

4.3.3 Potenziale und Optionen im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

4.3.3.1 Merkmale des Sektors und künftige Tendenzen

(642) Der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (im Folgenden GHD abgekürzt) ist außerordentlich heterogen strukturiert. Im Sinne der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung gehören zu ihm die Wirtschaftszweige Land- und Forstwirtschaft, Fischereien, Baugewerbe, Handel und Verkehr, Nachrichtenübermittlung, Dienstleistungen, Staat, private Einrichtungen ohne Erwerbscharakter sowie die industriellen Kleinbetriebe. Originäre statistische Grundlagen zur Erfassung des Energieverbrauchs in diesem heterogenen Sektor existieren nicht; in den Energiebilanzen errechnet sich der Energieverbrauch dieses Sektors zusammen mit demjenigen der privaten Haushalte im Grunde als „Restrechnung“. Dies ist bei einer Bewertung der Daten zum Bereich GHD zu berücksichtigen.

(643) Gegenwärtig (2000) ist der Sektor GHD (einschließlich militärischer Dienststellen) mit rd. 1.470 PJ oder mit etwa 16 % am gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland beteiligt; im Vergleich zu 1990, als es noch 1.700 PJ oder 18,5 % waren, hat also die energiewirtschaftliche Bedeutung tendenziell abgenommen (Tabelle 4–39). Dazu hat auch der Anfang der Neunzigerjahre starke Rückgang in den neuen Bundesländern beigetragen. Insgesamt rangiert der Bereich heute weit hinter dem der Industrie (Anteil 2000: 26,5 %), den privaten Haushalten (knapp 28 %) und dem Verkehr (rd. 30 %).

Tabelle 4–39: Merkmale des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen bezogen auf den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen: Ist-Entwicklung und Tendenzen unter Referenzbedingungen

	Einheit	1990	1995	2000	Zukünftige Tendenzen ¹⁾ 2000/2020	2020/2050
Energieverbrauch	PJ	1702,0	1614,0	1472,0	→	↘
Anteil am gesamten Endenergieverbrauch	%	18,5	16,9	15,9	↗	↘
Energieträgerstruktur						
Kohlen	%	16,9	3,2	0,8	↘	↘
Mineralprodukte	%	35,4	36,2	29,9	↘	↘
Gase	%	17,7	25,2	31,5	↗	↗
Strom	%	22,8	27,7	30,1	↗	↗
Fernwärme	%	7,2	7,7	7,7	↗	→
CO ₂ - Emissionen	Mio. t	90,4	68,4	59,8	→	↘
Anteil an den energiebedingten CO ₂ - Emissionen	%	9,2	7,8	7,2	↗	↘

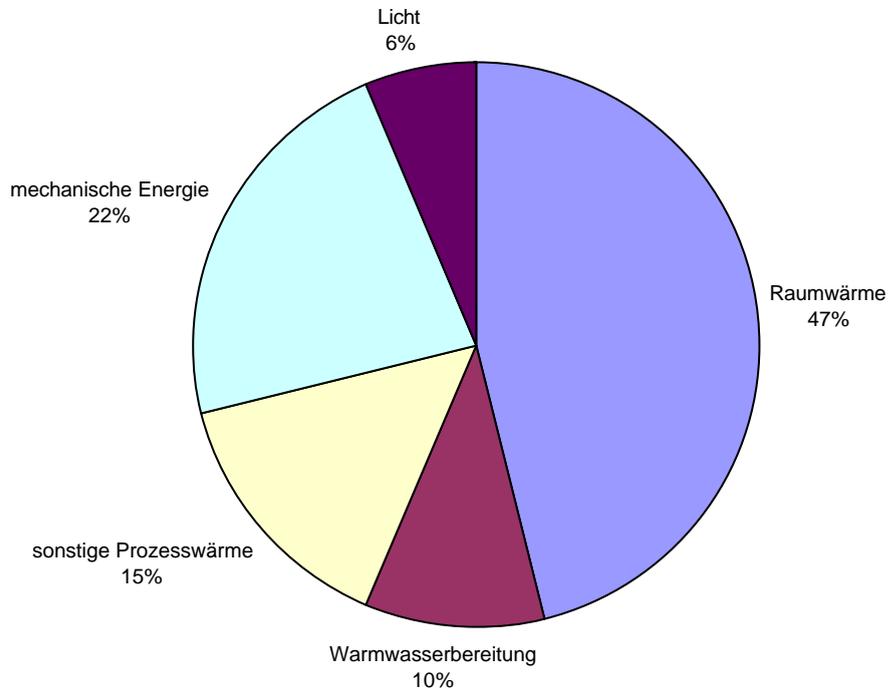
¹⁾ Nach dem Referenz-Szenario

Quellen: AG Energiebilanzen; VDEW;DIW

(644) Die Energieträger verteilten sich im Jahre 2000 recht gleichmäßig auf die Gase (überwiegend Erdgas) mit einem Anteil von 31,5 % sowie die elektrische Energie und Mineralölprodukte mit jeweils rd. 30 %; Fernwärme ist mit knapp 8 % beteiligt; Kohlen spielen praktisch keine Rolle mehr. In den vergangenen zehn Jahren hat sich damit eine grundlegende Änderung der Energieträgerstruktur vollzogen. Dabei verlief die Entwicklung eindeutig zu Lasten der Kohle und des Mineralöls, aber zu Gunsten vor allem von Erdgas und elektrischer Energie.

(645) Nach Anwendungszwecken (Abbildung 4–24) strukturiert dominiert der Energieeinsatz für die Raumheizung mit rd. 47 % (2000), gefolgt vom Bereich mechanische Energie (gut 22 %), der sonstigen Prozesswärme (14,5 %) sowie der Warmwasserbereitung (reichlich 10 %) und der Beleuchtung (etwa 6%). Damit ist beinahe die Hälfte des Energieverbrauchs von den Außentemperaturen abhängig; besonders stark trifft dies auf leichtes Heizöl, Fernwärme und Erdgas zu:

Abbildung 4–24: Endenergieverbrauch im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen nach Anwendungszwecken im Jahre 2000



(646) Gemessen an den gesamten CO₂-Emissionen in Deutschland spielen die *direkten* CO₂-Emissionen im Bereich GHD nur eine untergeordnete Rolle. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass hier die Energieträger Strom und Fernwärme einen vergleichsweise hohen Anteil (zusammen knapp 38 % des sektoralen Energieverbrauchs) aufweisen. Die Emissionen dieser Energieträger führen aber nicht in den Endenergiesektoren, sondern im Umwandlungsbereich zu Emissionen.

(647) Im Jahre 2000 dürften die CO₂-Emissionen im Bereich GHD rd. 60 Mio. t betragen haben; das waren etwa 30 Mio. t oder rd. ein Drittel weniger als 1990. Gemessen an den gesamten energiebedingten CO₂-Emissionen belief sich damit der Anteil des Sektors GHD im Jahre 2000 auf kaum mehr als 7 % (1990: gut 9 %).

(648) Infolgedessen sind die Möglichkeiten, im Sektor GHD einen nachhaltigen Beitrag zur Minderung der gesamten direkten CO₂-Emissionen zu leisten, begrenzt. Dabei dürfen freilich die Potenziale zur Minderung der indirekten CO₂-Emissionen nicht vernachlässigt werden, die sich auf dem Wege einer sparsameren und rationelleren Verwendung der elektrischen Energie und der Fernwärme auch in den Bereichen Gewerbe, Handel und Dienstleistungen ergeben.

Künftige Tendenzen nach dem Referenzszenario

(649) Nach den Ergebnissen des Referenzszenarios (vgl. Kapitel 4.1 und Tabelle 4–39) bleibt der Endenergieverbrauch im Sektor GHD bis 2020 weitgehend unverändert (+2,7 % gegenüber 2000), geht danach aber bis 2050 deutlich (um 9,4 %) zurück. Einen besonders starken Rückgang gibt es bei den Mineralölprodukten; der Einsatz von Erdgas und Strom ist auch noch im Jahre 2050 höher als 2000. Erneuerbare Energiequellen spielen unter den Bedingungen des Referenzszenarios auch langfristig in diesem Sektor keine wesentliche Rolle (Anteil am gesamten sektoralen Endenergieverbrauch im Jahre 2050: knapp 2 %).

(650) Die CO₂-Emissionen dürften bis 2020 nur wenig sinken, dann aber kräftig zurückgehen. Im Jahre 2050 könnten sie gegenüber 2000 um beinahe ein Viertel und im Vergleich zu 1990 um rd. die Hälfte niedriger sein. Der Anteil der direkten CO₂-Emissionen im GHD-Sektor an den gesamten energiebedingten CO₂-Emissionen dürfte bis 2050 auf rd. 6 % sinken.

4.3.3.2 Optionen und Potenziale zur Emissionsminderung

4.3.3.2.1 Einschränkende Vorbemerkungen und Quellenlage

(651) Im Sektor GHD konnten viele einzelne Optionen zur Energieeinsparung identifiziert werden. Insbesondere die Detaillierungsstudie von Geiger u.a.,¹ in welcher der Energieverbrauch der einzelnen Branchen nach Quellen und nach Nutz-Energiearten differenziert wird, zeigte für viele Branchen Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz auf. In

¹ Geiger u.a. (1999).

der Studie von Böde u.a.¹ wurden Verhaltensmaßnahmen identifiziert und deren Potenziale zur Minderung des Energieverbrauchs bestimmt. In der Regel war es jedoch nicht möglich, ein Einsparpotenzial für die gefundenen Optionen zu bestimmen, da keine Informationen über den von einzelnen Anwendungen verursachten Gesamtverbrauch in Deutschland gefunden werden konnten. Infolge der Heterogenität des Sektors bestehen zahlreiche Informationsdefizite im Detail.

(652) Die folgenden Ausführungen basieren im Wesentlichen auf den Berichten zur Systematisierung der Potenziale und Optionen, die vom Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) sowie von der Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE) des Forschungszentrums Jülich (FZJ) für die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“² erarbeitet worden sind. Weitere Quellen sind vor allem die für diese Berichte ausgewerteten Studien sowie Szenarien des Wuppertal-Instituts.

(653) Vor diesem Hintergrund ist es auch nicht möglich, die in diesem Sektor existierenden gesamten technischen und wirtschaftlichen Potenziale zur Energieeinsparung und CO₂-Emissionsminderung auszuweisen. Statt eines Gesamtbildes über den Sektor muss man sich angesichts der Datenlage demnach weitgehend mit Einzelinformationen begnügen. Teilweise wird sich der Betrachtungshorizont auch auf die Jahre bis 2020 beschränken müssen, da längerfristige Potenzialaussagen für diesen Sektor kaum verfügbar sind. Unter diesen Einschränkungen soll im Folgenden auf Einsparpotenziale im Bereich der Gebäudeheizung, bei mechanischen Anwendungen, bei sonstigen thermischen Anwendungen sowie beim Einsatz elektrischer Energie eingegangen werden.

(654) Vorangestellt werden sollen die Ergebnisse einer Umfrage, die Geiger u.a. im Rahmen ihrer Untersuchung für die Bundesstiftung Umwelt zum Energieverbrauch und zur Energieeinsparung in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen durchgeführt haben.³ Daraus folgt, dass nach dem subjektiven Bekunden der Befragten etwa die Hälfte schon alle Möglichkeiten zur Brennstoff- und Stromeinsparung ausgeschöpft sieht (Tabelle 4–40). Dabei wurden offenbar von den kleinen Betrieben die zusätzlichen Einsparmöglichkeiten als gering angesehen. Dies korrespondiert freilich nicht unbedingt mit der Existenz der jeweiligen technischen Potenziale.

¹ Böde, Bradke u.a. (2000a).

² Potenzialstudie.

³ Geiger u.a.(1999).

Tabelle 4–40: Einschätzung der Einsparpotenziale im Sektor GHD

	Produzierende Betriebe	Raumwärme-intensive Betriebe
	in % der Befragten	
Brennstoffe		
Potenzial ausgeschöpft	53	50
Einsparpotenzial über 10% genannt	40	48
Strom		
Potenzial ausgeschöpft	56	50
Einsparpotenzial über 10% genannt	27	37

Quelle: Geiger u.a. (1999)

(655) Immerhin wird aber von 40 % der produzierenden Betriebe und von 48 % der raumwärmeintensiven Betriebe bei den Brennstoffen ein Einsparpotenzial von über 10 % genannt; bezogen auf die elektrische Energie gibt es mit 27 % bei den produzierenden und mit 37 % bei den raumwärmeintensiven Betrieben freilich deutlich weniger Nennungen. Insgesamt bleibt also noch ausreichender Spielraum für weitere Verbrauchsreduktionen im Bereich GHD.

4.3.3.2.2 Potenziale im Anwendungsbereich Gebäudebeheizung

(656) Im Folgenden wird vor allem Bezug genommen auf die Aussagen, die im Rahmen des Berichts von STE/FZJ für die Enquete-Kommission bezüglich des Bereiches der Nicht-Wohngebäude gemacht worden sind,¹ der hier vereinfachend mit dem Sektor GHD gleichgesetzt wird.

4.3.3.2.2.1 Verbesserung der Gebäudehülle

(657) Danach erscheint es als möglich, den Endenergieeinsatz zur Raumwärmebereitstellung im Nicht-Wohnbereich durch Verbesserung der Gebäudehülle im Vergleich zu 1999 bis 2020 um 22 % und bis zur Jahrhundertmitte sogar um reichlich die Hälfte zu reduzieren (Tabelle 4–41).

¹ Potenzialstudie.

Tabelle 4–41: Entwicklung der Endenergieeinsparung zur Raumwärmebereitstellung im Nicht-Wohnbereich durch Verbesserung der Gebäudehülle

	Einheit	1999	2020	2050
Altbau - Gebäudefläche	Mio. m ²	1000	687	407
Neubau - Gebäudefläche	Mio. m ²	0	302	628
Gesamt - Gebäudefläche	Mio. m ²	1000	989	1035
Spez. Heizenergie - Verbrauch (Altbau)	kWh/m ²	165	132	88
Spez. Heizenergie - Verbrauch (Neubau)	kWh/m ²	100	75	55
Nutzungsgrad Heizung Altbau		1	1	1
Nutzungsgrad Heizung Neubau		1	1	1
Endenergieverbrauch Altbau	PJ	756	500	221
Endenergieverbrauch Neubau	PJ	0	91	138
Endenergieverbrauch Gesamt	PJ	756	591	359
Gesamteinsparung bezogen auf 1999	PJ	0	1347	1115
	%	0	22	52

(658) Allerdings ist nicht zu erwarten, dass diese Potenziale vollständig erschlossen werden können, da auch im Bereich der Nicht-Wohngebäude eine Reihe von Hemmnissen entgegensteht. Zu diesen Hemmnissen zählen:

(659) **Geringe Umsetzungsgeschwindigkeit der Potenziale:** Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit werden im Allgemeinen die bauliche und die energetische Sanierung gleichzeitig im Zuge der üblichen Lebensdauer- oder Renovierungszyklen durchgeführt. Durch diesen Zyklus wird das Tempo der Umsetzung von Einsparmaßnahmen begrenzt.

(660) **Unzureichende Sanierungseffizienz in der Praxis:** Der Renovierungszyklus sagt etwas über die mögliche Anzahl der Sanierungen aus, nicht jedoch über die energetische Qualität der durchgeführten Sanierungen. Wesentlich hierfür ist die Sanierungseffizienz. Sie ist das Verhältnis von tatsächlich erreichter Einsparung bei den in einem Jahr energetisch sanierten Gebäuden zu dem Maximalwert der Einsparung bei Vollsanieung aller im Zyklus zu sanierenden Gebäude. Eine unveröffentlichte Untersuchung des Forschungszentrums Jülich für eine deutsche Großstadt hat gezeigt, dass im Bereich von Wohngebäuden die energetische Sanierungseffizienz der Altbaurenovierung nur bei ca. 40 % liegt.

(661) Die Gründe für die unzureichende Sanierung sind vor allem die z.T. fehlende Wirtschaftlichkeit, unzureichende Anreize und Kapitalmangel, mangelnde Information und Motivation der Gebäudeeigentümer sowie fehlende Kontrolle des Vollzugs.

4.3.3.2.2.2 Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen¹

(662) Bedeutsam ist auch das Energie- und CO₂-Einsparpotenzial, das im Bereich der Nicht-Wohngebäude durch den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen, insbesondere kleinerer Leistung (Blockheizkraftwerke – im Folgenden: BHKW), und künftig wohl auch Brennstoffzellen ausgeschöpft werden könnte. Trotz eines rückläufigen Wärmebedarfs aufgrund verstärkter Altbausanierung und einer Verschärfung der Verordnungen für den Neubereich, wodurch schon im Referenzpfad das Niveau des prinzipiell erschließbaren Wärmepotenzials im Zeitablauf zurückgeht, bleiben noch immer recht beachtliche Energie- und CO₂-Emissionsminderungspotenziale (Tabelle 4–42). Bei den CO₂-Emissionen sind es im Jahre 2050 immerhin bis zu 20 Mio. t – etwa ein Drittel der heutigen CO₂-Emissionen im GHD-Sektor. Weitere technologiebedingte Einsparungen bei BHKW würden im Übrigen die Wahl der heute schon verfügbaren Brennwertechnik bringen, die gegenüber der konventionellen Variante eine energieseitige Einsparung von etwa 10 % aufweist. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Brennwertechnik auch in Heizkesseln und Heizzentralen eingesetzt werden kann.

(663) Ein erhebliches Potenzial dürfte sich auch auf längere Sicht im Bereich GHD für den Einsatz von Brennstoffzellen darstellen, zumal in diesem Sektor ein ausgesprochen günstiges Verhältnis zwischen Wärme (rd. drei Viertel) und Strom (rd. ein Viertel) besteht. Allerdings sind hier wohl noch weitere technische Fortschritte notwendig. Welche der Techniken sich in Zukunft durchsetzen wird – kleine KWK-Anlagen und/oder Brennstoffzellen – ist aus heutiger Sicht nur schwer zu beurteilen.

(664) Immerhin könnten auch im Zusammenhang mit der Herausbildung virtueller Kraftwerke völlig neuartige Konzepte entstehen, die einerseits den lokalen Wärmebedarf decken, andererseits aber auch einen wesentlichen Baustein für die künftige Stromversorgung leisten könnten (vgl. Kapitel 4.3.5 und 4.3.6).

¹ Zu den Umwandlungstechniken vgl. auch Kapitel 4.3.5 Umwandlungssektor.

Tabelle 4–42: Technisches Wärmepotenzial sowie Energie- und CO₂-Einsparpotenzial durch Einsatz von BHKW im Gebäudebereich

	Einheit	1999	2020	2050
Technisches BHKW - Wärmepotenzial				
Wohngebäude	PJ	374	292	151
Nicht - Wohngebäude	PJ	558	436	266
Gebäude insgesamt	PJ	932	727	418
Energieeinsparpotenzial				
Wohngebäude	PJ	88 - 202	69 - 158	36 - 82
Nicht - Wohngebäude	PJ	132 - 302	103 - 236	63 - 144
Gebäude insgesamt	PJ	220 - 504	172 - 394	99 - 226
CO ₂ - Minderungspotenzial				
Wohngebäude	Mio. t	5 - 29	4 - 22	2 - 12
Nicht - Wohngebäude	Mio. t	7 - 43	6 - 33	4 - 20
Gebäude insgesamt	Mio. t	12 - 71	10 - 55	6 - 32

(665) Bezogen auf den Einsatz von BHKW begegnet die Potenzialausschöpfung zahlreichen *Hemmnissen*. Hierzu weist STE darauf hin, dass es – bedingt durch die Liberalisierung des Strommarktes – zu einem drastischen Rückgang der Strompreise gekommen ist.¹ Dies hat in vielen Fällen dazu geführt, dass BHKW-Anlagen nicht mehr betriebswirtschaftlich betrieben werden können, da die den ursprünglichen wirtschaftlichen Kostenkalkulationen zugrundegelegten Stromerlöse nicht erzielt werden. Unter den derzeitigen Rahmenbedingungen und den gegebenen betriebswirtschaftlichen Kriterien können neue BHKW-Anlagen in der Regel nicht wirtschaftlich betrieben werden, wobei die KWK-Vergünstigungen (z.B. Befreiung von der Stromsteuer, vermiedene Netzkosten nach Verbändevereinbarung II (VVII) und VVII plus etc.) bereits berücksichtigt sind. Da bei Klein-BHKW oftmals gegen den Tarifkunden-Strompreis gerechnet wird (vermiedener EVU-Strombezug), ist die Wirtschaftlichkeit derartiger Anlagen dagegen in vielen Fällen gegeben. Hierbei ist anzustreben, dass der Anteil des produzierten BHKW-Stroms möglichst den Großteil des Stromeigenverbrauchs abdeckt.

(666) Weitere Hemmnisse lassen sich wie folgt stichwortartig zusammenfassen (zur ausführlichen Diskussion der Hemmnisse vgl. die Studien für die früheren Klimaschutz-Enquete-Kommissionen):

- Der Bezug von Zusatzstrom (Reservestrom) einer BHKW-Objektversorgung kann unter derzeitigen Bedingungen die Wirtschaftlichkeit des Objekts in Frage stellen.

¹ Potenzialstudie

- Die Einholung von Genehmigungen und Erlaubnissen für die Aufstellung und den Bau eines BHKW ist bei kleinen Leistungsgrößen mit unverhältnismäßig hohen Kosten verbunden, da nur wenige Bundesländer eine Freistellung der Klein-BHKW von der formellen Antragsstellung kennen.
- Wissens- und Informationsdefizite auf unterschiedlichsten Ebenen sind weiterhin erheblich und stehen somit dem Bau einer möglicherweise geeigneten Objektversorgung entgegen.
- Die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme muss sich sowohl unter den Bedingungen des Strommarktes als auch unter denen des Wärmemarktes behaupten.
- Nahwärmeversorgungen werden in vielen Fällen durch den forcierten Ausbau einer Gasversorgung behindert. Nach Aussagen der AGFW weisen viele Gebiete mit hoher Bebauungsdichte bereits Gasversorgungsgrade von über 90 % auf.

4.3.3.2.2.3 Einsatz von Brennwertkesseln

(667) Das Einsparpotenzial durch Brennwertkessel im Altbaubestand bei den Nicht-Wohngebäuden schätzt STE für das Jahr 2020 auf 46 PJ bzw. 9% des dann erwarteten Energieeinsatzes für die Raumwärmebereitstellung. Eine Hochrechnung auf 2050 macht nach Auffassung von STE keinen Sinn, weil der Wirkungsgrad der Niedertemperatur (NT)-Kessel nicht mehr steigen wird und weil bis dahin außerdem nur noch die effizienteren Brennwertkessel zum Einsatz kommen.

4.3.3.2.2.4 Energieträgerwechsel

(668) Durch Energieträgerwechsel veranschlagt STE das damit verbundene CO₂-Emissionsminderungspotenzial für den Bereich der Nicht-Wohngebäude auf 6,1 Mio. t im Jahr 2020 und auf 3 Mio. t im Jahre 2050. Der starke Rückgang ist darauf zurückzuführen, dass durch Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle und durch die stetige Verbesserung der Nutzungsgrade das Niveau des Energieverbrauchs zur Raumwärmebereitstellung insgesamt deutlich reduziert wird, so dass weniger Raum für Substitutionsprozesse bleibt.

4.3.3.2.2.5 Effiziente Lüftungs- und Klimatisierungskonzepte

(669) Die Energieeinsparpotenziale durch Umsetzung effizienterer Lüftungs- und Klimatisierungskonzepte für bestehende raum- und lufttechnische Anlagen (RLT-Anlagen) im Nicht-Wohnbereich werden als sehr hoch eingeschätzt. Dazu werden im Impulsprogramm NRW folgende allgemeine Maßnahmen aufgeführt:

- Grundsätzliche Prüfung der Notwendigkeit der vorgesehenen Anwendung.
- Prüfung der Möglichkeiten natürlicher Belüftung und Klimatisierung.
- Bauliche, betriebliche und organisatorische Voraussetzungen schaffen für die Ermöglichung eines geringen Energieverbrauchs von Anlagen, integrierte Planungsverfahren und Energiekonzepte mit Gesamtsystembetrachtungen.
- Dimensionierungskriterien bedarfsgerecht festlegen, Verzicht auf unnötige Funktionen, überdimensionierte Anlagen und Komponenten, Wirkungsgradoptimierung von Komponenten.
- Bedarfsgerechte Regelung und Betrieb von Anlagen.
- Regelmäßige Messung der Betriebsparameter und Energieverbräuche durch Energiecontrolling.
- Regelmäßige Anlagenwartung, da die kumulierten Betriebskosten die Investition überschreiten.
- Beim Systementscheid grundsätzlich Gesamtkostenbetrachtungen vornehmen (vgl. VDI-Richtlinie 2067).

(670) Weitere spezifische Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs von RLT-Anlagen vor allem im Bestand der Nicht-Wohngebäude sind:

- Entkopplung von Lufttransport (für notwendigen Luftwechsel und -qualität) und thermischer Konditionierung (Heizen, Kühlen über statische Systeme) entsprechend des personenbezogenen Luftbedarfs zur optimalen Anpassung des Luftvolumenstroms.
- Vermeidung von Schadstoffquellen und quellnahe Absaugung sowie Zuführung der Luft in Personennähe (Quell-Lüftung).

- Reduzierung der zu überwindenden Druckverluste (kleine Luftgeschwindigkeiten, Kanalform, Kanalquerschnitte, Disposition der Kanäle, keine unnötigen Prozess-Stufen, saubere Filter).
- Drehzahlvariable Steuerung der Ventilatoren und Antriebe (EC-Motoren für kleine Leistungen, Frequenz-Umrichter-geregelte Direktantriebe, Flachriemenantrieb bei konstanter Drehzahl).
- Einsatz von Hochleistungs-Radialventilatoren (rückwärtsgekrümmte Schaufeln, meist noch besserer Wirkungsgrad gegenüber Axialventilatoren).
- Filtertechnik und Abluftrecycling (Rezirkulation) sowie –wenn möglich– Umluftbeimischung.
- Bedarfsgerechte Regelung der Lüftung/Klimatisierung der Räume entsprechend der Luftqualität (z.B. CO₂) und thermischen Behaglichkeit (Luftgeschwindigkeit, Temperatur, Luftfeuchte, Strahlungsanteil – vgl. DIN 1946/2) über entsprechende Sensoren.
- Bedarfsgerechte Konditionierung der Zuluft (Be- und Entfeuchtung, Reinigung, Erwärmung oder Kühlung) und Wärmerückgewinnung/Kälterückgewinnung.
- Anlagen mit Volumenströmen >2 000 m³/h sollten bedarfsabhängig betrieben werden.

(671) Das wirtschaftlich erschließbare Potenzial liegt derzeit bei einer Bandbreite von 50 bis 70 % je nach Branche, Gebäudetyp, Nutzungsart oder Einzelanwendung (Tabelle 4–43). Die Streubreite bezogen auf einzelne Anwendungen ist in diesen Fällen sehr groß. Insbesondere im Gewerbebereich aber beispielsweise auch bei Sporthallen, Messehallen u.a. sind hohe Potenziale vorhanden. Weiterhin weist der Bestand der Verwaltungsgebäude hohe wirtschaftlich erschließbare Einsparpotenziale auf. Der Investitionsaufwand hierfür ist jedoch erheblich und in Anbetracht der Immobilienmarktsituation sowie fehlender Haushaltsmittel und fehlendem Know-how der öffentlichen Hand ist ein längerer Zeithorizont zu erwarten. Hier erschließt sich im übrigen ein wirksames Feld für Contracting-Aktivitäten. Mittel- bis längerfristig werden die Potenziale für den Bestand geringer, weil die dazukommenden Neuanlagen mit besserer Technik arbeiten als die Altanlagen. So verändert sich der Bereich bis 2020 auf 30 bis 50 %. Die Prozentzahlen sind auf den jeweiligen Gesamtbedarf für die Raumheizung bzw. Raumkonditionierung bezogen.

Tabelle 4–43: Energie- und CO₂-Emissionsminderungspotenziale im Bereich Klimatisierung und Lüftung von Nicht-Wohngebäuden

Relatives Einsparpotenzial	Einheit	1999	2010	2020
	%	50 - 70	40 - 60	30 - 50
Energieeinsparpotenzial				
Büro/Verwaltung (B/V)	PJ	45 - 63	34 - 50	22 - 37
Nicht- Wohngebäude ohne B/V	PJ	204 - 286	154 - 230	103 - 171
Gesamt	PJ	249 - 349	187 - 280	125 - 208
CO ₂ - Minderungspotenzial				
Büro/Verwaltung (B/V)	Mio. t	4 - 5	3 - 5	2 - 3
Nicht- Wohngebäude ohne B/V	Mio. t	19 - 27	14 - 21	9 - 14
Gesamt	Mio. t	23 - 32	17 - 25	11 - 18

(672) Das wirtschaftliche Energieeinsparpotenzial betrug 1999 rd. 249 bis 349 PJ pro Jahr, bis 2010 beläuft es sich auf 187 bis 280 PJ und bis 2020 auf insgesamt 125 bis 208 PJ.

(673) Das wirtschaftlich erschließbare CO₂-Minderungspotenzial auf der Basis der Verbrauchsstruktur von 1999 betrug 23 bis 32 Mio. t CO₂ pro Jahr. Das Erwartungspotenzial bis 2010 beträgt 17 bis 25 Mio. t und bis 2020 insgesamt 11 bis 18 Mio. t.

(674) Der Rückgang der vorstehend genannten Potenzialwerte resultiert maßgeblich aus dem rückläufigen Energiebedarfsniveau aufgrund der im Zeitablauf höheren Effizienz der Endenergieerzeugung (Strom, Wärme) und dem Einsatz effizienterer Lüftungs- und Klimatisierungstechnologien im Neubaubereich sowie aus einem steigenden Anteil CO₂-neutraler regenerativer Energien bei der Endenergieerzeugung.

(675) Allerdings ist nicht zu übersehen, dass es eine Reihe von Hemmnissen gibt, die einer Ausschöpfung der Einsparpotenziale entgegenstehen. STE kommt mit Blick auf die Hemmnisse sowie auf die Möglichkeiten ihrer Überwindung zu folgenden Aussagen:

(676) Bisher traten insbesondere im Fall von Neuinstallationen folgende **Hemmnisse** auf:

- Komplexität der Auswahl und Entscheidungen bzgl. Verfahrensauswahl.
- Investor/Nutzer Dilemma: verbreitet wird an den Investitionskosten für RLT-Anlagen gespart, was die Betriebskosten für die Nutzer später erhöht, RLT-Anlagen-Planer orientieren sich bisher vor allem an den Interessen der Investoren.
- Integration sowie optimale Bedarfsanpassung von RLT-Anlagen erfolgten zu spät im Bauplanungsprozess; keine integrierten Systemplanungsprozesse.
- Energieverbräuche und Betriebskosten für RLT-Anlagen waren bisher oft nicht transparent und sind nur schwierig zu erfassen (Strombedarf für Ventilatoren, Kälteanlage u.ä;

Wärmebedarf für Luftkonditionierung, Abgrenzung statische Heizung), daher geringe Erschließung der Potenziale.

- Spezifische Investitionskosten der Anlagentechnik insbesondere auch für Wärmerückgewinnungsanlagen (WRG-Anlagen) sind noch hoch, Energiekosten noch verhältnismäßig niedrig.
- Transaktionskosten für die Lösung der Intransparenzprobleme und Potenzialerschließung sind hoch, Informationsdefizite in Deutschland vorhanden.
- Unterschiedliche Sichtweisen und Kommunikationsdefizite bei Bau- und Betriebsprozessen.
- Mangelnde Ausführungsqualitäten und schlechtes Image der „Klimaanlagen“ (SBS – Sick Building Syndrom: Gesundheitsbeeinträchtigungen durch nicht optimale Betriebsweise und Auslegung von RLT-Anlagen, pauschale Energiesparversuche in Zeiten der Ölkrise).
- Überdimensionierung und konservative Planung von Anlagen vor allem im Bestand.
- Mangelnde Ausnutzung natürlicher Energiepotenziale und Abwärme (z.B. Umwelt- und Erdwärme).
- Erhebliche Mängel in der Architekten- und Fachplanerausbildung, keine integrierten Studiengänge.

(677) Mögliche **Lösungsansätze für die Beseitigung** der aufgeführten Hemmnisse sind:

- Spezialisierte Dienstleister für die Optimierung bestehender RLT-Anlagen müssen sich noch stärker auf den Kundennutzen (Verdeutlichung der attraktiven Amortisationszeiten, Einsparpotenziale) fokussieren und auf die Erschließung der Einsparpotenziale konzentrieren – künftig „Behaglichkeits“-Contracting oder spezielle Dienstleistung im Rahmen des Facility Managements.
- Bedarfsgerechte Auslegung von RLT-Anlagen unter Nutzung modernster Simulations- und Optimierungsinstrumente und integrierter Planung.
- Konsequente Umsetzung von Nachhaltigkeitsprinzipien bei Neuplanung und Betrieb.
- Verbesserung des Qualitätsmanagements für Neubau und Betrieb von Anlagen.
- Senkung von Transaktionskosten und Beseitigung von Intransparenzen durch staatliche Anreize und weitere Forschung im Bereich der RLT-Anlagen im Sinne von Klimaschutz.

- Weitere Senkung der Investitionskosten für Neuanlagen und Komponenten bei gleichzeitig höherer Effizienz und Weiterentwicklung der Anlagentechnik.
- Verbesserung der Gebäudedichtheit und des Heizwärmebedarfs erfordert optimale Lüftungskonzepte, Umsetzung und Vollzugskontrolle.
- Aufstellung und Verschärfung der Energieeffizienzstandards für RLT-Anlagen (zulässige Luftgeschwindigkeiten, Druckverluste u.a. –Orientierung an der Schweiz und Dänemark).
- Integrierte Planung, Energiekonzept in HOAI, Baurecht ab einer gewissen Leistungsgröße.

4.3.3.2.3 Potenziale bei mechanischen Anwendungen

(678) Der Endenergieverbrauch für mechanische Anwendungen lag 2000 (1998) bei 331 (314) PJ. Davon wurden 63 (57) % mit elektrischer Energie und 37 (43) % mit Kraftstoffen betrieben. Der Kraftstoffverbrauch, der dem Sektor GHD zugeordnet wird, fällt zum größten Teil in der Branche Landwirtschaft (landwirtschaftliche Zugmaschinen, Ackerschlepper) und beim Militär an. Beachtet werden muss, dass in vielen Branchen im Sektor GHD hohe Kraftstoffverbräuche auftreten (z.B. Baugewerbe), die jedoch in den Energiebilanzen dem Sektor Verkehr zugeordnet werden. Der Kraftstoffverbrauch in der Landwirtschaft dagegen resultiert hauptsächlich aus der Feldbearbeitung und wird daher nicht dem Verkehr zugeordnet. Der Stromverbrauch für mechanische Anwendungen kann noch schlechter nachgewiesen werden. Der Schätzwert für 2000 beläuft sich auf 208 PJ. Bei allen Anlagen und Geräten sind in der Regel Effizienzsteigerungen durch regelmäßige Wartung und Pflege erreichbar. Bei *Anlagen zum Stofftransport* können in erster Linie Verbrauchsminderungen durch den Einsatz energieeffizienter und drehzahlgesteuerter Elektromotoren erreicht werden, die als Querschnittstechnologien behandelt werden. Die technischen und wirtschaftlichen CO₂-Minderungspotenziale bei Elektromotoren werden vom ISI mit 4,8 Mio. t (technisch) und 3,0 Mio. t (wirtschaftlich) veranschlagt (Tabelle 4–44).¹

(679) Wie im Sektor Industrie können bei Pumpen und Ventilatoren durch verbessertes Design Einsparungen in Höhe von 3 bis 5 % des Endenergieverbrauchs erreicht werden. In der Studie von Geiger u.a. (1999) werden Einsparpotenziale in der Größenordnung von 5 bis 15 % für Absauganlagen z.B. in Schreinereien genannt, wenn zentrale Absauganlagen mit Leistungsanpassung und Trennklappen ausgestattet werden, so dass nur bei Geräten im

Betriebszustand Unterdruck anliegt. Nur für Einzelfälle nachweisbar sind Verbesserungen, die sich aus der Optimierung eines Gesamtsystems ergeben. Größere Potenziale liegen hauptsächlich im Bereich von Heizungsumwälzpumpen und Ventilatoren.

Tabelle 4–44: Technische und wirtschaftliche Potenziale bei Elektromotoren im Sektor GHD

	Energieverbrauch 1998 ¹⁾	EBM ²⁾	Drehzahl-gesteuerte Motoren ²⁾	Verhaltensmaßnahmen u. Auslegungsoptimierung	aggregiertes Einsparpotenzial	Minderung von CO ₂ -Emissionen
	PJ					Mio.t
Technische Einsparpotenziale	179	6,6	19,7	2,1	27,2	4,8
Wirtschaftliche Einsparpotenziale	179	6,6	7,3	2,1	17,3	3
Wirtschaftliches in % des technischen Potenzials	100	100	37	100	64	63
¹⁾ Die Verbrauchsdaten beziehen sich auf alle Motoranwendungen, während die Einsparungen nur Motoren über 0.75 KW berücksichtigen.						
²⁾ Motoren > 0,75 KW						

(680) Im Sektor GHD werden Anwendungen zur Stoffumformung und Stofftrennung nur sehr begrenzt vorgenommen. Eine Ausnahme bildet die Landwirtschaft, in der bedeutende Anteile des Kraftstoffverbrauchs für die Feldbearbeitung verwendet werden, die als Stoffumformung (insbesondere das Pflügen) eingestuft werden kann. Bei der Feldbearbeitung kann durch die Integration mehrerer Arbeitsschritte der Energieaufwand deutlich gesenkt werden; durch den Einsatz von Feldbearbeitungsmaschinen sind Einsparungen bis zu 60 % möglich. Insgesamt wurde das Minderungspotenzial für den Energieverbrauch durch Stoffumformungen auf 18 % geschätzt.

(681) Bei den Anwendungen Verdichten, Kühlen, Gefrieren konnten Einsparoptionen für Kühl- und Gefriergeräte gefunden werden:² Für Kompressoren im Sektor GHD konnten keine speziellen Optionen gefunden werden. Bei ihnen sind jedoch, genauso wie bei den Anlagen im Sektor Industrie, Maßnahmen wie Verbesserung der Wartung, Auswechseln von Filtern und regelmäßige Leckagekontrolle möglich. Nach Geiger³ entfielen 1994 11 % des Strom-

¹ Potenzialstudie

² Böde u.a. (2000a), Geiger u.a. (1999).

³ Geiger u.a. (1999).

verbrauchs auf Prozesskälte. Die größten Anteile wurden bei Fleischereien (48 %) und im Einzelhandel (24 %) beobachtet.

(682) Optionen zur Minderung des Energieverbrauchs bestehen vor allem in der Abdeckung der Kühlmöbel im Einzelhandel. Selbst nachts werden Kühlmöbel häufig nicht abgedeckt. Tagsüber werden Abdeckungen wie z.B. Streifenvorhänge als verkaufshemmend abgelehnt. Auch ohne Abdeckungen lassen sich durch Geräte mit verbesserten mehrfachen Luftschleiern Einsparungen erzielen. Im Einzelhandel werden die Einsparpotenziale bei der Kühlung von Geiger² auf 30-50 % geschätzt. In landwirtschaftlichen Betrieben kann durch die Nutzung der Kompressorwärme von Milchkühlern zur Warmwassererzeugung eine Energieeinsparung von bis zu 20 % des Energieverbrauchs der Kühlung erreicht werden. Auch in Fleischereien sind solche Maßnahmen möglich. Das Einsparpotenzial bei Kühlgeräten wird von Böde³ mit 20 bis 50 % angegeben.

(683) Das aggregierte Einsparpotenzial für die mechanischen Anwendungen wurde auf 20 % geschätzt. Dies entspricht – bezogen auf das Jahr 1998 – einer Verbrauchsminderung um 62,8 PJ, die eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 8,2 Mio. t bewirken würde (Tabelle 4–45).

Tabelle 4–45: Einsparung und Emissionsminderungspotenziale im Sektor GHD bei mechanischen Anwendungen

	Energieverbrauch 1998	Technisches Einsparpotenzial		Minderung der CO ₂ -Emissionen
	PJ	PJ	%	Mio. t
Mechanische Anwendungen	314	62,8	20	8,2

4.3.3.2.4 *Potenziale bei thermischen Anwendungen*

(684) Unter thermischen Anwendungen werden im Folgenden die Warmwasserbereitung sowie die sonstige Prozesswärmeerzeugung betrachtet, also die gesamten Wärmeanwendungen ohne den Energieeinsatz für die Raumwärmebereitstellung.

¹ Geiger u.a. (1999).

² Geiger u.a. (1999).

³ Böde u.a. (2000a).

(685) Auf die so eingegrenzten thermischen Anwendungen entfiel im Jahre 2000 (1998) mit 372 (369) PJ jeweils rd. ein Viertel des Endenergieverbrauchs von Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Unter den einzelnen Branchen wies die Prozesswärme bei Wäschereien, Bäckereien, Fleischereien, Gartenbau und Gaststätten hohe Anteile am Endenergieverbrauch auf.¹

(686) Thermische Anwendungen hoher Temperatur (>200 °C) werden vor allem in Bäckereien angewendet. Hier existieren zahlreiche Optionen, den Energieverbrauch zu vermindern; diese sind jedoch zum Teil schon umgesetzt. Durch den Einbau von Abgasklappen können die Abgasverluste vermieden werden. Mittels Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung sind Reduktionen des Energieverbrauchs von bis zu 30 % möglich. Auch bei Backöfen in Supermärkten und Backshops können noch Verbesserungen erzielt werden, z.B. durch eine bessere Dämmung der Ofentüren. Insgesamt wurde das Einsparpotenzial bei den thermischen Anwendungen mit hoher Temperatur auf 25 % geschätzt.

(687) Bei den thermischen Anwendungen zwischen 50 °C und 200 °C wurden die Einsparpotenziale auf rd. 15 % geschätzt. In diesen Temperaturbereich fallen Prozesse wie Waschen, Kochen, Trocknen oder Erwärmen. Auch hier sind vielfach noch Wärmerückgewinnungsmaßnahmen möglich. Bei Trocknern kann hierdurch eine Verbrauchsminderung von bis zu 30 % erreicht werden. Mit dem Einsatz von elektronischen Steuerungen und Luftfeuchtesensoren können Einsparungen von 10 % erreicht werden. In Fleischereien können durch eine bessere Dämmung der Brühkessel 5 bis 10 % des Energieverbrauchs vermieden werden. Weitere Minderungen sind mit dem Einsatz von Gebläsebrennern anstelle atmosphärischer Brenner möglich. Die Wärmerückgewinnung aus Waschwasser bei Wäschereien bietet zwar auch Einsparpotenziale, ist nach Aussagen Geigers² häufig jedoch nicht wirtschaftlich. In chemischen Reinigungen sind kaum noch Einsparpotenziale vorhanden, da die Anlagen aufgrund der gestiegenen Anforderungen des Immissionsschutzes einen hohen Stand der Technik erreicht haben.

(688) Zu Niedertemperaturanwendungen konnten keine gesonderten Optionen gefunden werden. Einzig die Dämmung von Baucontainern – die streng genommen in den Raumwärmebereich fällt – wurde von Geiger u.a. (1999) in diesem Bereich aufgeführt. Hier sind noch Einsparpotenziale von 50 % vorhanden.³ Insgesamt wurde für Niedertemperaturanwendungen ein Einsparpotenzial von 20 % geschätzt. Dieses würde sich durch Maßnahmen der

¹ Geiger u.a. (1999).

² Geiger u.a. (1999).

³ Geiger u.a. (1999).

Wärmerückgewinnung vermutlich noch erheblich ausweiten lassen, wie Projektbeispiele aus dem Umweltförderprogramm des Landes Berlin zeigen.

(689) Das Einsparpotenzial für alle thermischen Anwendungen wurde auf 22 % des Endenergieverbrauchs veranschlagt, entsprechend 81,1 PJ (Tabelle 4–46). Dabei konnte keine Unterscheidung nach den eingesetzten Energieträgern gemacht werden. Zur Berechnung des Minderungspotenzials für die CO₂-Emissionen wurde daher auf die Detaillierung des Energieverbrauchs von Geiger und Lindhorst¹ zurückgegriffen. Unter dieser Annahme bewirkt die Verringerung des Energieverbrauchs um 81,1 PJ eine Minderung der CO₂-Emissionen um 7,9 Mio. t.

Tabelle 4–46: Einsparung und Emissionsminderungspotenziale im Sektor GHD bei thermischen Anwendungen²

	Energieverbrauch 1998	Technisches Einsparpotenzial		Minderung der CO ₂ -Emissionen
	PJ	PJ	%	Mio. t
Mechanische Anwendungen	314	62,8	20	8,2

4.3.3.2.5 Stromeinsparpotenziale nach Studien des Wuppertal-Instituts

(690) In einer Studie zur Bewertung des Kernenergie-Ausstiegs aus klimapolitischer Sicht hat das Wuppertal-Institut (WI) auch das Stromeinsparpotenzial in den einzelnen Verbrauchssektoren untersucht.³ Für den Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen wurde für die Jahre von 2005 bis 2020 ein Stromeinsparpotenzial als Differenz zwischen einem Trendszenario und einem Einsparszenario ermittelt (Tabelle 4–47). Danach würde sich das Stromeinsparpotenzial für das Jahr 2005 gemessen an dem unterstellten Trendpfad auf rd. 19 TWh (knapp 70 PJ) bzw. 16 % und für das Jahr 2020 auf fast 46 TWh (165 PJ) bzw. 34 % belaufen.

¹ Geiger, Lindhorst (2000).

² Potenzialstudie.

³ WI (1999a).

Tabelle 4–47: Stromeinsatz im Sektor GHD bis 2020: Trend und Einsparpotenzial

	Einheit	2005	2010	2015	2020
Trend - Szenario	TWh	118,6	127,5	131,1	136,4
Einspar - Szenario		99,3	98,1	94,4	90,7
Einsparpotenzial	%	19,3	29,4	36,7	45,7
		16,0	23,0	28,0	34,0

Anmerkung: Stromverbrauch ohne statistische Differenzen.

Quelle: Wuppertal - Institut, 1999.

(691) Dabei sieht das WI die größten Einsparpotenziale im Einsatz effizienterer Elektroantriebe, Beleuchtungssysteme (auch Straßenbeleuchtung) und Kühlmöbel, bei der Optimierung von Heizungsanlagen, bei der Vermeidung von Stand-by-Verlusten sowie im Ersatz von Nachtstromspeicherheizungen und von elektrischen Warmwasserbereitungssystemen beim Neueinbau von Zentralheizungen.

- So dürften sich durch den Einsatz **energetisch optimierter Elektromotoren** im Durchschnitt rd. 15 bis 25 % des Stroms einsparen lassen (vgl. auch oben Tabelle 4–44).
- Bei der Bürobeleuchtung wie bei der Ausleuchtung von Verkaufsräumen können durch **effizientere Beleuchtungstechniken** (3-Bandenlampen, verspiegelte Leuchten, Strahler mit Energiesparlampen, elektronische Vorschaltgeräte) gegenüber dem Bestand rd. 50 % des Stroms eingespart werden. Gegenüber dem Trend dürfte das Einsparpotenzial bei der Beleuchtung rd. 27 % betragen. Bei einer Lebensdauer von Beleuchtungsanlagen von etwa 20 Jahren ließe sich dieses Einsparpotenzial bis etwa 2020 vollständig umsetzen. Bis 2005 errechnet sich daraus ein Einsparpotenzial von 2,7 TWh (rd. 10 PJ), das bis 2020 auf 12,1 TWh (44 PJ) steigt.
- Obwohl die **Straßenbeleuchtung** ein relevanter Verbrauchs- und Kostenfaktor für die Kommunen darstellt, bestehen noch hohe Energie- und Kosteneinsparpotenziale, die durch **effizientere Systeme** erschlossen werden könnten. So würde ein Ersatz der Leuchten mit Quecksilber-Hochdrucklampen (HME-Lampen) durch Natrium-Hochdrucklampen (HSE-Lampen) zu Stromeinsparungen von rd. 40 % führen. Weitere Einsparungen von rd. 3 % lassen sich durch zentrale, beleuchtungsabhängige Funksteuerung sowie etwa 17,5 % durch die sogenannte Halbnachtschaltung erzielen. Zusätzliche Einsparungen z.B. bei Ampelanlagen, aber auch im Bereich der Straßenbeleuchtung lässt die LED-Technik erwarten. Insgesamt ergibt sich durch diese Maßnahmen ein Einsparpotenzial von fast 50 %, das im Trend aber wohl nur zur Hälfte realisiert werden dürfte. Insgesamt ergibt sich ein Stromeinsparpotenzial von rd. 1,42 TWh (5 PJ) gegen-

über dem stagnierenden Einsatz im Trend, das bis zum Jahr 2010 vollständig umgesetzt werden könnte.

- **Effizientere Kühlmöbel** versprechen ebenfalls erhebliche Einsparpotenziale. Ein Vergleich der am Markt befindlichen Kühlmöbel zeigt eine große Bandbreite von Stromeinsparmöglichkeiten auf. So können die Verbrauchsdifferenzen zwischen dem schlechtesten und dem besten am Markt befindlichen Gerät vielfach bei mehr als 50 %, teilweise sogar bei 70 bis 90 % liegen. Unter der Annahme, dass der Bestandsdurchschnitt heute bereits näher am Mittelwert als am schlechtesten Wert der am Markt angebotenen Kühlmöbel liegt, ergibt sich ein Einsparpotenzial von 41 % bei einer künftig ausschließlichen Verwendung von Bestgeräten. Im Trend dagegen kann allerdings unterstellt werden, dass sich der heutige Verbrauchsmittelwert auch als Bestandsdurchschnitt ergeben wird. Damit wären gegenüber heute Einsparungen von 20 % des Stromverbrauchs verbunden. Zusätzliche Einsparpotenziale sind u.a. durch Anbringung der Beleuchtung außerhalb der Kühlzonen (schätzungsweise bis zu 10 %), Nachtabdeckung von Kühl- und Gefriertruhen (20 bzw. 80 %), sowie, wenn möglich, durch Wahl einer höheren Temperaturstufe des Kühlmöbels (rd. 20 %) und bedarfsgesteuerte Verdampfer erzielbar. Bei Kühl- und Gefrierräumen sind durch den Einsatz von Verbundkälteanlagen gegenüber Einzelanlagen etwa 10 % Strom einsparbar. Bei einer durchschnittlichen Lebensdauer der Kühlmöbel von ca. 15 Jahren ergibt sich ein Stromeinsparpotenzial durch Neukauf von marktbesten Geräten von 0,4 TWh (1,4 PJ) im Jahr 2005 bzw. 1,5 TWh (5,5 PJ) im Jahr 2020, falls in allen Reinvestitionsfällen heute marktbeste Geräte eingesetzt werden.
- Im Sektor GHD können durch hydraulischen Abgleich sowie den Einsatz **optimierter regelbarer Heizungspumpen** 30 bis 40 % des von den Pumpen benötigten Stroms sowie 5 bis 15 % der Heizenergie eingespart werden. Gegenüber der Trendentwicklung bleibt ein Einsparpotenzial von mindestens 30 %. Das gesamte Einsparpotenzial wird auf 2,4 bis 4,6 TWh (9 bis 17 PJ) Strom und – vorsichtig geschätzt – etwa 13 TWh (47 PJ) Heizenergie veranschlagt.
- Nach Schätzungen traten 1995 etwa 31 % der gesamten **Leerlaufverluste** im Bürobereich auf. Davon entfiel größenordnungsmäßig jeweils die Hälfte auf Telekommunikationseinrichtungen und Informationstechnik, d.h. im weitesten Sinne auf Bürogeräte sowie Telefonanlagen. Diese Geräte benötigten 1996 nach Geiger u.a.¹ etwa 10 TWh. Bis zum Jahr 2005 scheint eine Verringerung der Stand-by-Verbräuche um 55 % bzw. 4,6 TWh

¹ Geiger u.a. (1999).

(knapp 17 PJ) möglich zu sein. Bis zum Jahr 2020 steigt die mögliche Einsparung vor allem aufgrund der stark steigenden Geräteausstattung auf 7,7 TWh (28 PJ).

- Abgesehen vom Einsatz effizienterer Geräte lässt sich der Stromverbrauch auch durch den **Ersatz von elektrischen Heiz- und Warmwasserbereitungsanlagen** durch nicht-elektrische Systeme reduzieren. Im Jahre 1999 betrug der Stromabsatz nach Heizstrom-Sonderabkommen in den Bereichen Landwirtschaft, öffentliche Einrichtungen sowie Handel und Gewerbe knapp 3,6 TWh. Unter der Annahme, dass mindestens 20 % der Nachtspeicherheizungen bis 2005 und 100 % bis 2020 erneuert, dann aber durch nicht-elektrische Systeme ersetzt werden, ergibt sich – bei gleichbleibendem Stromeinsatz wie 1999 – ein Substitutionspotenzial von rd. 0,7 TWh (2,5 PJ) bis 2005 und von 3,6 TWh (13 PJ) bis 2020. Der Stromeinsatz zur Warmwasserbereitung betrug im Jahre 2000 rd. 14,5 TWh (53 PJ). Bis zum Jahre 2005 rechnet das WI mit einem Stromsubstitutionspotenzial von 1,5 TWh (5,4 PJ) und bis 2020 mit einem solchen von 6,1 TWh (22 PJ). (Zum Stromeinsparpotenzial bei Warmwasserbereitungsanlagen vgl. auch oben Kapitel 4.2.3.2.4.)

4.3.3.2.6 Energieeinspar- und CO₂-Minderungspotenziale nach den Ergebnissen des Vorhabens „Politikszenerarien II“

(692) In dem für das Umweltbundesamt bearbeiteten Vorhaben „Politikszenerarien II“ wurde auch der Sektor GHD gesondert untersucht.¹ Dabei wurden neben einem Referenzszenario auch ein 30 %- sowie ein 40 %-Reduktions-Szenario mit Angaben bis zum Jahre 2020 betrachtet. Die Ergebnisse für diese drei Szenarien sind der Tabelle 4–48 zu entnehmen.

(693) Danach steigt der Energieverbrauch im **Referenzszenario** von 1570 PJ im Jahre 1995 auf 1 700 PJ im Jahre 2005 (normale Witterung unterstellt) und vermindert sich danach bis zum Jahr 2020 wieder auf den Ausgangswert von 1570 PJ. Diese Tendenzen erklären sich aus der zurückgehenden Erwerbsbevölkerung, der zunehmenden Energieeffizienz (insbesondere im Gebäude- und Kesselbereich) und auch aus einem höheren Anteil der wissensintensiven Dienstleistungen. Insgesamt ergibt sich eine Energieintensitätsverminderung um fast 2,3 % jährlich. Die Stromintensität vermindert sich um 1,5 %/a. Die direkten CO₂-Emissionen nehmen in diesem Szenario bis 2020 gegenüber 1995 um 9 % auf 62,2 Mio. t CO₂ ab. Davon beruhen fünf Prozentpunkte auf Effizienzverbesserungen und vier Prozentpunkte auf der Substitution von Heizöl und Kohle durch Erdgas.

¹ Vgl. FZ-Jülich (1999).

(694) Gegenüber der Referenzentwicklung reduziert sich der gesamte Endenergiebedarf der Kleinverbraucher bis 2020 im **30 %-Reduktions-Szenario** um etwa 170 PJ oder um 11 %. Gleichzeitig fallen die CO₂-Emissionen im Jahre 2005 um knapp 9 Mio. t CO₂ oder um 12 % geringer aus. Die Differenz schrumpft aber bis auf knapp 3 Mio. t CO₂ oder 4 % im Jahr 2020, weil die Emissionen bereits im Referenzszenario von 2010 bis 2020 stark rückläufig sind. Der relativ hohe Rückgang im 30 %-Reduktions-Szenario gegenüber 1995 von 2,6 Mio. t bis 2005 anstelle eines Anstiegs um 6 Mio. t im Referenzszenario ist weitgehend effizienzbestimmt.

Tabelle 4–48: Energieverbrauch und CO₂-Emissionen im Sektor GHD nach den Ergebnissen des Vorhabens „Politikszenerarien II“

	1995	2005	2010	2020
	Energieverbrauch in PJ			
Referenz - Szenario		1700	1650	1570
30%- Reduktions- Szenario	1570	1530	1496	1400
40%- Reduktions- Szenario		1483	1439	1296
	Minderung gegenüber Referenz - Szenario in %			
30%- Reduktions- Szenario		-10	-9	-11
40%- Reduktions- Szenario		-13	-13	-17
	CO ₂ - Emissionen in Mio. t			
Referenz - Szenario		74,3	70,4	62,2
30%- Reduktions- Szenario	68,3	65,7	65,3	59,6
40%- Reduktions- Szenario		61,6	56,8	45,8
	Minderung gegenüber Referenz - Szenario in %			
30%- Reduktions- Szenario		-12	-7	-4
40%- Reduktions- Szenario		-17	-19	-26

Quelle: FZ-Jülich (1999)

(695) Das 30 %-Reduktions-Szenario zeichnet für die Kleinverbraucher eine Entwicklung, die alle als rentabel einzuschätzenden, aber gehemmten Energieeffizienzpotenziale vollständig ausnutzt. Außerdem zeigen sich erste strukturelle Reduktionen der kohlenstoffhaltigen Energieträger Kohle und Heizöl zugunsten des emissionsarmen Erdgases und, quantitativ freilich nahezu bedeutungslos, der erneuerbaren Energiequellen.

(696) Wichtigste Maßnahme zur Erreichung dieser Reduktionen ist die EnergiesparVO, wobei aufgrund der Ausschöpfung des damit verbundenen Potenzials innerhalb eines Investitionszyklus der Kesselanlagen von ca. 15 Jahren eine deutliche Abflachung der CO₂-Minderung erwartet wird. Durch zusätzliche Länder- und Kommunalaktivitäten (z.B. Motivation, Information, finanzielle Anreize) wird bis 2020 mit einer Minderung um etwa 1 Mio. t gerechnet.

(697) Eine Reihe weiterer Maßnahmen trägt zu einer kontinuierlichen Minderung des Energieverbrauchs, insbesondere des Stromverbrauchs, bei. Dazu gehören:

- die Verbesserung von Kreditprogrammen – European Recovery Programme (ERP), Programme der Deutschen Ausgleichsbank (DtA) und der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) – wobei insbesondere auf die rentablen Stromeinsparpotenziale zu achten sein wird,
- Nutzung der Ergebnisse verstärkter Forschung und Entwicklung, insbesondere im Bereich moderner Fassaden- und Fenstersysteme, Beleuchtungssysteme, Klimatisierung und Kälteerzeugung,
- ein gezieltes Fortbildungsprogramm für Heizungs-, Lüftungs- und Klima-Fachpersonal (Potenzial ist nach einer rd. 15-jährigen Laufzeit bis 2015 im Wesentlichen ausgeschöpft),
- eine erweiterte Förderung und Rolle von Energieagenturen der Bundesländer, auch unterstützt von der Deutschen Energieagentur (DenA),
- Contracting-Förderung und in geeigneten Fällen eine kooperative Beschaffung in Kettenunternehmen des Einzelhandels, Hotel- und Restaurantketten sowie in Filialunternehmen,
- eine ElektroanwendungsVO für Büromaschinen, Umwälzpumpen, Ventilatoren, Klimageräte und -anlagen bzw. alternativ entsprechende Selbstverpflichtungen der Hersteller und Importeure.

(698) Das **40 %-Reduktions-Szenario** bringt gegenüber dem Referenzszenario im Jahre 2020 einen Rückgang des Energieverbrauchs um gut 270 PJ oder rd. 17 %, aber auch eine deutliche Substitution von Heizöl und Kohle durch Naturgas und Fernwärme. Die CO₂-Emissionen fallen deswegen mit knapp 13 Mio. t oder 17 % (2005) bis reichlich 16 Mio. t oder 26 % (2020) gegenüber dem Referenzszenario noch wesentlich niedriger aus. Diese Werte bedeuten für 2020 ganz erhebliche Umstrukturierungen im Energieträgerangebot und weitere Effizienzgewinne, die nur mit erheblichen energiepolitischen Anstrengungen zu realisieren wären.

(699) Die hierzu erforderlichen sektoralen energiepolitischen Maßnahmenkategorien sind dieselben wie im 30 %-Reduktions-Szenario, doch müssten die entsprechenden Instrumente noch wesentlich eingriffsintensiver ausgestaltet werden. Ein großer Anreiz wäre die Veränderung der ökonomischen Rahmenbedingungen durch Einführung einer wirksamen Ener-

gie/CO₂-Steuer, die dazu beitragen könnte, dass die Substitution zu kohlenstoffärmeren Energieträgern ebenso wie die Effizienzsteigerungen unterstützt würden. Die Steuer hätte auch den Vorteil, dass einzelne sektorale Maßnahmen (z.B. finanzielle Anreize) weniger intensiv erforderlich und damit Programmkosten staatlicher Maßnahmen begrenzbarer wären.

(700) **Insgesamt** lassen die Reduktionsszenarien erkennen, dass auch im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen noch große Energieeinspar- und CO₂-Minderungspotenziale vorhanden sind, die durch entsprechende energie- und klimaschutzpolitische Maßnahmen ausgeschöpft werden könnten.

4.3.3.2.7 Verhaltensbezogene Einsparpotenziale

(701) Für verhaltensbezogene Energieeinsparungen im Sektor GHD wurden fünf Querschnittsbereiche identifiziert, die für alle Branchen bedeutsam sind: Heizung, Kühlung und Klimatisierung, Warmwasserbereitung, Beleuchtung und Elektrogerätenutzung.¹ Darüber hinaus wurden branchenspezifische Energieverbrauchs-Segmente betrachtet.

(702) Für den Bereich **Raumheizung** wurde verhaltensbedingt mit einer durchschnittlichen Verminderung des Luftwechsels um ein Drittel und mit einer Raumtemperaturabsenkung von 2 K gerechnet. Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich bei Altbauten ein Rückgang des spezifischen Heizwärmeverbrauchs um 30 % und in Neubauten nach verschärfte Energie-sparverordnung um 25 %. Bezogen auf das Referenzjahr 1995 wären das 64 TWh oder 230 PJ; bis 2020 würde das Potenzial wegen des steigenden Neubauanteils auf 51 TWh oder 184 PJ zurückgehen.

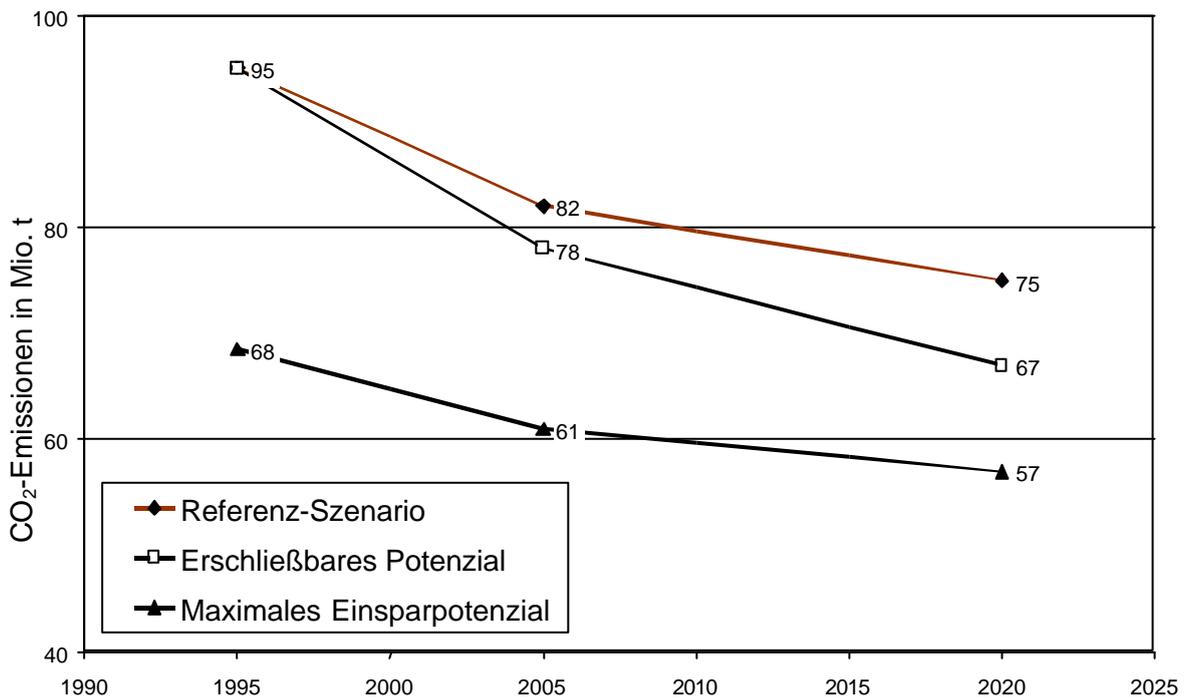
(703) Bei der Berechnung des **Stromeinsparpotenzials** wurde der gesamte Geräte- und Anlagenbestand des Sektors einbezogen. Dabei zeigte sich, dass durch Verhaltensänderungen der Stromverbrauch erheblich reduziert werden könnte. Dabei ist das Potenzial mit 10,4 TWh (rd. 37 PJ) bei der Beleuchtung mit Abstand am höchsten gegenüber 1,9 TWh (7 PJ) bei Klima- und Lüftungsanlagen und 1,8 TWh (6,5 PJ) bei Bürogeräten.

(704) Im **Warmwasserbereich** wurde, bezogen auf das Bedarfsniveau im Jahre 1995, ein verhaltensbedingtes Einsparpotenzial von rd. 47 %, also rd. 10 TWh (36 PJ) ermittelt. Aufgrund des sinkenden Warmwasserbedarfs vermindert sich dieses Potenzial um gut 10 % bis 2020.

¹ Die folgenden Ausführungen zu den verhaltensbezogenen Energieeinsparungen sind der Studie von Böde u.a. (2000a) entnommen. Zu den verhaltensbedingten Potenzialen vgl. auch Ausführungen zu Kapitel 4.3.9.

(705) Als **Gesamtergebnis** wird die Summe der CO₂-Emissionen für Raumwärme, Strom und Warmwasser betrachtet. Dabei wird die autonome Entwicklung der CO₂-Emissionen, d.h. ohne Forcierung von technischem Fortschritt oder von Einsparmaßnahmen, als Referenzszenario zugrunde gelegt. Das maximale Einsparpotenzial allein durch Verhaltensänderungen beträgt für das Basisjahr 1995 rd. 26,5 Mio. t; aufgrund des erwarteten Rückgangs von CO₂-Emissionen und der fortschreitenden Technikentwicklung dürfte es bis 2020 auf etwa 18 Mio. t sinken (Abbildung 4–25). Das tatsächlich erschließbare Potenzial liegt allerdings deutlich niedriger und ist abhängig vom Erfolg von Programmen, die zu klimagerechtem Verhalten aufrufen und motivieren. Insgesamt dürfte sich das maximale Potenzial bis zum Jahr 2005 um etwa 22 % (4,7 Mio. t CO₂) erschließen lassen; bis 2020 wird mit einer Ausschöpfungsquote von 44 % oder von 7,9 Mio. t CO₂ gerechnet. Faktisch dürfte jedoch das Potenzial noch größer sein, wenn man branchenspezifische Verhaltensmaßnahmen hinzurechnet. Dies belegen zumindest die Einzelfalluntersuchungen für ausgewählte Branchen.

Abbildung 4–25: Verhaltensbedingte CO₂-Minderungspotenzial im Sektor GHD



Quelle: Böde u.a. (2000a)

Leerseite (technisch bedingt).

Leerseite (technisch bedingt).

Leerseite (technisch bedingt).