3 mittel

10. Gewerbe Handel Dienstleistungen (GHD) und Öffentliche Hand (ÖH): Maßnahmeblätter

Maßnahme	Wärmetechnische Sanierung Gebäudehülle	
Sektor/WZ & Anwendung	GHD	Wärme
Kurzbeschreibung	Sanierung der Gebäudehülle von Nicht-Wohngebäuden. Bei heutigen Sanierungen wird das energetische Einsparpotenzial häufig nur ungenügend ausgenutzt. Die Maßnahme sieht eine Erhöhung der Sanierungseffizienz auf 100% vor.	
PJ/a	715	Istverbrauch
PJ/a	659	56 Tech. Pot.
PJ/a	668	47 Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	715 PJ/a
Technisches Potenzial	8%	56 PJ/a
Wirtschaftliches Potenzial	7%	47 PJ/a
Annahme	Die erwartete Häufigkeit der Sanierung der Gebäudehülle bleibt unverändert. Bei bisherigen Sanierungen wird das energetische Sanierungspotenzial nur ungenügend ausgenutzt. Die Maßnahme sieht eine Erhöhung der energetischen Sanierungseffizienz auf 100 % vor.	
Wirtschaftlichkeit	<p>Maßnahme ist wirtschaftlich, wenn bei einer ohnehin anstehenden Instandsetzungsmaßnahme die jeweils zusätzlichen Kosten für die wärmetechnische Modernisierung angesetzt werden.</p> <p>Maßnahme ist langfristig wirksam, Marktdurchdringung wird von hoher Trägheit aufgrund langer Sanierungszyklen bestimmt.</p> <p>Maßnahme erfolgt überwiegend im vermieteten Bestand.</p> <p>Die Kosten der Maßnahme trägt der Eigentümer/Vermieter, welcher im vermieteten Bestand seine Kosten nach fest gelegten Regeln grundsätzlich umlegen kann. Restriktionen bildet insbesondere das am Markt erzielbare Mietpreinsniveau. Energiesparinvestitionen stehen aufgrund begrenzter Investitions- und Umlagespielräume in Konkurrenz zu anderen, beispielsweise komfortsteigernden oder wohnumfeldverbesserenden Maßnahmen.</p>	
Quellen	EWI/prognos 2005, IWU 2003	

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Bereich ist eher durch höhere Hemmnisse geprägt. Häufig besteht ein Investor-Verwalter-Nutzer-Dilemma. Erschwerend tritt im Bereich der Gewerbeimmobilien zwischen den/die Eigentümer und den/die Mieter eine Verwaltungsgesellschaft (meist für das kaufmännische und technische Facility Management zuständig). Es gibt keine definierten Mod.umlage-Regelungen bei Gewerbeimmobilien.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Bei professionellen Immobilienverwaltern eher geringe Informationsdefizite. Schwierigkeit der Adressierung, insbesondere Bereitstellung von Informationen, Umsetzungsunterstützung und Finanzierungsberatung zum Zeitpunkt der Investitions- und Instandsetzungsentscheidung bei kleineren Immobilien.	2 eher gering
Rechtliche Hemmnisse	Rechtliche Hemmnisse <i>im engeren Sinne</i> bestehen nicht (siehe Finanzierung) Denkmalpflegerische Auflagen erschweren die <i>energetisch optimierte</i> Sanierung Fassaden und Fenstern.	2 eher gering
Finanzierung	Überwälzung erst bei Neuverträgen üblich. Restriktion bildet insbesondere das am Markt erzielbare Mietpreinsniveau, damit starke regionale Unterschiede. Maßnahme steht in Konkurrenz zu anderen (z. B. Komfortverbesserung) Abschreibung der Maßnahme im Streubesitz ist zu klären.	4 eher hoch
Organisation (Verantwortung)	Entscheider (Verwalter) und Investor (Eigentümer) ist in der Regel nicht identisch mit Nutzer (Mieter) der Maßnahme und partizipiert daher nicht <i>direkt</i> an der Energiekosteneinsparung. Allerdings besteht inhärentes Interesse der mittel- und langfristigen Bestandsverbesserung und der Minderung von durchlaufenden Betriebskosten zugunsten der Nettokaltmieten.	4 eher hoch
Organisation (Akteursebene)	Energetische Mod. incl. Finanzierung verkompliziert die ansonsten einfachen Prozesse der Instandsetzung. Dies erhöht gerade den Transaktionsaufwand und gestaltet die Umsetzung eher sperrig.	2 eher gering

Maßnahme	Kesseltausch im Bestand	
Sektor/WZ & Anwendung	GHD	Wärme
Kurzbeschreibung	Es gibt eine große Anzahl veralteter Wärmeerzeuger im Bestand. Auf Basis der Verkaufszahlen der Kesselanlagen [Ausgangsdaten verkaufte Kesselanlagen in 2005, VdZ 2007] kann bei Wärmeerzeugern eine Austauschrate von ca. 3,3 % pro Jahr abgeschätzt werden, dies entspricht einer mittleren Nutzungsdauer von 30 Jahren	
PJ/a	715	Istverbrauch
PJ/a	680	35 Tech. Pot.
PJ/a	680	35 Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	715 PJ/a
Technisches Potenzial	5%	35 PJ/a
Wirtschaftliches Potenzial	5%	35 PJ/a
Annahme	Die hier modellierte Maßnahme sieht eine erhöhte Austauschrate von 4 % pro Jahr vor, was einer mittleren Nutzungsdauer von 25 Jahren entspricht. Gleichzeitig wird eine Erhöhung des Marktanteils von Brennwertkesseln von heute (2005) 65 % auf 75 % unterstellt. Damit erhöht sich insgesamt die Marktdurchdringung moderner Anlagen gegenüber der Fortschreibung bisheriger Marktdaten.	
Wirtschaftlichkeit	Sofern alte Kessel und Brenner mit in der Regel geringen Gesamtnutzungsgraden ausgetauscht werden, amortisiert sich die Maßnahme in der Regel innerhalb der (wirtschaftlichen) Lebensdauer des Wärmeerzeugers (15a) und liegt damit in der Wirtschaftlichkeit. Sensible Einflussgrößen, wie möglicherweise parallel notwendige Investitionen in die Sekundärverteilung (z. B. aufgrund der Korrosionsgefahr bei veralteten Systemen), können die Maßnahme unwirtschaftlich werden lassen.	
Quellen	VdZ 2007, VDI 2076, Recknagel 2004	

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	<p>Bereich ist von mittleren Hemmnissen geprägt. Information und Akzeptanz zur Brennwerttechnik gut, bereits heute gute Marktdurchdringung. Im vermieteten Bestand: Investor-Nutzer-Dilemma (vgl. hierzu Maßnahme 5.1 1); mietrechtliche Hemmnisse spielen eine geringe Rolle, da der Kessellersatz in der Regel nicht umlagefähig ist.</p>	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Hemmnisse im selbst genutzten Bestand: gering (2); Hemmnisse im vermieteten Bestand: eher gering (2). Schon heute besteht gute Akzeptanz der Brennwerttechnik. Allerdings bestehen Informationsdefizite bzgl. der Dimensionierung und Systemintegration.	<p>2 gering</p>
Rechtliche Hemmnisse	Hemmnisse im selbst genutzten Bestand: gering (1); Hemmnisse im vermieteten Bestand: gering (1)	<p>1 gering</p>
Finanzierung	Hemmnisse im selbst genutzten Bestand: eher gering (2); Hemmnisse im vermieteten Bestand: eher hoch (4), wg. Investor-Nutzer-Dilemma. In der überwiegenden Zahl der Fälle sollte für den reinen Kesseltausch keine Modernisierungsumlage erhoben werden.	<p>3 mittel</p>
Organisation (Verantwortung)	Hemmnisse im selbst genutzten Bestand: eher gering (2); Hemmnisse im vermieteten Bestand: eher hoch (4) Entscheider partizipiert nicht an den Energiekosteneinsparungen.	<p>3 mittel</p>
Organisation (Akteursebene)	Hemmnisse im selbst-genutzten Bestand: gering (1); Hemmnisse im vermieteten Bestand: mittel (3)	<p>1-2 gering/eher gering</p>

Maßnahme		Energieeffiziente Pumpen/ hydraulischer Abgleich	
Sektor/WZ & Anwendung	GHD		Wärme
Kurzbeschreibung	Optimierung des Heizungssystem einschließlich der Durchführung eines hydraulischen Abgleichs. Der hydraulische Abgleich ist Voraussetzung für die optimale Dimensionierung und den energiesparenden Betrieb einer energiesparenden Umwälzpumpe.		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a	1132		Tech. Pot.
PJ/a	1140		Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	1147 PJ/a	
Technisches Potenzial	1,3%	15 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	0,6%	7 PJ/a	
Annahme	Die hier modellierte Maßnahme unterstellt die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs in jeder Heizungsanlage während des Betrachtungszeitraums. Es werden Heizenergieeinsparungen von 5 bis 15 kWh/m ² erwartet. Dabei ist die Einsparung bei Gebäuden, die jünger als 25 Jahre sind und mit NT-Heizungssystemen ausgestattet sind, größer als bei älteren Gebäuden.		
Wirtschaftlichkeit	Die Maßnahme ist wirtschaftlich.		
Quellen	Optimus 2005, FfM/Mainova 2005, Enquete 2002		

Hemmnisstruktur		
Kurzbeschreibung	<p>Maßnahme ist von geringeren bis mittleren Hemmnissen geprägt. Die Hemmnisse liegen überwiegend im Bereich Qualifikation und Motivation der gewerblichen Akteure. Daneben fehlen Anreize, die handwerklich aufwändigere und betrieblich optimierte Lösung zu wählen, sofern technisch funktionsfähige und betrieblich sichere Alternativen mit der Auswahl überdimensionierter Aggregate vorliegen.</p>	
Information & Knowhow	<p>Informationsdefizite bei Eigentümern. Grundsätzliche Informationen sind im gewerblichen Bereich präsent. Qualifikation im gewerblichen Bereich, insbesondere hydraulische Auslegungspraxis teilweise unzureichend.</p>	<p>3 mittel</p>
Rechtliche Hemmnisse	keine rechtlichen Hemmnisse	<p>1 gering</p>
Finanzierung	<p>Aufwandskalkulation für gewerblichen Anbieter (Installateur) risikobehaftet, da eine teilweise aufwändige, vom Erfolg her schwer abschätzbare Einregulierung des Sekundärsystems erfolgen muss.</p>	<p>3 mittel</p>
Organisation (Verantwortung)	<p>Entscheider (Verwalter) und Investor (Eigentümer) ist in der Regel identisch nicht identisch mit Nutzer (Mieter) der Maßnahme und partizipiert daher nicht direkt von der Energiekosteneinsparung. Allerdings sind die Mehrkosten überschaubar.</p>	<p>2 eher gering</p>
Organisation (Akteursebene)	<p>Kein inhärenter Anreiz, da der Einbau einer überdimensionierten Pumpe in der Regel einfacher handelbar und vom Leistungsprofil her besser abgrenzbar und damit besser abrechenbar ist.</p>	<p>4 eher hoch</p>

Maßnahme		Optimierung der Klima- und Raumluftechnik	
Sektor/WZ & Anwendung	GHD		Wärme
Kurzbeschreibung	Angepasste Planung (Dimensionierung), optimierter Betrieb und Wartung von Klima- und Raumluftechnischen Anlagen (RLT). Volumenströmungsregelung, Bedarfsschaltung, Drehzahlregelung, Erhöhung des Toleranzbereichs.		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	17 PJ/a	
Technisches Potenzial	59%	10 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	47%	8 PJ/a	
Annahme	Die RLT-Anlagen sind nicht in der Gebäude- bzw. Anlagendatenbank abgebildet. Die Schätzungen des Energieverbrauchs und des Energiesparpotenzials basieren auf Erfahrungswerten und aus überschlägigen Berechnungen bzw. Literaturquellen.		
Wirtschaftlichkeit	Niedrig-investive und rein regelungstechnische Maßnahmen wie Zeit-Abschaltung, Reduktion des Volumenstroms, Erhöhung des Toleranzbereichs sind wirtschaftlich, während sich einschneidende Eingriffe wie z. B. in die Luftkanalführung für den Einbau einer Wärmerückgewinnung in der Regel nicht wirtschaftlich darstellen lassen.		
Quellen	DKV 2000, Recknagel 2002, Duschl 2002		

Hemmnisstruktur		
Kurzbeschreibung	<p>Maßnahme ist von mehreren mittleren Hemmnissen geprägt. Die Hemmnisse liegen sowohl im Bereich Qualifikation der gewerblichen Akteure. Daneben fehlen Anreize, die planerisch, investiv und handwerklich aufwändigere und betrieblich optimierte Lösung zu wählen, sofern technisch funktionsfähige und betrieblich sichere Alternativen im Betrieb überdimensionierter Aggregate sowie bei der Wahl energetisch suboptimaler Betriebsparameter bestehen.</p>	
Information & Knowhow	<p>Informationsdefizite bei Eigentümern. Grundsätzliche Informationen sind im gewerblichen Bereich präsent. Defizite bei der Qualifikation von Planern und Handwerkern, insbesondere zur Dimensionierung und Betriebsoptimierung.</p>	<p>3 mittel</p>
Rechtliche Hemmnisse	<p>indirektes Hemmnis: Respekt vor Betriebsauflagen und Normen (insbesondere zu Raumklima und Hygiene) veranlasst Betreiber eher zum Betrieb im energetisch sub-optimaler Betriebsparameter ("auf der sicheren Seite")</p>	<p>3 mittel</p>
Finanzierung	<p>Hemmnisse im selbst genutzten Bestand: eher gering (2); Hemmnisse im vermieteten Bestand: eher hoch (4), wg. Investor-Nutzer-Dilemma. In der überwiegenden Zahl der Fälle wird Investition und betrieblicher Aufwand nicht abgegolten.</p>	<p>3 mittel</p>
Organisation (Verantwortung)	<p>Entscheider (Verwalter), Investor (Eigentümer) Betriebsführung (Techn. FM) ist häufig nicht identisch mit Nutzer (Mieter) und partizipiert daher nicht direkt von der Energiekosteneinsparung.</p>	<p>3 mittel</p>
Organisation (Akteursebene)	<p>Gering inhärenter Anreiz für Betriebsführung (Techn. FM), sofern keine Erfolgsbeteiligung an der Betriebskosteneinsparung vereinbart ist. Darüber hinaus sind gerade bei der Optimierung des Systems vermehrt Beschwerden der Nutzer zu befürchten ("zu warm, zu kalt etc.")</p>	<p>4 eher hoch</p>

Maßnahme		Allgemeinbeleuchtung	
Sektor/WZ & Anwendung	GHD		Strom
Kurzbeschreibung	Einsparmöglichkeiten ergeben sich im wesentlichen durch effizientere Beleuchtungstechniken (3-Bandenlampen, verspiegelte Leuchten, Strahler mit Energiesparlampen, elektronische Vorschaltgeräte). Darüber hinaus lassen sich Potenziale mit der bedarfsabhängigen Regelung (Zeitschaltung, Bewegungsmelder, Dimmung) sowie verbesserter Tageslichtnutzung erschließen.		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	163 PJ/a	
Technisches Potenzial	31%	50 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	23%	38 PJ/a	
Annahme	Für die Maßnahme wurde keine eigene Modellierung durchgeführt. In enger Anlehnung an die Ergebnisse aus dem Bericht der Enquete-kommission wird ein technisches Potenzial von ca. 50 PJ unterstellt.		
Wirtschaftlichkeit	Die Maßnahme ist wirtschaftlich darstellbar, sofern der Eingriff im Rahmen üblicher Instandsetzungszyklen erfolgt. Die Maßnahme ist in der Regel nicht wirtschaftlich darstellbar, sofern ein Neuaufbau der Elektroverteilung (incl. Unterputzarbeiten) erforderlich ist.		
Quellen	HE 2003, HE 2004, Enquete 2002, ZVEI 2007		

Hemmnisse (Beispiel aus dem Bereich Gebäude-Contracting)		
Kurzbeschreibung	<p>Bereich ist von eher mittleren Hemmnissen geprägt. In der Regel erfolgt die Beschaffung von energieeffizienten Leuchten von Beschaffungsstellen (des Gebäudeverwalters bzw. des Nutzers). Vorrangig höherer Transaktionsaufwand, fehlende Anreize (geringe Energiekostenanteilen am Gesamtbudget) für die zusätzliche Bearbeitung des Einkaufskriteriums Energieeffizienz.</p>	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Information grundsätzlich gut, was den Einsatz energiesparender Leuchtmittel anbelangt. Information eher defizitär, was die Möglichkeit weiterer Einsparmöglichkeiten anbelangt. (Bewegungsmelder, Zeitschaltuhren etc.)	<p style="text-align: center;">2 eher gering</p>
Rechtliche Hemmnisse	keine harten rechtlichen Hemmnisse, allerdings Probleme bei der Umrüstung von <i>Leuchtsystemen</i> (gerade bei alten Leuchtsystemen ist häufig der Neuaufbau der E-Verteilung erforderlich).	<p style="text-align: center;">2 eher gering</p>
Finanzierung	Grundsätzlich unproblematisch bei Leuchtmitteln, allerdings bestehen geringe Anreize, da die Energiekosten einen geringen Anteil an den Gesamtbudgets haben. Teilweise umfangreiche Investitionen bei der kpl. Umrüstung von Leuchtsystemen erforderlich.	<p style="text-align: center;">3 mittel</p>
Organisation (Verantwortung)	Die Beschaffung von energieeffizienten Leuchtmitteln erfolgt in der Regel von Beschaffungsstellen, meist aus einem unterschiedlichen Budgetansatz als der Einkauf von Energie. Entscheidung über Investition in energiesparende Leuchtsysteme liegt beim Gebäudeeigentümer/Gebäudeverwalter.	<p style="text-align: center;">3 mittel</p>
Organisation (Akteursebene)	Keine/geringe Akzeptanzprobleme beim Nutzer im gewerblichen Bereich. Für die Beschaffungsstellen ist die Änderung der gewohnten Prozesse (erhöhter Transaktionsaufwand) erforderlich.	<p style="text-align: center;">2 eher gering</p>

Maßnahme		Steckerfertige Kühl- und Tiefkühlgeräte	
Sektor/WZ & Anwendung	GHD		Strom
Kurzbeschreibung	Optimierung des Kältesystems, mehr geschlossenen Systeme, Nachtdeckung für alle Geräte, effiziente Innenbeleuchtung		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	11 PJ/a	
Technisches Potenzial	27%	3 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	27%	3 PJ/a	
Annahme	Optimierte Geräte haben gegenüber den Bestandsgeräten im Durchschnitt einen um 30 % geringeren Stromverbrauch. Im Betrachtungszeitraum werden 90 % der Bestandsgeräte ausgetauscht.		
Wirtschaftlichkeit	Bei einer ohnehin anstehenden Neuanschaffung sind Differenzkosten für energiesparende Geräte wirtschaftlich darstellbar.		
Quellen	BayLfU 2006, DKV 2000, ProCool		

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	<p>Bereich ist von eher geringen Hemmnissen geprägt. Wachsende Akzeptanz beim Verbraucher. Zunehmende Marktdurchdringung von energiesparenden Geräten. Dynamisierung der Verbrauchskennzeichnung vorrangig. Information muß als (mit)entscheidendes Kaufkriterium platziert werden. Hierzu sind die relevanten Informationen nicht immer beim Verkaufspersonal vorhanden.</p>	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Information grundsätzlich gut, sofern zum und direkt am Gerät vorhanden. Dynamisierte Fortschreibung der Verbrauchskennzeichnung notwendig. Weitere Qualifikation des Verkaufspersonals notwendig.	<p>3 mittel</p>
Rechtliche Hemmnisse	keine harten rechtlichen Hemmnisse, allerdings Probleme bei der Standardisierung von Verbrauchserfassung und -kennzeichnung (Technische Normung)	<p>2 eher gering</p>
Finanzierung	grundsätzlich keine Probleme.	<p>1 gering</p>
Organisation (Verantwortung)	Investor (Käufer) partizipiert im vollem Umfang an den Einsparungen.	<p>1 gering</p>
Organisation (Akteursebene)	Wachsende Bereitschaft & Akzeptanz beim Endverbraucher. Allerdings führt auch eine grundsätzlich positive Wertorientierung "Umwelt" angesichts einer Vielfalt von Kaufkriterien nicht immer zur Auswahl des energieeffizientesten Produkts.	<p>3 mittel</p>

Maßnahme		Leerlaufverbrauch - IuK Endgeräte im Büro	
Sektor/WZ & Anwendung	GHD		Strom
Kurzbeschreibung	Reduzierung des Leerlaufverbrauchs von Informations- und Kommunikationsendgeräten durch technische Verbesserungen. (Netzschalter vor Gerätetrafo, Pufferbatterien, etc.)		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	25 PJ/a	
Technisches Potenzial	9%	2.3 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	9%	2.3 PJ/a	
Bemerkungen	<p>Die Maßnahme ist wirtschaftlich. Maßnahme erfordert mittelfristig den Ersatz relevanter Bauteile (Netzschalter, Pufferbatterien) bzw. die Optimierung von Geräteschaltungen. Bei etlichen Geräten fehlt ein Ausschalter. Die Bauteile sind in neuen Geräten serienmäßig mit geringen Mehrkosten verbunden, die über die Lebenszeit bei weitem von den eingesparten Energiekosten übertroffen werden. (betrifft Audiogeräte, Fernseher, Video-Geräte, Spielkonsolen, Telefonie, Kopierer, Rechner, Monitore, Drucker). Problem sollte komplementär mit Verbraucherinformationen zu energiesparendem Verhalten adressiert werden (Steckerleisten, Zeitschaltuhren, Pufferbatterien, AUS-schalten...).</p>		
Klärungsbedarf			
Quellen			

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	<p>Bereich ist von mittleren Hemmnissen geprägt. Fehlende inhärente Anreize beim Hersteller, selber tätig zu werden. Hinweise zur Geräteeffizienz (gesamt) oder Standby (separat) nicht vorhanden. Geräteeffizienz (gesamt) ist schwer klassifizierbar und daher auch schwer ausweisbar. Erfassung Standby-Verluste dagegen sind einfach ausweisbar und klassifizierbar.</p>	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Gesamtgeräteeffizienz insgesamt wird bislang wenig transparent gemacht. Standby-Verbrauch als Einzelmerkmal wird nicht separat ausgewiesen.	3 mittel
Rechtliche Hemmnisse	keine harten rechtlichen Hemmnisse, allerdings Probleme bei Verbrauchserfassung und -klassifizierung (Technische Normung), insbesondere vom (Gesamt-)Gerät, eher unproblematisch bei Standby.	2 eher gering
Finanzierung	grundsätzlich keine Probleme.	1 gering
Organisation (Verantwortung)	Investor (Käufer) partizipiert im vollem Umfang an den Einsparungen.	1 gering
Organisation (Akteursebene)	Geringe Anreize beim Hersteller. Für Endverbraucher sollte in der Regel die Anwendung keine Komforteinbußen bedeuten. Minimaler Standby-Verlust als Produktmerkmal ist nachrangiges Kaufkriterium. Neben geräteintegrierten Schaltungen benötigt neben Verbraucher Information und (geringfügiges) technisches Equipment (Steckerleisten, Pufferbatterien, Zeitschaltuhren, ...).	3 mittel

Maßnahme		Reduktion Betriebsverluste (Desktop-Computer)	
Sektor/WZ & Anwendung	PHH		Strom
Kurzbeschreibung	Reduktion des Stromverbrauch von Desktop-Computern durch den Einsatz effizienter Prozessoren.		
PJ/a	<p>83</p>		Istverbrauch
PJ/a	<p>80</p>		Tech. Pot.
PJ/a	<p>81</p>		Wirt. Pot.*
Istverbrauch	100%	83 PJ/a	
Technisches Potenzial	4%	3.2 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	2%	2 PJ/a	
Annahme	<p>Ab 2008 werden alle verkauften Desktopcomputer nur noch von energiesparenden Prozessoren ausgerüstet. Diese verbrauchen im Mittel ca. 30 bis 40 % weniger Strom.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bestand an Desktop-Computern in Sektor GHD: 10 Mio. • Durchschnittliche Betriebsdauer: 11 		
Wirtschaftlichkeit	<p>Die Wirtschaftlichkeit hängt im wesentlichen von der Nutzungsintensität ab. Bei Mehrkosten von 30 € je Computer (Beschaffung) und einer Nutzungsdauer von 4 Jahren ist der Einsatz von effizienten Prozessoren ab einer täglichen Nutzungszeit von 3 Stunden w</p>		
Quellen	FhG ISI 2005, eigene Berechnung		

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Bereich ist von (einem) mittleren Hemmnis geprägt. Wachsende Akzeptanz beim Verbraucher. Kennzeichnung zur Geräteeffizienz (gesamt) nicht vorhanden.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Information ist dem Käufer häufig weniger präsent und setzt technisches Grundinteresse voraus.	3 mittel
Rechtliche Hemmnisse	keine harten rechtlichen Hemmnisse, allerdings Probleme bei der Standardisierung von Verbrauchserfassung und -kennzeichnung (Technische Normung)	2 eher gering
Finanzierung	grundsätzlich keine Probleme.	1 gering
Organisation (Verantwortung)	Investor (Käufer) partizipiert im vollem Umfang an den Einsparungen.	1 gering
Organisation (Akteursebene)	Bei der Vielzahl der relevanten Kaufkriterien spielt der Energieverbrauch in der Regel nur eine untergeordnete Rolle.	3 mittel

Maßnahme		Optimierung der Straßenbeleuchtung	
Sektor/WZ & Anwendung	GHD		Strom
Kurzbeschreibung	Verringerung des Strombedarfs der Straßenbeleuchtung durch Optimierung Lampentyp, Leuchtkörper, Vorschaltgeräte, bedarfsangepasste Schaltungen.		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	12 PJ/a	
Technisches Potenzial	50%	6 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	33%	4 PJ/a	
Annahme	Alle Anlagen ohne bedarfsangepasste Steuerung werden mit einem Steuergerät ausgerüstet. Es erfolgt der Ersatz von 50 % der Quecksilberdampflampen durch Natriumdampflampen.		
Wirtschaftlichkeit	Die Modernisierung der Leuchtsysteme ist insbesondere dann wirtschaftlich, wenn zusätzlich vermiedene Instandhaltungsaufwendungen eingerechnet werden. Die Maßnahmen ist in der Regel nicht wirtschaftlich, wenn umfangreiche Modernisierungsmaßnahmen des gesamten Leuchtsystems allein aus den Energiekosteneinsparungen dargestellt werden sollen. Dies gilt insbesondere, da viele Städte über günstige Vorversorgungstarife für die Stadtbeleuchtung verfügen		
Quellen	HE 2004, SAFE 2006, ZVEI 2007, Enquete 2002		

Hemmnisse (Beispiel aus dem Bereich Gebäude-Contracting)		
Kurzbeschreibung	<p>Bereich ist von mehreren mittleren Hemmnissen geprägt. Insbesondere ist die Umstellung von Altsystemen in der Regel sehr aufwändig. In der Regel erfolgt die Planung und Beschaffung von energieeffizienter Straßenbeleuchtung von anderen Stellen und aus anderen Haushaltstiteln als die Bewirtschaftung der Energiekosten. (Typische, für Contracting geeignete Hemmnisstruktur)</p>	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Information ist bei den verantwortlichen Stellen in der Regel vorhanden, gerade in kleineren Kommunen fehlt allerdings Know-how über die Möglichkeiten und Erfahrung bei der Planung und Umsetzung.	3 mittel
Rechtliche Hemmnisse	keine harten rechtlichen Hemmnisse, ggf. Bedenken bei Haftungsfragen bei Teilabschaltungen.	2 eher gering
Finanzierung	Hohe Anfangsaufwendungen. Planung und Beschaffung von energie-effizienten Straßenleuchten erfolgt in der Regel aus dem Vermögenshaushalt. Direkte Gegenfinanzierung aus dem Verwaltungs-haushalt nicht ohne Probleme möglich. (Haushaltsprinzipien der öffentlichen Haushalte)	4 mittel
Organisation (Verantwortung)	Planung und Beschaffung von energie-effizienten Straßenleuchten erfolgt in der Regel von anderen Stellen als der Einkauf und die Bewirtschaftung von den Energiekostentiteln.	3 mittel
Organisation (Akteursebene)	Etwaige/vermutete Akzeptanzprobleme bei der Bevölkerung gegenüber Maßnahmen wie kompletten bzw. Halb-Abschaltungen von Straßenbeleuchtung in Nachtzeiten.	2 eher gering

Maßnahme		LED Ampelanlagen	
Sektor/WZ & Anwendung	GHD ÖH		Strom
Kurzbeschreibung	Umrüstung auf LED Ampelanlagen.		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	1.8 PJ/a	
Technisches Potenzial	72%	1.3 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	72%	1.3 PJ/a	
Annahme	Alle mit 230V Lampen betriebenen Ampelanlagen werden auf LED Technik umgerüstet.		
Klärungsbedarf	<p>Die Umstellung auf LED Technik erfordert (gemessen an den Stromkosten) vergleichsweise hohe Investitionen. Allein aus der Stromesparung lässt sich die Maßnahme bei Ansatz eines (kommunalkreditüblichen) Zinssatzes nicht (ganz) innerhalb der Lebensdauer der LED Lampen (ca. 8-10a) rechnen, insbesondere angesichts der häufig sehr günstigen Stadtstromtarife.</p> <p>Allerdings sind neben eingesparten Stromkosten erhebliche Reduktion des Wartungsaufwandes anrechenbar, die die Gesamtmaßnahme deutlich wirtschaftlich machen.</p>		
Quellen	IB SH 2004, SAFE 2006, ZVEI 2007, Enquete 2002		

Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Information ist bei den verantwortlichen Stellen in der Regel vorhanden, gerade in kleineren Kommunen fehlt allerdings Know-how über die Möglichkeiten und Erfahrung bei der Planung und Umsetzung.	3 mittel
Rechtliche Hemmnisse	keine rechtlichen Hemmnisse.	1 eher gering
Finanzierung	Hohe Anfangsaufwendungen. Planung und Beschaffung von energie-effizienten Straßenleuchten erfolgt in der Regel aus dem Vermögenshaushalt. Direkte Gegenfinanzierung aus dem Verwaltungs-haushalt nicht ohne Probleme möglich. (Haushaltsprinzipien der öffentlichen Haushalte)	4 mittel
Organisation (Verantwortung)	Planung und Beschaffung von Ampelanlagen erfolgt in der Regel von anderen Stellen als Einkauf und die Bewirtschaftung von den Energiekostentiteln.	3 mittel
Organisation (Akteursebene)	Keine/geringe Akzeptanzprobleme. Für die Tiefbau-/Straßenbauämter ist die Änderung gewohnter Prozesse erforderlich (erhöhter Transaktionsaufwand bei der Umstellung).	2 eher gering

11. Prod. Gewerbe (IND): Maßnahmeblätter

Maßnahme	Rückgewinnung		
Sektor/WZ & Anwendung	IND	Antriebe	Strom
Kurzbeschreibung	Rückgewinnung der mechanischen Prozessenergie bei speziellen Antrieben (wie Zentrifugen; Aufzügen, Kränen usw.)		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	65 PJ/a	
Technisches Potenzial	25%	16,25 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	7%	5 PJ/a	
Bemerkungen	<p>Gegenstand der Massnahme sind elektrische Antriebe, die sehr häufig zwischen Anfahr- und Bremsbetrieb wechseln (Aufzüge, Kräne, Zentrifugen u.a.). Die beim Anfahren aufgenommene mechanisch Energie muss beim Bremsen wieder abgegeben werden. Ohne Rückgewinnung wird diese Energie in Wärme umgewandelt und geht verloren. Indem der Motor im Bremsbetrieb als Generator fungiert, kann die gewonnene elektrische Energie ans Netz zurückgegeben werden, was eine Frequenzumrichtung und je Motorentyp einen unterschiedlich grossen Sahaltungsaufwand nötig macht. Die Einsparmöglichkeiten hängen stark von der Ausgangslage ab; man findet in der Literatur Werte bis 80 %.</p>		
Klärungsbedarf	Der Ist-Verbrauch ist zur Zeit nur eine grobe Schätzung des potenziell rückspeisungsfähigen Verbrauchs.		
Quellen	[Allplan 2005] [Basics 2006b] eigene Berechnungen		

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Die Rückeinspeisung lohnt sich vor allem bei der Neueinrichtung einer Anlage (bzw. beim Ersatz einer alten Anlage). Die Umrüstung einer bestehenden Anlage rechnet sich nur in Ausnahmefällen. Bei Netzausfall ist das Bremsen nur mechanisch möglich. Nicht alle Antriebe sind rückspeisefähig.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Die Rückspeisung ist in Teilbereichen Tradition (Transaktion, Hebewerkezüge, Zentrifugen), in andern Bereichen (etwa Abrollvorgänge) eher unüblich. Isofern besteht ein gewisses Informationsdefizit .	3
Rechtliche Hemmnisse	Durch die Rückspeisung kann beim Einspeisenetz eine Obewellenverunreinigung stattfinden. Gegebenenfalls können die (technischen) Auflagen des Netzbetreibers prohibitiv wirken oder zumindest die Rückspeisung verteuern.	2
Finanzierung	Die Rückspeisung lohnt sich nur bei einer relativ hohen Betriebsstundenzahl. Andernfalls scheitert die Finanzierung zumeist an internen Vorgaben zur Pay-Back-Zeit (bzw. zum internen Zinssatz). Pay-Back-Zeiten unter 3 Jahren sind bei der Rückspeisung die Ausnahme.	4
Organisation (Verantwortung)	Anlagendesigner sind sich der Möglichkeit der Rückspeisung nur zum Teil bewusst.	3
(Akteursebene)	Die Rückspeisung als Massnahme ist sowohl auf technischer wie auch auf Managementebene grundsätzlich gut "verkaufbar", aber für die meisten Unternehmen in der Eigenwahrnehmung von geringer Bedeutung.	3

Maßnahme		Anpassung an Bedarf		
Sektor/WZ & Anwendung	IND	Antriebe	Strom	
Kurzbeschreibung	Anpassung des Betriebes der Anlage an tatsächlichen Bedarf: Abschalten bei Nichtgebrauch, Drehzahlregulierung mit Frequenzumrichter usw.			
PJ/a				Istverbrauch
PJ/a				Tech. Pot.
PJ/a				Wirt. Pot.
Istverbrauch		100%	490 PJ/a	
Technisches Potenzial		17%	83 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial		9%	46 PJ/a	
Bemerkungen	Die Drehzahlregulierung ist eine der "klassischen" Methoden, um den Wirkungsgradabfall von Elektromotoren bei Teillast weitgehend zu kompensieren. Der wirtschaftliche Teil des Einsparpotenzials wird kurzfristig möglicherweise etwas überschätzt.			
Klärungsbedarf				
Quellen	[Dehli 1998] [Basics 2006a/b] [FHG ISI 1999] [FhG ISI 2003]			

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Bei klarer Wirtschaftlichkeit sind die Hemmnisse eher klein.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	kaum	2
Rechtliche Hemmnisse	keine	1
Finanzierung	z.T sehr einschränkende betriebsinterne Pay-Back Vorgaben	3
Organisation (Verantwortung)	-	-
(Akteursebene)	-	-

Maßnahme	Arbeitsmaschinen		
Sektor/WZ & Anwendung	IND	Arbeitsmaschinen	Strom
Kurzbeschreibung	Wirkungsgradverbesserungen bei typischen Arbeitsmaschinen (Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren usw.)		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	230 PJ/a	
Technisches Potenzial	24%	55 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	9%	22 PJ/a	
Bemerkungen	Die Wirkungsgrade von älteren Antriebsmaschinen sind zum Teil sehr schlecht, deshalb wird ein relativ großes technisches Potenzial angenommen. Die Maßnahme versteht sich als Ersatzmaßnahme. Ihre volle Wirkung entfaltet sie aber erst in Kombination mit der Anpassung des Betriebes und der richtigen Dimensionierung nach Maßgabe des Bedarfs.		
Klärungsbedarf			
Quellen	[Basics 2006b] [FHG ISI 1999]		

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Wie Fallbeispiele zeigen, ist den Unternehmen manchmal gar nicht bewusst, wie schlecht der Wirkungsgrad ihrer Arbeitsmaschinen tatsächlich ist.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Mangel an Instrumenten zur Schnelldiagnose	3
Rechtliche Hemmnisse	keine	1
Finanzierung	z.T sehr einschränkende betriebsinterne Pay-Back Vorgaben	3
Organisation (Verantwortung)	-	-
(Akteursebene)	-	-

Maßnahme		Dimensionierung Antrieb		
Sektor/WZ & Anwendung	IND	Antrieb	Strom	
Kurzbeschreibung	Vermeidung von Überdimensionierungen von Motoren und Antriebsmaschinen, Aufteilung der Gesamtlast in Grund- und Spitzenlast über parallele kleinere Motoren (etwa bei Pumpen) usw.			
PJ/a	490			Istverbrauch
PJ/a	405		86	Tech. Pot.
PJ/a	476			15 Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	490 PJ/a		
Technisches Potenzial	18%	86 PJ/a		
Wirtschaftliches Potenzial	3%	15 PJ/a		
Bemerkungen	Viele Motoren bzw. Antriebe sind stark überdimensioniert und laufen damit oft im Teillastbereich mit schlechten Wirkungsgraden. Als isolierte Einzelmaßnahme (Ersatz eines überdimensionierten Motors/Antriebes durch einen kleineren) ist das wirtschaftliche Potenzial eher gering.			
Klärungsbedarf	Dass die technischen Potenziale recht gross sind, wird in der Literatur einhellig bestätigt. Es gibt aber kaum empirische Grundlagen zur Quantifizierung. Zudem ist die Abgrenzung zu andern Maßnahmen schwierig.			
Quellen	[Allplan 2005] [Basics 2006a/b] [FHG ISI 2002] eigene Abschätzungen			

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Überdimensionierungen sind oft mit Sicherheitsüberlegungen verknüpft. Z.T. werden sie auch mit einer künftig möglichen Produktionsausweitung gerechtfertigt. Die Vermeidung von Überdimensionierungen erfordert gute (Vorab)Kenntnisse des Produktionsprozesses.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Prozessanforderungen müssen gut bekannt sein	3
Rechtliche Hemmnisse	keine	1
Finanzierung	z.T sehr einschränkende betriebsinterne Pay-Back Vorgaben	3
Organisation (Verantwortung)	-	-
(Akteursebene)	-	-

Maßnahme		Motorenwirkungsgrad		
Sektor/WZ & Anwendung	IND	Motoren	Strom	
Kurzbeschreibung	Ersatz von Elektromotoren mit schlechten Wirkungsgraden durch effiziente Motoren			
PJ/a				Istverbrauch
PJ/a				Tech. Pot.
PJ/a				Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	490 PJ/a		
Technisches Potenzial	5%	25 PJ/a		
Wirtschaftliches Potenzial	1%	5 PJ/a		
Bemerkungen	Die Maßnahme bezieht sich in der vorliegenden Quantifizierung auf so genannte Standardmotoren im Leistungsbereich von 1.1 bis 90 kW. Sie unterstellt so genannte eff1-Motoren. Die Anforderungen könnten aber stärker sein (wie z.B. in den USA).			
Klärungsbedarf	Etwasige Effizienzvorschriften bei Elektromotoren machen nur in internationaler Abstimmung Sinn. Abklärung der EU-Absichten, Harmonisierung mit USA und andern Ländern.			
Quellen	[Basics 2006a/b] [FHG IS 2002] [Allplan 2005]			

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	<p>Die Maßnahme allein lohnt sich in der Regel nur bei Langläufern. Je grösser die Leistung eines Motors, desto geringer sind die Unterschiede bei den Wirkungsgraden und damit die relativen Sparpotenziale. Viele Unternehmen verfügen über eine Vorort-Bevorratung mit baugleichen Motoren, um bei Bedarf einen schnellen Ersatz zu ermöglichen. (Größenordnung: 10 % der energetisch relevanten Motoren sind bevorratet.) Effiziente Motoren können auch aus andern als energetischen Gründen interessant sein: Z.B. entsteht weniger Abwärme, die abgeführt werden muss.</p>	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Im Allgemeinen ist zu wenig bekannt, dass in einer Lif-Cycle-Betrachtung 90 und mehr % der Gesamtkosten eines Elektromotors durch den Stromverbrauch bestimmt werden.	4
Rechtliche Hemmnisse	Für Neuanlagen könnte der Einsatz effizienter Motoren vom Gesetzgeber vorgeschrieben werden. Nachträglicher Einbau eines effizienteren Motors kann Garantieleistungen des Anlagenherstellers obsolet werden lassen.	4
Finanzierung	Oft schwierig, obwohl es sich in der Regel um kleine Investitionsbeträge mit sicherem Einsparresultat handelt	3
Organisation (Verantwortung)	Die "freiwillige" Verwendung effizienter (Standard)Motoren stagniert in Europa gemessen an den Absatzzahlen auf eher tiefem Niveau.	3
(Akteursebene)	Mangelnde Bestellerkompetenz. Der überwiegende Teil der energetisch relevanten Motoren wird über Anlagen erworben, die der Anlagenbauer ausgewählt hat (so genannte OEM's). Anlagenbauer haben in der Regel kein Interesse am Einbau effizienter Motoren, da diese die Kosten der Anlage (wenn auch nicht stark) erhöhen.	3

Maßnahme	Mechanische Verluste		
Sektor/WZ & Anwendung	IND	Mechanische Verluste	Strom
Kurzbeschreibung	Minimierung der mechanischen Verluste im System, intensivere Wartung		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	490 PJ/a	
Technisches Potenzial	9%	44 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	1%	5 PJ/a	
Bemerkungen	<p>Das technische Potenzial ist eine grobe Schätzung. Eine verlässliche Abschätzung ist zur Zeit nur schwer möglich. Die Angaben zu den Möglichkeiten tribologischer Maßnahmen variieren in der Literatur stark. Nanobasierte Oberflächenbehandlungen könnten künftig aber erhebliche Verbesserungen bringen.</p> <p>Die Maßnahme bezieht sich nicht nur auf den elektromechanischen Teil, sondern auf sämtlich Reibungsquellen auch in den nachgelagerten Prozessstufen. Nicht enthalten sind die Verluste der Kraftübertragung (vgl. die entsprechende Maßnahme).</p> <p>In der Schlussberichterstattung wird die Maßnahme mit der Maßnahme "Kraftübertragung" zusammengelegt.</p>		
Klärungsbedarf	Siehe oben.		
Quellen	[Basics 2006a] eigene Abschätzung		




Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Das technische Potenzial ist zwar recht groß; eine eigentliche Nachrüstung aber schwierig; deshalb das geringe wirtschaftliche Potenzial, das sich vor allem an einer verbesserten Wartung orientiert.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Vermutlich bestehen grösser Informationsdefizite	4
Rechtliche Hemmnisse	keine	1
Finanzierung	z.T sehr einschränkende betriebsinterne Pay-Back Vorgaben	3
Organisation (Verantwortung)	-	-
(Akteursebene)	-	-

Maßnahme		Kraftübertragung			
Sektor/WZ & Anwendung	IND	Kraftübertragung		Strom	
Kurzbeschreibung	Wirkungsgradverbesserungen bei der Kraftübertragung (Riemen, Getriebe)				
PJ/a				Istverbrauch	
PJ/a	471			20	Tech. Pot.
PJ/a	486			4	Wirt. Pot.
Istverbrauch		100%	490 PJ/a		
Technisches Potenzial		4%	20 PJ/a		
Wirtschaftliches Potenzial		1%	4 PJ/a		
Bemerkungen	Da die technischen Möglichkeiten schon weitgehend ausgereizt sind, wird nur ein kleines technische Potenzial unterstellt. Etwas größere Potenziale ergeben sich im Verbund mit Prozessanpassungen, die einen Teil der Kraftübertragung unnötig machen (vgl. Maßnahme "Prozessoptimierung").				
Klärungsbedarf					
Quellen	[Basics 2006a/b]				

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Die Maßnahme kommt in der Regel nur im Verbund mit andern Maßnahmen zum Tragen.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Vermutlich bestehen grösser Informationsdefizite	4
Rechtliche Hemmnisse	keine	1
Finanzierung	z.T sehr einschränkende betriebsinterne Pay-Back Vorgaben	3
Organisation (Verantwortung)	-	-
(Akteursebene)	-	-

Maßnahme		Galvanische Prozesse		
Sektor/WZ & Anwendung	IND	Galvan. Prozesse	Strom	
Kurzbeschreibung	Es gibt eine Vielzahl von galvanischen Prozessen; die energetisch wichtigsten sind die Primäraluminiumerzeugung und die Chlorproduktion. Im Ersten Fall wird eine Verbesserung der Elektrolyseverfahren angenommen, im zweiten Fall zusätzlich ein Teilwechsel auf Membranverfahren			
PJ/a				Istverbrauch
PJ/a				Tech. Pot.
PJ/a				Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	77 PJ/a		
Technisches Potenzial	39%	30 PJ/a		
Wirtschaftliches Potenzial	8%	7 PJ/a		
Bemerkungen	Die Quantifizierung folgt derjenigen des ISI. Andere galvanische Prozesse (z.B. im Bereich der Oberflächenbeschichtung) werden nicht quantifiziert.			
Klärungsbedarf	Die energetische Bedeutung weiterer galvanischer Prozesse ist offen.			
Quellen	[FHG ISI 2001]			

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Die vom ISI ermittelten wirtschaftlichen Verbesserungen dürften im Sinne einer autonomen Entwicklung realisiert werden.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	keine	1
Rechtliche Hemmnisse	keine	1
Finanzierung		1
Organisation (Verantwortung)		1
(Akteursebene)		1

Maßnahme		Effiziente Beleuchtung	
Sektor/WZ & Anwendung	IND	Beleuchtung	Strom
Kurzbeschreibung	Soweit möglich und sinnvoll Substitution von Glüh- und Leuchtstofflampen durch Kompaktleuchtstofflampen und Substitution von Halogenlampen durch Leuchtdioden (u.a.), vermehrte Tageslichtnutzung, Verwendung von Reflektorleuchten u.a. sowie verbesserte Steuerung und Regelung (Randzonenmanagement, Präsenzdetection u.a.)		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	35 PJ/a	
Technisches Potenzial	77%	27 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	56%	20 PJ/a	
Bemerkungen	Die Entwicklungsdynamik im Beleuchtungsbereich ist groß, so dass die Potenziale in naher Zukunft eher noch anwachsen dürften. Sparpotenziale der LuK sind hier nicht mitenthalten. Gesetzliche Minimalvorgaben zur Energieeffizienz von Beleuchtungskörpern sind in einigen Ländern in Diskussion.		
Klärungsbedarf			
Quellen	[Allplan 2005] [Dehli 1998] [FHG ISI 2001 und 2003] eigene Abschätzungen		

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Die Einsparpotenziale sind zwar sehr groß, aber ihre Realisierung verursacht of höhere Umrüstkosten; räumliche und betriebliche Beschränkungen können weitere Hindernisse darstellen (Schnittstellen). Bei Leuchtdioden und andern avancierten Leuchtsystemen fehlt zum Teil die (Langzeit)Erfahrung.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Die Farbqualität und die Responsezeit von energieeffizienten Beleuchtungssystemen wird zum Teil bemängelt.	2
Rechtliche Hemmnisse	keine	1
Finanzierung	Da eine Umrüstung auf der Basis von Einzellersatz in der Regel keinen Sinn macht, ergibt sich durch eine Gesamtumrüstung ein einmaliger grösserer Investitionsbedarf.	2
Organisation (Verantwortung)	Die Abstimmung einer energieeffizienten Beleuchtung (Ausleuchtung, Regelung u.a.) von Produktionsräumen auf die (wechselnden) betrieblichen Bedürfnisse kann ein organisatorisches Problem darstellen.	3
(Akteursebene)	Wartung und Unterhalt	2

Maßnahme		Thermische Prozesse über 500 Grad		
Sektor/WZ & Anwendung	IND	Therm. Prozesse	Strom, Brennstoffe	
Kurzbeschreibung	Spezifische Verbesserungen bei der Herstellung und Verarbeitung von zahlreichen Grundstoffen und Grundprodukten bei Temperaturen über 500 Grad			
PJ/a	790		Istverbrauch	
PJ/a	685		105	Tech. Pot.
PJ/a	748		42	Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	790 PJ/a		
Technisches Potenzial	13%	105 PJ/a		
Wirtschaftliches Potenzial	5%	42 PJ/a		
Bemerkungen	Die folgenden Herstellungs- bzw. Verarbeitungsprozesse sind in dieser Maßnahme zusammengefasst: Herstellung von Roheisen, Elektrostahl, Sekundäraluminium, Primär- und Sekundärkupfer, Primärzink, Kohlenwasserstoffen, Aluminiumoxid und Glas; sowie Warmwalzen, Sintern und Gießen von Eisen und Stahl, das Nicht-Eisen-Gießen, das Ziegel-, Kalk-, Glas-, Feinkeramik- und Klinkerbrennen, Brennprozesse bei sonstigen Gütern der Steine-und-Erden-Industrie sowie Brennprozesse bei Nicht-Eisen-Halbzeugen. Die Quantifizierung lehnt sich stark an Arbeiten des ISI an.			
Klärungsbedarf	Quantitative Ausgrenzung jener Anlagen, die dem EU ETS-System unterworfen und nicht Gegenstand der EDL-Richtlinie sind, ist offen.			
Quellen	[Brown 1996] [FHG ISI 2001 und 2004] [Enquete 2002] eigene Berechnungen			




Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Die Maßnahmen sind Einzelprozess-orientiert und verlangen zumeist größere finanzielle Engagements.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	keine, da die Maßnahmen im Wesentlichen energieintensive Prozesse betreffen und damit das Knowhow vor Ort vorhanden ist	1
Rechtliche Hemmnisse	Bei einigen Prozessen sind Konflikte im Zusammenhang mit Auflagen des Umweltschutzes nicht auszuschliessen.	3
Finanzierung	An sich große Investitionsbeträge, aber wenn Realisierung zeitlich an ohnehin zu tätige Ersatz-, Erweiterungs- oder Umrüstaktionen gekoppelt wird, dann stellt die Finanzierung kein größeres Hemmnis dar (die Maßnahmen entsprechen zum Teil der autonomen Entwicklung).	3
Organisation (Verantwortung)	-	-
(Akteursebene)	-	-

Maßnahme		Brennprozesse in Investitionsgüterindustrie		
Sektor/WZ & Anwendung	IND	Therm. Prozesse	Brennstoffe	
Kurzbeschreibung	Verbesserung von Brennprozessen in der Investitionsgüterindustrie bei Temperaturen über 500 Grad			
PJ/a				Istverbrauch
PJ/a				Tech. Pot.
PJ/a				Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	44 PJ/a		
Technisches Potenzial	10%	4 PJ/a		
Wirtschaftliches Potenzial	8%	4 PJ/a		
Bemerkungen	Die Maßnahme betrifft u.a. die weitere Substitution von brennstoffbetriebenen Öfen durch Elektroöfen, den vermehrten Einsatz von elektronischen Prozessleitsystemen sowie eine verbesserte Wärmedämmung. Die Maßnahme resultiert in einem Mehrverbrauch von Elektrizität.			
Klärungsbedarf				
Quellen	[FHG ISI 2001] eigene Berechnungen			

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Keine größeren Hemmnisse zu erwarten	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	keine	1
Rechtliche Hemmnisse	ev. Umweltauflagen	2
Finanzierung	nur bedingt	2
Organisation (Verantwortung)	-	-
(Akteursebene)	-	-

Maßnahme		Thermische Prozesse zwischen 200 und 500 Grad		
Sektor/WZ & Anwendung	IND	Therm. Prozesse	Brennstoffe	
Kurzbeschreibung	Einbau besserer Öfen, Wärmerückgewinnung, Reduktion der Abgasverluste, zum Teil neue Prozessdesigns			
PJ/a				Istverbrauch
PJ/a				Tech. Pot.
PJ/a				Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	30 PJ/a		
Technisches Potenzial	24%	7 PJ/a		
Wirtschaftliches Potenzial	11%	3 PJ/a		
Bemerkungen	In diesen Temperaturbereich fallen die Herstellung verschiedener Grundstoffe (z.B. Blei, Salze), aber auch die Waschmittelproduktion und das industrielle Backen. Die Quantifizierung lehnt sich an die Arbeiten des ISI an.			
Klärungsbedarf	Die quantitative Ausgrenzung jener Anlagen, die dem EU ETS-System unterworfen und nicht Gegenstand der EDL-Richtlinie sind, ist offen.			
Quellen	[FHG ISI 2001] [FHG ISI 2003] eigene Berechnungen			

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Gesamthaft werden die Hemmnisse als gering erachtet.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	nur bedingt	2
Rechtliche Hemmnisse	z. T. Umwelt- und andere Auflagen	3
Finanzierung	nur bedingt	2
Organisation (Verantwortung)	-	-
(Akteursebene)	-	-

Maßnahme		Thermische Prozesse unter 200 Grad		
Sektor/WZ & Anwendung	IND	Therm. Prozesse	Brennstoffe	
Kurzbeschreibung	<p>Der Hauptteil der im Bereich unter 200 Grad eingesetzten Energie wird für Trocknungsprozesse verbraucht. Zusammen mit den bei der Massnahme "Sonstige thermische Prozesse" berücksichtigten Energieverbräuchen werden gesamthft rund 300 PJ für die Trocknung aufgewandt. Der grösste Verbraucher ist die Papierindustrie. Die Sparpotenziale kreisen um eine Vielzahl von Verbesserungsmöglichkeiten: Einsatz verbesserter oder angepasster Trocknertechnologien, mechanische Vorentwässerung, Verbesserung der Prozessteuerung, Absenkung der Arbeitstemperaturen, Kompartimentierung von Trocknern, Verbesserung der Abwärmenutzung, Einsatz von Niedrigtemperatur-Abwärme aus KWK-Anlagen u.a.</p>			
PJ/a			Istverbrauch	
PJ/a			Tech. Pot.	
PJ/a			Wirt. Pot.	
Istverbrauch	100%	237 PJ/a		
Technisches Potenzial	14%	34 PJ/a		
Wirtschaftliches Potenzial	8%	19 PJ/a		
Bemerkungen	<p>Die hier wiedergegebene Quantifizierung bezieht sich u.a. auf die Trocknung von Holz, Kohle, Ziegel, Papier, Lacken und Farben, Feinkeramik u.a. sowie auf einige Prozesse aus der Nahrungsmittelindustrie (Zucker, Milchprodukte) und der Textilindustrie. Gewisse Einsparmaßnahmen erhöhen den Elektrizitätsverbrauch, etwa die verstärkte mechanische Vorentwässerung bei der Papierproduktion oder der Einsatz von Hochleistungsquetschern in der Textilindustrie. Die Potenzialabschätzung lehnt sich an Arbeiten des ISI an.</p>			
Klärungsbedarf				
Quellen	<p>[FHG ISI 2002 und 2003] [Basics 2006a] eigene Berechnungen</p>			




Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Die Maßnahmen verlangen zum Teil aufwendige technische Anpassungen. Sie können deshalb in der Regel nur dann durchgeführt werden, wenn ohnehin ein Produktionsunterbruch (Umrüstung, Aufrüstung etc.) geplant ist oder eine neue Anlage gebaut wird.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Bei KMU's bestehen gewisse Informationsdefizite	3
Rechtliche Hemmnisse	kaum	2
Finanzierung	nur bedingt	2
Organisation (Verantwortung)	-	-
(Akteursebene)	-	-

Maßnahme		Sonstige thermische Prozesse	
Sektor/WZ & Anwendung	IND	Sammelkategorie	Strom, Brennstoffe
Kurzbeschreibung	Energetische Ertüchtigung in Bereichen, die von andern Maßnahmen nicht angesprochen werden ("Restkategorie")		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	334 PJ/a	
Technisches Potenzial	29%	96 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	13%	43 PJ/a	
Bemerkungen	Die Maßnahme umfasst eine Vielzahl von Einzelmaßnahmen: Wärmerückgewinnung, Kaskadennutzung, thermische Isolation (auch im Zusammenhang mit Kühl- und Gefrierprozessen, vornehmlich in der Nahrungsmittelindustrie), Niedertemperaturwärme mit Wärmepumpen, Einbau von Economizern, Einsatz von Kondensationskesseln (mit Einschränkungen), Brennerersatz u.a.		
Klärungsbedarf	Die quantitative Ausgrenzung jener Anlagen, die dem EU ETS-System unterworfen und nicht Gegenstand der EDL-Richtlinie sind, ist offen.		
Quellen	[Basics 1999 und 2006a] [Brown 1996] [Dehli 1998] [FHG ISI 2001 und 2003]		

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Die Vielzahl der unterschiedlichsten Prozesssituationen bringt eine Vielzahl unterschiedlichster Massnahmen mit sich. Dazu kommt eine Vielzahl von involvierten Akteuren. "Lösungen von der Stange" greifen nur selten. Die Individualisierung der Beratungsleistung zum effizienten Energieeinsatz ist zwingend. Kleine (aber sichere) Einsparpotenziale werden nicht wahrgenommen.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Bei KMU's fehlt oft das nötige Knowhow. Kostengünstige Beratungsleistungen senken die Einstiegsbarriere.	3
Rechtliche Hemmnisse	Bei Contractinglösungen kann eine komplizierte vertragliche Regelung ein entscheidendes Hemmnis bei der Realisierung darstellen.	1
Finanzierung	Die Energiekosten machen zumeist nur einen kleinen Teil der Produktionskosten aus (<2 %), so dass Sparinvestitionen an restriktiven Pay-Back-Vorgaben scheitern. Opportunitätsüberlegen führen zu andern Investitionsentscheiden.	4
Organisation (Verantwortung)	Grundsätzlich unsichere Wirtschaftsaussichten verhindern oft Investitionen mit Infrastrukturcharakter	3
(Akteursebene)	Betrieb wünscht keine Störungen oder Beeinträchtigungen laufende Prozesse durch effizienzsteigernde Umrüstungen	3

Maßnahme		Raumwärme		
Sektor/WZ & Anwendung	IND	Heizung, Warmw.	Strom, Brennstoffe	
Kurzbeschreibung	Typische Komponenten sind: Wärmedämmung, Verbesserung der Haustechnikanlagen, Brennwertkessel, Wärmerückgewinnung, Einsatz von Wärmepumpen, bedarfsgerechte Steuerung, Temperaturabsenkung u.a.			
PJ/a				Istverbrauch
PJ/a				Tech. Pot.
PJ/a				Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	346 PJ/a		
Technisches Potenzial	37%	126 PJ/a		
Wirtschaftliches Potenzial	18%	63 PJ/a		
Bemerkungen	Der adressierte Energieverbrauch umfasst auch die Bereitstellung von Warmwasser sowie die Klimatisierung/Lüftung/Kühlung. Die Quantifizierung beruht auf den Potenzialabschätzungen des ISI und einem konservativen Set von Annahmen zum Spektrum der getroffenen Maßnahmen. Ein Teil der Maßnahmen könnte über Energietcontractings realisiert werden.			
Klärungsbedarf				
Quellen	[Basics 2006a] [FHG ISI 2003] eigene Berechnungen			

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Haustechnik- und insbesondere Wärmedämm-Maßnahmen weisen lange Investitionszyklen auf. Bei kleineren Unternehmen spielt das Nutzer/Investor-Dilemma eine gewisse Rolle.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	keine	1
Rechtliche Hemmnisse	bestehende einschlägige Vorschriften werden ohnehin befolgt	1
Finanzierung	eher keine, wenn die Realisierung im Rhythmus der üblichen Ersatzinvestitionen/Sanierungen erfolgt	2
Organisation (Verantwortung)	Nutzer/Investor-Dilemma bei KMU's	3
(Akteursebene)	-	-

Maßnahme		Prozessoptimierung	
Sektor/WZ & Anwendung	IND	Antriebe / Prozesse	Strom, Brennstoffe
Kurzbeschreibung	Die Maßnahme bezweckt die energetische Optimierung von ganzen Prozessen und Systemen (z.B. Optimierung der Energieversorgung, Dimensionierung von Ventilationssystemen und Druckluftsystemen, Vermeidung von Leckagen, Kaskadennutzung von Wärme usw.).		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	2072 PJ/a	
Technisches Potenzial	22%	451 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	5%	108 PJ/a	
Bemerkungen	Die Optimierung versteht sich auf den "systemischen Zusammenhang" – von der Energieversorgung über die primären Verbraucher, zur Regelung bis hin zu den optimal aufeinander abgestimmten Nutzenergieanwender. Dadurch entstehen Verbrauchsreduktionen bei allen Energieträgern. Typische Elektrizitäts- oder Brennstoff-Maßnahmen, die sich auf einzelne Komponenten beziehensind hier nicht eingerechnet. Die Abgrenzung zwischen komponentenorientierten und systemischen Maßnahmen ist allerdings nicht sehr scharf.		
Klärungsbedarf	Für die thermischen Effekte: Quantitative Ausgrenzung jener Anlagen, die dem EU ETS-System unterworfen und nicht Gegenstand der EDL-Richtlinie sind.		
Quellen	[Allplan 2005] [Basics 2006a/b] [Dehli 1998] [FHG ISI 1999, 2003 und 2006] eigene Berechnungen		



Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Die Prozessoptimierung erfordert unter Umständen eine relativ tiefgreifende Umgestaltung von Produktionsprozessen. Soweit es um Prozesse mit Infrastrukturcharakter handelt (etwa Druckluft), kann eine vom eigentlichen Produktionsprozess unabhängige Optimierung vorgenommen werden (vgl. auch die Berichterstattung zur abgeschlossenen Kampagne "Druckluft effizient").	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Obwohl der "systemische" Ansatz bei der rationellen Energieverwendung von der Industrie favorisiert wird, besteht generell ein Mangel an Experten.	3
Rechtliche Hemmnisse	z.T. Umwelt- und Sicherheitsauflagen (z.B. Explosionsschutz in der chemischen Industrie)	2
Finanzierung	z.T sehr einschränkende betriebsinterne Pay-Back Vorgaben	4
Organisation (Verantwortung)	Betriebsinterne Strukturen können die Prozessoptimierung erschweren	3
(Akteursebene)	ev. mangelnde Motivation und/oder Vorbehalte in funktionierende Prozesse einzugreifen	3

Maßnahme	Paket (Maßnahmen 1 - 17)		
Sektor/WZ & Anwendung	IND	Alle Anwendungen	Strom, Brennstoffe
Kurzbeschreibung	Alle Maßnahmen ohne Überschneidungen		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Pot.
PJ/a			Wirt. Pot.
Istverbrauch	100%	2529 PJ/a	
Technisches Potenzial	25%	623 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	14%	352 PJ/a	
Bemerkungen	Die angegebenen Potenziale umfassen keine Prozess- oder Produktesubstitution, stellen also tendenziell eine Unterschätzung der Gesamtpotenziale dar.		
Klärungsbedarf	Quantitative Ausgrenzung jener Anlagen, die dem EU ETS-System unterworfen und nicht Gegenstand der EDL-Richtlinie sind		
Quellen	siehe die entsprechenden Angaben bei den Einzelmaßnahmen sowie eigene Berechnungen		



Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Siehe alle vorangehenden Bemerkungen	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Gesamthaft ist ein mittleres Knowhow-Defizit auszumachen, bei KMU's ein grösseres. Das Konzept der "life cycle costs" wird bei energieverbrauchenden Anlagen grundsätzlich zu wenig angewandt.	3
Rechtliche Hemmnisse	Gesamthaft geringe Hindernisse; bei einzelnen Vorhaben aber bis 4 (Garantieleistungen, behördliche Auflagen u.a.)	2
Finanzierung	Im Sinne einer Gesamteinschätzung stellt die Finanzierung grundsätzlich ein Problem dar: Restriktive Pay-Back-Vorgaben (zum Teil unter einem Jahr!), alternative Mittelverwendung, Budgetrestriktionen, hohe Transaktionskosten reduzieren die Realisierungsmöglichkeiten von Effizienzmaßnahmen.	4
Organisation (Verantwortung)	Oft stellen geteilte Verantwortlichkeiten im Betrieb ein wichtiges Hindernis zur Realisierung an sich wirtschaftlicher Maßnahmen dar (in dem z.B. der Technische Leiter einen sicheren, qualitativ hochstehenden Betrieb anstrebt, der Einkäufer auf niedrige Beschaffungskosten achtet usw.).	2
(Akteursebene)	Oft mangelt es an der Bestellerkompetenz in Bezug auf Energieeffizienz; andere Spezifikationen stehen im Vordergrund	3

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Die Biotechnologie verlangt ein völlig neues Prozessdesign. Ihre Anwendung ist vom allem im Nahrungsmittelbereich zum Teil umstritten. Neue Prozesskonfiguration können aufwändige Prüfverfahren durch Aufsichtsbehörden nachsichziehen.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Die relevanten Akteure (Planer, Anlagendesigner) verfügen weitgehend über das nötige Knowhow.	2
Rechtliche Hemmnisse	Behördliche Genehmigungsverfahren können im Vergleich zu herkömmlichen Prozessen zu grösseren Verzögerungen führen.	4
Finanzierung	Wenn mit dem neuen Verfahren auch produktemässige Verbesserungen oder neue Differenzierungen möglich sind, dann stellt die Finanzierung kaum ein Problem dar.	1
Organisation (Verantwortung)	-	-
(Akteursebene)	"Klassische" Produktionsverfahren werden beherrscht und haben vor allem beim technischen Personal entsprechende Befürworter. Neuen Verfahren wird eher mit Skepsis begegnet.	3



12. Transport & Verkehr (VERK): Maßnahmen

Maßnahme	Einführung Pkw-Maut auf Bundesautobahnen (Variante 1)	
Sektor/Zielsegment	Verkehr	Pkw-Fahrleistungen auf Bundesautobahnen
Kurzbeschreibung	Die Maßnahme dient primär der Neuordnung der Abgabensysteme des Verkehrs und der Nutzerfinanzierung der Straßeninfrastruktur. Energieeinsparungen (als Lenkungseffekt) sind eine Nebenwirkung.	
PJ/a		Istverbrauch
PJ/a		Erwartungswert / wirt. Potenzial
Istverbrauch	100%	433 PJ/a
Wirtschaftliches Potenzial	3%	11 PJ/a
Bemerkungen	<p><i>Grundlagen und Annahmen zur Maßnahmenwirkung ¹⁾:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pkw-Fahrleistungen auf BAB: 167 Mrd. Pkw-km [1] • Pkw-Maut von 1 Cent/Pkw-km (Annahme) • Durchschnittsverbrauch eines Pkw: 0,08 l/Pkw-km [2] • Durchschnittskraftstoffpreis von 1,03 EUR/l [2] • Preiselastizität im PersV: -0,2 [3] <p>Km-Preis: 8 Cent/Pkw-km + 1Cent Maut = 9 Cent/Pkw-km</p> <p>¹⁾ Alle Grundlagendaten beziehen sich vereinbarungsgemäß auf das Jahr 2002</p> <p>Der Energie-Istverbrauch wird anhand der Pkw-Fahrleistungen auf BAB und der in [4] für den MIV insgesamt berechneten Energieverbräuche entsprechend anteilig berechnet. Die Pkw-Maut ist eine ökonomische Maßnahme, die über den Preis das Verkehrsverhalten (und nicht die Technik des Fahrzeugs) beeinflussen soll. Es ist daher nicht als "technisches" Potenzial zu bezeichnen. Hier wird der Begriff "Erwartungswert" gewählt, der auch dem "wirtschaftlichen" Potenzial entspricht. Zu erwartende Verhaltensänderungen spiegeln sich in der Preiselastizität, die im Personenverkehr (mit -0,2) als vergleichsweise "unelastisch" gilt.</p> <p>Auf Basis der getroffenen Annahmen errechnen sich Energieeinsparpotenziale wie folgt:</p> $E_n = E_v \times (9/8)^{-0,2} = 422 \text{ PJ} \quad ? \quad 422/433 = 97,5\% \quad ? \quad 2,5\% \text{ oder}$ <p>absolut = 10,5 PJ Energieeinsparung</p> <p>Legende: En ... Energieverbrauch nach Einführung der Maßnahme Ev ... Ausgangswert Energieverbrauch des Segments Pkw-Fahrleistungen auf BAB (433 F</p>	

Klärungsbedarf	Auswirkungen der Höhe der Pkw-Maut auf tatsächliche Nachfrageveränderungen im Personenverkehr, d.h. die Höhe der Preiselastizität.	
Quellen	[1] ProgTrans 2007 [2] BMVBW 2004/2005 [3] INFRAS 1998 [4] DLR 2006 Eigene Berechnungen	
Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Akzeptanzprobleme bei Verkehrsteilnehmern, erhebliche Widerstände bei Automobilindustrie und -verbänden, korrekte Bepreisung und Umlegung auf den Verursacher schwierig. Möglichkeiten zur Erhöhung der Akzeptanz: Absenkung der Kfz-Steuer, garantierte Zweckbindung der Einnahmen aus der Pkw-Maut und gezielte Aufklärungs- und Informationskampagnen	
Hemmnisstruktur		Bewertung
Information & Knowhow	Nachvollziehbare Grundlage für eine verursachergerechte Bepreisung der Verkehrsteilnehmer fehlt derzeit noch, Mangelnde Einsicht in die Zweckmäßigkeit der Maßnahme	2
Rechtliche Hemmnisse	Rechtliche Grundlagen sind zu schaffen und Steuergerechtigkeit ist zu gewährleisten, Zweckbindung der Maut-Einnahmen ist zu garantieren, Datenschutzproblematik wie schon bei Lkw-Maut	2
Finanzierung	Erhebungssystem besteht bereits (Lkw-Maut), Finanzierung des Zusatzaufwands durch Betreibermodell, Refinanzierung der Maßnahme über Einnahmen	2
Organisation (Verantwortung)	Kooperation von öffentlicher Hand und privatem Unternehmen (PPP)	1
(Akteursebene)	Erhöhung der Mobilitätskosten für Pkw-Fahrer (Fahrzeug-Betriebskosten)	2

Maßnahme		Einführung Pkw-Maut auf Bundesautobahnen (Variante 2)	
Sektor/Zielsegment	Verkehr	Pkw-Verkehr auf Bundesautobahnen	
Kurzbeschreibung	Die Maßnahme dient primär Neuordnung der Abgabensysteme des Verkehrs und der Nutzerfinanzierung der Straßeninfrastruktur. Energieeinsparungen sind (als Lenkungseffekt) eine Nebenwirkung.		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Erwartungswert / wirt. Potenzial
Istverbrauch	100%	433 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	4%	19 PJ/a	
Bemerkungen	<p><i>Grundlagen und Annahmen zur Maßnahmenwirkung:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pkw-Fahrleistungen auf BAB: 167 Mrd. Pkw-km [1] • Pkw-Maut von 2 Cent/Pkw-km • Durchschnittsverbrauch eines Pkw: 0,08 l/Pkw-km [2] • Durchschnittskraftstoffpreis von 1,03 EUR/l [2] • Preiselastizität im PersV: -0,2 [3] <p>Km-Preis: 8 Cent/Pkw-km + 2Cent Maut = 10 Cent/Pkw-km</p> <p>Der Energie-Istverbrauch wird anhand der Pkw-Fahrleistungen auf BAB und der in [4] für den MIV insgesamt berechneten Energieverbräuche entsprechend anteilig berechnet. Die Pkw-Maut ist eine ökonomische Massnahme, die über den Preis das Verkehrsverhalten (und nicht die Technik des Fahrzeugs) beeinflussen soll. Es ist daher nicht als "technisches" Potenzial zu bezeichnen, sondern als Erwartungswert, der dem "wirtschaftlichen" Potenzial entspricht. Zu erwartende Verhaltensänderung spiegeln sich in der Preiselastizität, die im Personenverkehr (mit -0,2) als vergleichsweise "unelastisch" gilt. Auf Basis der getroffenen Annahmen errechnen sich Energieeinsparpotenziale wie folgt:</p> <p>$En1 = Ev \times (10/8)^{-0,2} = 414 \text{ PJ} ? 414/433 = 95,6\%? 4,4\%$ oder absolut = 19 PJ Energieeinsparung</p> <p>Legende: En ... Energieverbrauch nach Einführung der Maßnahme Ev ... Ausgangswert Energieverbrauch des Segments Pkw-Fahrleistungen auf BAB (433 F</p>		

Klärungsbedarf	Auswirkungen der Höhe der Pkw-Maut auf tatsächliche Nachfrageveränderungen im Personenverkehr; d.h. die Höhe der Preiselastizität.	
Quellen	[1] ProgTrans 2007 [2] BMVBW 2004/2005 [3] INFRAS 1998 [4] DLR 2006 Eigene Berechnungen	
Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Akzeptanzprobleme bei Verkehrsteilnehmern, erhebliche Widerstände bei Automobilindustrie und -verbänden, korrekte Bepreisung und Umlegung auf den Verursacher schwierig. Möglichkeiten zur Erhöhung der Akzeptanz: Absenkung der Kfz-Steuer, garantierte Zweckbindung der Einnahmen aus der Pkw-Maut und gezielte Aufklärungs- und Informationskampagnen.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Nachvollziehbare Grundlage für eine verursachergerechte Bepreisung der Verkehrsteilnehmer fehlt noch, Mangelnde Einsicht in die Zweckmäßigkeit der Maßnahme	2
Rechtliche Hemmnisse	Rechtliche Grundlagen sind zu schaffen, Steuergerechtigkeit ist zu gewährleisten, Zweckbindung der Maut-Einnahmen ist zu garantieren, Datenschutzproblematik wie schon bei Lkw-Maut	2
Finanzierung	Erhebungssystem besteht bereits (Lkw-Maut), Finanzierung des Zusatzaufwands durch Betreibermodell, Refinanzierung der Maßnahme über Einnahmen	2
Organisation (Verantwortung)	Kooperation von öffentlicher Hand und privatem Unternehmen (PPP)	1
(Akteursebene)	Erhöhung der Mobilitätskosten für Pkw-Fahrer (Fahrzeug-Betriebskosten)	3

Maßnahme		Erhöhung Lkw-Maut auf Bundesautobahnen	
Sektor/Zielsegment	Verkehr	Lkw-Verkehr (>12t zGG) auf Bundesautobahnen	
Kurzbeschreibung	Die Maßnahme dient primär Neuordnung der Abgabensysteme des Verkehrs und der Nutzerfinanzierung der Straßeninfrastruktur. Energieeinsparungen sind ein Nebeneffekt.		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Erwartungswert / wirt. Potenzial
Istverbrauch	100%	201 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	1%	3 PJ/a	
Bemerkungen	<p><i>Grundlagen und Annahmen zur Maßnahmenwirkung:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Lkw-Fahrleistungen auf BAB: 23 Mrd. Lkw-km (Lkw ab 12 t zGG) [1] • Lkw-Maut Ist: 12,4 Cent/Lkw-km; Soll: 13,5 Cent/Lkw-km (Annahme) • Durchschnittsverbrauch eines Lkw ab 12 t zGG: 0,32 l/Lkw-km [2] • Durchschnittskraftstoffpreis von 0,84 EUR/l Diesel [3] • Preiselastizität im GV: -0,6 [4] <p>Km-Preiserhöhung 1. Stufe: 26,8 + 12,4 = 39,2 Cent/Lkw-km Km-Preiserhöhung 2. Stufe: Mauterhöhung um + 1,1 Cent = 40,3 Cent/Lkw-km</p> <p>Der Istverbrauch wurde zunächst auf Basis der Lkw-Fahrleistungen und des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs ohne Maut berechnet (=253 PJ) und darauf aufbauend wurde der Effekt der Preiserhöhung mit Maut ermittelt (= 201,3 PJ), der in oben stehender Darstellung als fiktiver Istverbrauch (2002 gab es noch keine Maut) eingesetzt wird. Die Maßnahme konzentriert sich auf die geplante Mauterhöhung um durchschnittlich 1,1 Cent auf 13,5 Cent/Lkw-km. Die Lkw-Maut ist eine ökonomische Maßnahme, die - neben der Nutzerfinanzierung der Verkehrsinfrastruktur - über den Preis das Verkehrsverhalten beeinflussen soll. Es wird daher nicht als "technisches", sondern als "Erwartungswert" bezeichnet, der dem "wirtschaftlichen" Potenzial entspricht. Zu erwartende Verhaltensänderungen spiegeln sich in der Preiselastizität, die im Straßengüterverkehr (mit -0,6) als vergleichsweise "elastisch", d.h. preissensibel gilt. Auf Basis der getroffenen Annahmen errechnen sich Energieeinsparpotenziale wie folgt:</p> $E_n = E_v \times (40,4/39,3)^{-0,6} = 198 \text{ PJ} \quad ? \quad 198/201,3 = 98,4 \% \quad ? \quad 1,6\% \text{ oder absolut} = 3,2 \text{ PJ}$ <p>Legende: En ... Energieverbrauch nach Einführung der Maßnahme Ev ... Ausgangswert Energieverbrauch des Segments Lkw-Fahrleistungen auf BAB (201 F</p>		

Klärungsbedarf	Auswirkungen der Höhe der Lkw-Maut auf tatsächliche Nachfrageveränderungen im Straßengüterverkehr, d.h. die Höhe der Preiselastizität.	
Quellen	[1] ProgTrans AG [2] Schätzung anhand von DIW Wochenbericht Nr. 32/2006 [3] BMVBW Verkehr in Zahlen 2004/2005 [4] INFRAS 1998 Eigene Berechnungen	
Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Möglichkeiten zur Erhöhung der Akzeptanz: Absenkung der Kfz-Steuer, garantierte Zweckbindung der Einnahmen aus der Lkw-Maut und gezielte Aufklärungs- und Informationskampagnen	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Nachvollziehbare Grundlage für eine verursachergerechte Bepreisung der Verkehrsteilnehmer in Arbeit, Mangelnde Einsicht in die Zweckmäßigkeit der Maßnahme	1
Rechtliche Hemmnisse	Gesetzliche Grundlagen sind zu schaffen, Steuergerechtigkeit ist zu gewährleisten, Zweckbindung der Maut-Einnahmen ist zu garantieren, Datenschutzproblematik	1
Finanzierung	Erhebungssystem besteht bereits (Lkw-Maut), Finanzierung des Zusatzaufwands durch Betreibermodell, Refinanzierung der Maßnahme über Einnahmen	1
Organisation (Verantwortung)	Kooperation von öffentlicher Hand und privatem Unternehmen (PPP)	1
(Akteursebene)	Erhöhung der Fahrzeugbetriebskosten	2

Maßnahme	Alternierendes Sonntagsfahrverbot für MIV, alle Straßen	
Sektor/Zielsegment	Verkehr	MIV
Kurzbeschreibung	Die Maßnahme konzentriert sich auf ein zeitlich begrenztes Fahrverbot, das über Aktionstage hinausgeht und ein Sonntagsfahrverbot für jeden zweiten Sonntag (alternierendes Sonntagsfahrverbot) über das ganze Jahr umfassen soll.	
PJ/a	1513	Istverbrauch
PJ/a	1455	Erwartungswert / wirt. Potenzial
	58	
Istverbrauch	100%	1513 PJ/a
Wirtschaftliches Potenzial	4%	58 PJ/a
Bemerkungen	<p><i>Grundlagen und Annahmen zur Maßnahmenwirkung:</i> Energie-Istverbrauch des Segment MIV: 1515 PJ [1] Einsparpotenzial des alternierenden Sonntagsfahrverbots 3,8% des Gesamtverbrauchs des MIV [2]</p> <p>Zu berücksichtigen ist, dass die Maßnahme voraussichtlich eine Verlagerung eines Teils der Sonntagsfahrleistungen auf Samstag bewirkt, dies schmälert den Effekt von rd. 7 % (26 Sonntage von 365 Tagen = 7%) auf 3,8% Einsparpotenzial. Die ordnungspolitische Maßnahme zielt unmittelbar auf das Verkehrsverhalten. Es handelt sich daher nicht um ein "technisches", sondern um ein "wirtschaftliches" Potenzial.</p>	
Klärungsbedarf	Tatsächliche Verlagerungsverkehre von Sonntag auf Samstag oder andere Tage, Umfang der Ausnahmegenehmigungen, reale Einschränkung der Einspareffekte dieser Maßnahme.	
Quellen	[1] DLR 2006 [2] DIW 1997	

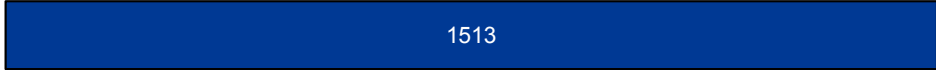

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Akzeptanzproblemen bei Verkehrsteilnehmern, Interessenskonflikte zwischen Umweltvertretern und Privatwirtschaft (z.B. Gastronomie)	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Informations und Motivationsdefizite	2
Rechtliche Hemmnisse	Ordnungsrechtliche Grundlage für Fahrverbote ist zu schaffen; Ausnahmegenehmigung für bestimmte Verkehre (Krankenwagen, Feuerwehr, Polizei)	2
Finanzierung	Low-cost-Maßnahme; Überwachungskosten	2
Organisation (Verantwortung)	Vertikale Koordination zwischen Bund, Ländern und Kommunen bei Umsetzung und Überwachung	2
(Akteursebene)	geringe Akzeptanz	5

Maßnahme		Umfassendes Tempolimit auf Bundesautobahnen für Pkw	
Sektor/Zielsegment	Verkehr	MIV auf Bundesautobahnen	
Kurzbeschreibung	Beschränkung der Geschwindigkeit auf dem Teil des Autobahnnetzes, der heute noch kein Tempolimit aufweist, auf 120 km/h. □		
PJ/a	433		Istverbrauch
PJ/a	419		Erwartungswert / wirt. Potenzial
	14		
Istverbrauch	100%	433 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	3%	14 PJ/a	
Bemerkungen	<p><i>Grundlagen und Annahmen zur Maßnahmenwirkung:</i> Pkw-Fahrleistungen auf BAB: 167 Mrd. Fzkm [1] diese entsprechen 28,6 % der Pkw-Fahrleistungen insgesamt (584 Mrd. Fzkm [2]) Ist-Energieverbrauch: 433 PJ (28,6 % von 1513 PJ nach [3]) Energieeinspareffekte eines Tempolimits von 120 km/h für Pkw auf Autobahnen liegen bei ca. 10 % [4] 50% der BAB ohne Tempolimit, d.h. 50% der Pkw-Fahrleistungen auf BAB kommen in Betracht, 80% davon fahren schneller als 120 km/h, Befolgungsgrad eines Tempolimits von 120 km/h: 80%. Somit beläuft sich der maßnahmenrelevante Fahrleistungsanteil auf 32% = 53,4 Mrd. Fzkm mit einem Istverbrauch von 138,6 PJ. 10% Reduktionspotenzial ergeben somit 13,9 PJ.</p> <p>Die Maßnahme betrifft - wie obige Grundlagen und Annahmen ausweisen - ein relativ kleines Segment der Pkw-Fahrleistungen auf Autobahnen. Ein stärkeres Tempolimit von z.B. 100 km/h scheint u. E. nicht zielführend, denn dann wären spürbare Verlagerungseffekte auf die Bundesstraßen zu erwarten, es sei denn, es würde gleichzeitig eine Senkung des bestehenden Tempolimits auf Bundesstraßen eingeführt.</p>		
Klärungsbedarf	Real gefahrene Geschwindigkeiten auf unlimitierten Autobahnstrecken, Befolgungsgrad von Tempolimits, Überwachungskosten		
Quellen	[1] ProgTrans 2007 [2] DIW 1997 [3] DLR 2006 [4] UBA 2003 eigene Berechnungen und Abschätzungen		

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Akzeptanz der Maßnahme, Konflikte zwischen verschiedenen Interessensgruppen (z.B. Automobilindustrie und Umweltverbänden)	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Informations- und Motivationsdefizite	2
Rechtliche Hemmnisse	Rechtliche Grundlagen schaffen (Strafen, Umsetzung festlegen etc.)	2
Finanzierung	Low-cost-Maßnahme: Investitionen in neue Beschilderung/Signalisation nicht erforderlich, Überwachungskosten (ggf. zusätzliche Überwachungseinrichtungen)	1
Organisation (Verantwortung)	Vereinfachung bezüglich Beschilderung, wenn Geschwindigkeitsbeschränkung gesetzlich auf allen Autobahnstrecken festgelegt ist.	1
(Akteursebene)	Befolgungsgrad hängt von Einsicht und Umfang der Sanktionen ab	4

Maßnahme		Verbesserung der Fahrradwege und -netze	
Sektor/Zielsegment	Verkehr	MIV, Modal Shift zugunsten des Radverkehrs	
Kurzbeschreibung	Durch Ausbau, Erhalt und Neubau von Fahrradwegen und -netzen, sowie die Bereitstellung von Fahrrad-Mietgelegenheiten und Abstellplätzen sollen Autofahrer zur Nutzung des Fahrrads und zur ressourcensparenden Verkehrsmittelwahl angeregt werden. Zielgruppe sind insbesondere die Pkw-Fahrer, die selbst kurze Wege mit dem Auto zurücklegen. (Untersuchungen haben gezeigt, dass ca. 50% aller Fahrten mit einem Pkw sind kürzer als 6 km).		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Erwartungswert / wirt. Potenzial
Istverbrauch	100%	1513 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	3%	41 PJ/a	
Bemerkungen	<p><i>Grundlagen und Annahmen zur Maßnahmenwirkung:</i> Zielsegment sind Pkw-Fahrleistungen innerorts. Da diese Daten so nicht vorliegen, werden sie näherungsweise ermittelt, indem von den Pkw-Fahrleistungen insgesamt (= 584 Mrd. Pkw-km) die Pkw-Fahrleistungen auf BAB und BS außerorts (= 259,4 Mrd. Pkw-km [2] abgezogen werden; so ergeben sich 324,6 Mrd. Pkw-Km innerorts inkl. Nicht-BS außerorts. 5% dieser Fahrleistungen, bzw. rd. 16 Mrd. Pkw-km werden durch die Maßnahme reduziert ([3] und Annahme) Dies entspricht rd. 3% der Pkw-Fahrleistungen insgesamt [4].</p> <p>Da es sich um ein verhaltensbasiertes Einsparpotenzial handelt, kann es nicht als "technisches", sondern wird als "Erwartungswert"/ "wirtschaftliches" Potenzial betrachtet. Als Istverbrauch wurde oben der Energieverbrauch der MIV-Fahrleistungen insgesamt dargestellt und nicht der Energieverbrauch des MIV innerorts, da hierfür keine Angaben vorliegen [4]; aufgrund der unterschiedlichen Fahrweisen innerorts und außerorts sind die spezifischen Energieverbräuche sehr unterschiedlich und können nicht anhand von Fahrleistungsanteilen abgeschätzt werden.</p>		
Klärungsbedarf	Wirkungszusammenhang zwischen Verbesserung der Fahrradinfrastruktur und Verlagerung von Pkw-Fahrten auf das Fahrrad.		
Quellen	[1] BMVBW 2004/5 [2] ProgTrans 2007 [3] UBA 2003, BREG 2000, WGU 2006 [4] DLR 2006		



Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Individuelle Bereitschaft und körperliche Verfassung, Topografie, Witterung	
Hemmnisse		
Information & Knowhow	Informationsdefizite über den Nutzen des Fahrradfahrens (Kosten-, Energieeinsparung, Verkehrssicherheit, Gesundheit) weitgehend abgebaut	1
Rechtliche Hemmnisse	keine	1
Finanzierung	Monetäre Aufwendungen im Vergleich zur Infrastruktur für den MIV gering, aber i.d.R. von den Kommunen zu leisten.	2
Organisation (Verantwortung)	Zuständige Gebietskörperschaften müssen dem "Langsamverkehr" eine höhere Priorität einräumen und diese Strategie unterstützen.	2
(Akteursebene)	keine Hemmnisse, relativ hohe Akzeptanz, abgesehen von Einschränkungen wie unter "Kurzbeschreibung" benannt.	1

Maßnahme		Mobilitätsmanagement für MIV	
Sektor/Zielsegment	Verkehr	MIV	
Kurzbeschreibung	<p>Unter dem Oberbegriff "Mobilitätsmanagement" werden verschiedene Maßnahmen zusammengefasst, die das Ziel haben, Unternehmen, Institutionen und Private zu motivieren, die verschiedenen Verkehrsmittel energiesparend zu nutzen. Hauptstoßrichtung der Maßnahmen ist die Reduktion des individuellen Energieverbrauchs für Mobilität durch <u>kombinierte Nutzung von Verkehrsmitteln</u> (z.B. CarSharing und ÖV), dazu gehören auch Fahrrad- und Fußgänger-Aktionen sowie Beratungsangebote, z.B. Mobilitätszentralen, um die Verkehrsmittelwahl vor dem Antritt einer Fahrt zu unterstützen.</p>		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Erwartungswert / wirt. Potenzial
Istverbrauch			1513 PJ/a
Wirtschaftliches Potenzial			9 PJ/a
Bemerkungen	<p>Grundlagen und Annahmen zur Maßnahmenwirkung: Pkw-Fahrleistungen innerorts (inkl. Nicht-BS außerorts): 324,6 Mrd. Pkw-km [1] Einsparung an Fahrleistungen innerorts durch die Maßnahme: 1% oder 3,2 Mrd. Pkw-km [2] Energieverbrauch MIV insgesamt (inner- und außerorts): 1513 PJ [3] Energieeinsparung entsprechend der Reduktion der Fahrleistungen (=0,6%)</p> <p>Aufgrund der Unterschiedlichkeit der zu subsummierenden Einzelmaßnahmen sind pauschale Angaben zu den Energieeinsparpotenzialen kaum möglich. Obige Abschätzung des Energieeinsparpotenzials orientiert sich an einem schwedischen Beispiel: In Lund, einer Universitätsstadt in Südschweden, konnten durch Mobilitätsmanagement ca. 4 Mio. Pkw-km in einem Jahr eingespart werden. Dies entspricht einer Reduktion der Fahrleistung im gesamten motorisierten Personenverkehr der Stadt um ca. 1% . In der Schweiz wurden verschiedene Mobilitätsmanagement-Maßnahmen untersucht, wobei insbesondere bei teilnehmenden Akteuren an CarSharing-Maßnahmen inkl. Kopplung mit ÖV eine Senkung ihres jährlichen Benzinverbrauchs um ca. 30% ermittelt wurde [4]. Solche Beispiele lassen sich aber nicht verallgemeinern.</p>		

Klärungsbedarf	Quantitative Abschätzung der durch konkrete Mobilitätsmanagement-Maßnahmen induzierten verkehrlichen Wirkung sowie Modal-Split-Veränderung zugunsten des ÖV (aufgrund der ungenügenden Datenlage bisher nicht möglich), Dauerhaftigkeit der Veränderungen des Verkehrsverhaltens?	
Quellen	[1] ProgTrans 2007 [2] INT 2004b, eigene Berechnungen [3] DLR 2006 [4] INFRAS 1998 Eigene Berechnungen	
Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Mobilitätsmanagement bedarf der Kooperation zwischen verschiedenen Partnern, wie beispielsweise Gebietskörperschaften, Institutionen, Verkehrsunternehmen und Privaten auch über Gebietsgrenzen hinaus.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Informations- und Motivationsdefizite	2
Rechtliche Hemmnisse	teilweise versicherungsrechtliche Probleme	2
Finanzierung	Bund und Drittmittel, u.U. personalintensiv, deshalb teuer	3
Organisation (Verantwortung)	Breit gefächerte Trägerschaft erfordert Koordinationsaufwand über Kreis- und Ländergrenzen hinaus	3
(Akteursebene)	Freiwilligkeit, Einsicht in Nutzen der Teilnahme an MM-Angeboten	2

Maßnahme		Kommunikationsmaßnahmen, Imagekampagnen	
Sektor/Zielsegment	Verkehr	Motorisierter Straßenverkehr (PV und GV)	
Kurzbeschreibung	Die Maßnahme umfasst Marketingstrategien und Informationskampagnen, die energie- und umweltbezogene Verkehrsmaßnahmen <u>unterstützen</u> sollen. Die Hauptaufgabe ist es, die Akzeptanz in der Öffentlichkeit, sowie die Einsicht in die Notwendigkeit bestimmter Maßnahmen zu erhöhen.		
PJ/a			
PJ/a	2258	47	Erwartungswert / wirt. Potenzial
Istverbrauch	100%	2305 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	2%	47 PJ/a	
Bemerkungen	<p><i>Grundlagen und Annahmen zur Maßnahmenwirkung:</i> Zielsegment ist der motorisierte Straßenpersonen- und -güterverkehr insgesamt mit einem Energie-Istverbrauch von 2305 PJ [1] Durch die Maßnahme können im Straßenverkehr insgesamt ca. 2% an Kraftstoff eingespart werden [2]</p> <p>Informations-, Kommunikations- und Imagekampagnen dienen der Bewußseinsbildung und der Sensibilisierung für eine umweltfreundliche Mobilität; häufig werden derartige Kampagnen unter das Motto "Intelligente Mobilität" gestellt und begleiten eine Vielzahl an Projekten und Maßnahmen. Die Quantifizierung und eindeutige Zuordnung der energiesparenden Wirkung zu einer bestimmten Kampagne ist daher schwierig.</p>		
Klärungsbedarf	Besonders schwierig ist die Abgrenzung zwischen Initialeffekt der Maßnahme und Multiplikatorwirkung und damit auch die eindeutige Zuordnung von Wirkungen auf eine konkrete Aktion.		
Quellen	[1] DLR 2006 [2] WGU 2006		




Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Maßnahme und ihre Wirkungen werden häufig nicht ernst genommen und deshalb unterlassen oder halbherzig umgesetzt.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Bedeutung der Maßnahme wird unterschätzt. Der Nutzen, den sie insbesondere als Unterstützungs- und Begleitmaßnahme bei der Umsetzung von Mobilitätskonzepten stiften, ist monetär nicht bezifferbar.	1
Rechtliche Hemmnisse	keine	1
Finanzierung	Die Kosten hängen vor allem von der Intensität und dem Umfang beschriebener Kampagnen ab.	2
Organisation (Verantwortung)	Verschiedene Maßnahmenträger; Koordination verbesserungsbedürftig	2
(Akteursebene)	Informationsbedarf groß	1

Maßnahme		Fahrertraining für MIV-Fahrer	
Sektor/Zielsegment	Verkehr	Motorisierter Straßenpersonenverkehr (MIV)	
Kurzbeschreibung	Förderung des kraftstoffsparenden Fahrens; insbesondere Vielfahrer und Fahrer, die häufig weite Strecken mit motorisierten Fahrzeugen zurücklegen, sollen durch gezieltes Fahrtraining eine energiesparende Fahrweise ("Eco-driving") erlernen und beibehalten.		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Erwartungswert / wirt. Potenzial
Istverbrauch	100%	530 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	10%	53 PJ/a	
Bemerkungen	<p><i>Grundlagen und Annahmen zur Maßnahmenwirkung:</i> Zielsegment ist der MIV mit einem Istverbrauch von 1513 PJ [1], 35% dieser Zielgruppe werden durch die Maßnahme erreicht bzw. macht sich Eco-driving zu eigen [2]; Energie-Istverbrauch 530 PJ. Der Maßnahme wird ein Einsparpotenzial von durchschnittlich 10% unterstellt (Kraftstoffverbrauch eines geschulten Fahrers gegenüber demjenigen eines ungeschulten Fahrers) (Annahme auf Basis von [2] [3])</p> <p>Die Maßnahme zielt nicht auf die technischen Eigenschaften des Fahrzeugs, sondern beeinflusst das individuelle Fahrverhalten. Die in der Literatur zu findenden Angaben weisen eine relativ große Spannweite der Reduktionspotenziale des kraftstoffsparenden Fahrens auf (6% bis 25%) [2] [3]. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die jeweiligen realen Bedingungen (z.B. Straßenklassifikation, innerorts/außerorts, Stau) einen großen Einfluss auf die Potenziale haben.</p>		
Klärungsbedarf	Einfluss von Verbrauchsanzeigen im Fahrzeug auf das Fahrverhalten; Dauerhaftigkeit des kraftstoffsparenden Fahrens.		
Quellen	[1] DLR 2006 [2] UBA 2003 [3] INET 2006b, WGU 2006		

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Akzeptanz- und Imageprobleme, mangelnde Einsicht in die Zweckmäßigkeit der Maßnahme.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Informationsdefizite über die Auswirkungen der individuellen Fahrweise auf die Wirtschaftlichkeit und die Umwelt; Imageverbesserung des verbrauchsarmen Fahrverhaltens.	2
Rechtliche Hemmnisse	Rechtliche Grundlagen bzw. Anreize schaffen	2
Finanzierung	Finanzierung von Informations-, Beratungs-, Schulungs- und Motivationsprojekten durch öffentliche Hand und Unternehmen; ggf. Refinanzierung durch erhöhte Kursgebühren.	1
Organisation (Verantwortung)	Integration in Fahrschul Ausbildung (verbindlich vorgeschrieben für Fahrausbildung und Fahrerlaubnisprüfung), Gutscheine für Fahrertraining beim Kauf eines neuen Fahrzeugs bzw. günstigere Versicherungsprämien nach Durchführung eines solchen Trainings, Unterstützung durch Anzeigen im Kraftfahrzeug (Energieverbrauch etc.).	2
(Akteursebene)	Selbstverantwortung der FahrerInnen, Kosten für FahrerInnen z.B. Kursgebühren, werden durch Einsparungen beim Benzinverbrauch kompensiert.	2

Maßnahme		Optimierung herkömmlicher Antriebe und Kraftstoffe PV	
Sektor/Zielsegment	Verkehr	Straßenpersonenverkehr (PV)	
Kurzbeschreibung	Einsatz sparsamer Benzin- und Dieselmotoren bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren; neue Kraftstoffmischungen. Motorentchnologien: z.B. Motor-Downsizing, Turbo- oder Kompressoraufladung, Benzin-Direkteinspritzung, Weiterentwicklung der Einspritzsysteme bei Dieselmotoren. Kraftstoffe: z.B. Beimischung von Biokraftstoffen zu fossilen Kraftstoffen		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Potenzial
PJ/a			Wirt. Potenzial
Istverbrauch	100%	1513 PJ/a	
Technisches Potenzial	10%	151 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	7%	106 PJ/a	
Bemerkungen	<p><i>Grundlagen und Annahmen zur Maßnahmenwirkung:</i> Zielsegment ist der MIV mit einem Istverbrauch von 1513 PJ [1] Technisches Reduktionspotenzial 10% [1]</p> <p>Das oben ausgewiesene technische Potenzial ist das kurzfristig maximal mögliche Einsparpotenzial. Das wirtschaftliche Potenzial spiegelt sich in der Marktdurchdringung von Fahrzeugen mit verbesserten Antrieben. Diese wiederum hängt ab von einem Ausbalancieren realistischer Verkaufspreise der verbesserten Fahrzeuge einerseits und den mit vertretbaren Kosten der Industrie installierten Neuentwicklungen andererseits. Es wird angenommen, dass zum Zeitpunkt der vollen Wirksamkeit der Maßnahme 70% der Fahrleistungen mit antrieboptimierten Fahrzeugen erbracht werden.</p>		
Klärungsbedarf	Die Potenziale können nicht eindeutig beziffert werden, weil es sich meist um Weiter- und Neuentwicklungen handelt; hinzu kommt, dass durch die Verknüpfung verschiedener technischer Neuerungen die kombinierten Reduktionspotenziale beeinflusst werden. Darüber hinaus wird auch der persönliche Fahrstil für den in der Praxis realisierten Verbrauchswert ausschlaggebend sein. Hier sind weitere Praxistests erforderlich.		
Quellen	[1] DLR 2006 [2] SRU 2005		

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	"Sparmobile" werden bisher erst schwach nachgefragt; der Trend geht ganz im Gegenteil zu leistungsstarken, schweren Fahrzeugen; Imageproblem, Anschaffungskosten höher.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	Energieverbrauchskennzeichnungspflicht für Pkw-Neuwagen besteht seit 2004, mangelndes Umweltbewusstsein, Informationsdefizite bezüglich Refinanzierung höherer Anschaffungskosten durch Einsparungen bei Kraftstoffverbrauch.	2
Rechtliche Hemmnisse	keine, ggf. könnte mit steuerlichen Anreizen die Nachfrage gestärkt werden.	1
Finanzierung	Forschungsförderung durch Bund, Industrie. Hohe Forschungs- und Entwicklungskosten (nicht eindeutig zurechenbar).	3
Organisation (Verantwortung)	Bund (Förderprogramme, Steuererleichterungen), Selbstverpflichtung der Automobilindustrie	2
(Akteursebene)	Anschaffungskosten für energieeffiziente Autos um bis zu 3500 EUR höher für Benzin-Spar-Pkw und von bis zu 1500 EUR höher für Diesel-Spar-Pkw [2], Refinanzierung durch Einsparung an Kraftstoffkosten.	2

Maßnahme		Optimierung herkömmlicher Antriebe und Kraftstoffe GV	
Sektor/Zielsegment	Verkehr	Straßengüterverkehr (GV)	
Kurzbeschreibung	Einsatz sparsamer Dieselmotoren bei Nutzfahrzeugen; neue Kraftstoffmischungen. Motorentchnologien: z.B. Dieselmotor D20 von MAN, SCR oder EGR Technologie Kraftstoffe: z.B. Beimischung AdBlue, Biokraftstoffe zu fossilen Kraftstoffen		
PJ/a			Istverbrauch
PJ/a			Tech. Potenzial
PJ/a			Wirt. Potenzial
Istverbrauch	100%	700 PJ/a	
Technisches Potenzial	5%	35 PJ/a	
Wirtschaftliches Potenzial	5%	33 PJ/a	
Bemerkungen	<p><i>Grundlagen und Annahmen zur Maßnahmenwirkung:</i> Zielsegment ist der Straßengüterverkehr mit einem Istverbrauch von 700,4 PJ [1] Technisches Reduktionspotenzial 5% [1]</p> <p>Das im Vergleich zum Pkw relativ geringe technische Reduktionspotenzial bringt zum Ausdruck, dass in der Vergangenheit bereits große Fortschritte bei der Reduktion des spezifischen Kraftstoffverbrauchs erzielt wurden. "Treiber" dieser Entwicklung waren die steigenden Kraftstoffpreise und die sukzessive Verschärfung der Emissionsgrenzwerte, wobei allerdings die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte teilweise auch wieder zu einem Anstieg des spezifischen Kraftstoffverbrauchs geführt hat. Das wirtschaftliche Potenzial spiegelt sich in der Marktdurchdringung von Fahrzeugen mit optimierten Antrieben. Es wird davon ausgegangen, dass zum Zeitpunkt der vollen Wirksamkeit der Maßnahme 95 % der Fahrleistungen mit optimierten Antrieben/Kraftstoffen erbracht werden.</p>		
Klärungsbedarf	Auswirkungen antriebstechnischer Maßnahmen zur Reduktion des Kraftstoffverbrauchs im realen Fahrbetrieb gegenüber Testergebnissen, Auswirkungen des Zusammenwirkens antriebstechnischer und anderer technischer Maßnahmen am Gesamtfahrzeug auf den Kraftstoffverbrauch.		
Quellen	[1] DLR 2006		

Hemmnisse		
Kurzbeschreibung	Die raschen Änderungen der Emissionsvorschriften, die die Abschreibungszeiträume für Nutzfahrzeuge z.T. noch überholen, bringen auch Investitionsunsicherheiten sowohl für Forschung und Entwicklung in der Automobilindustrie als auch für Nutzfahrzeugkäufer mit sich.	
Hemmnisstruktur		
Information & Knowhow	kein Hemmnis	1
Rechtliche Hemmnisse	Geschwindigkeit der Einführung neuer Abgasvorschriften bringt gewisse Unsicherheiten mit sich	2
Finanzierung	Forschungsförderung durch Bund, Industrie Hohe Forschungs- und Entwicklungskosten (nicht eindeutig einzelnen Maßnahmen zurechenbar).	3
Organisation (Verantwortung)	Bund (Förderprogramme, Steuererleichterungen), Selbstverpflichtung der Automobilindustrie	2
(Akteursebene)	Anschaffungskosten höher, Refinanzierung durch Einsparung an Kraftstoffkosten	2