

Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland

Eine Studie von McKinsey & Company, Inc.,
erstellt im Auftrag von „BDI initiativ – Wirtschaft für Klimaschutz“

Sektorperspektive Gebäude

Die vorliegende Sektorperspektive Gebäude ist Teil der sektorübergreifenden Studie „Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland“, die McKinsey & Company, Inc. im Auftrag von „BDI initiativ – Wirtschaft für Klimaschutz“ erstellt hat. Die Ergebnisse der Studie wurden separat in einem Gesamtbericht veröffentlicht. Die Sektorperspektive enthält eine detaillierte Darstellung der Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor in Deutschland. Dem Gebäudesektor wurden dabei neben Wohngebäuden auch alle Gebäude des tertiären Sektors zugerechnet. Darin enthalten sind öffentliche Gebäude wie Schulen und Verwaltungen sowie Gebäude aus den Bereichen Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Produktionshallen und Verwaltungsgebäude der Industrie wurden im Industriesektor betrachtet.

Insgesamt waren mehr als 70 Unternehmen und Verbände an der Bewertung von über 300 Hebeln zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland beteiligt. In der Arbeitsgruppe Gebäude waren dies die BBT Thermotechnik GmbH, der Bundesverband Glasindustrie e.V. (BV Glas), die Dienstleistungsgesellschaft der Niedersächsischen Wirtschaft e.V. (DNW), das Fachinstitut Gebäude-Klima e.V. (FGK), der Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., das Institut für wirtschaftliche Ölheizung e.V. (IWO), die TIP Energieberatung Ledwon, die LUWOGÉ consult GmbH, die Schott AG, die Siemens AG, die Saint-Gobain Isover G+H AG, der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) und der Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (ZVEI). Wir danken den Unternehmen und Verbänden, die an der Ableitung der Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen mitgearbeitet haben, für die konstruktive Zusammenarbeit und den unermüdlichen Einsatz über die vergangenen Monate. Die breite Unterstützung von allen Beteiligten war eine zentrale Voraussetzung für das Gelingen der vorliegenden Studie.

Der BDI dankt den folgenden Sponsoren herzlich für ihre finanzielle Beteiligung:

5



BMW Group



DAIMLERCHRYSLER



EnBW



HEIDELBERGCEMENT

Heraeus

HITACHI
Inspire the Next



FRIEDHELM
LOH
GROUP



SIEMENS



WITZENMANN



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Glossar	9
Zusammenfassung der Studienergebnisse für den Gebäudesektor	13
Herkunft der Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor	19
Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor seit 1990	23
Zukünftige Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Gebäude- sektor mit heutigem Stand der Technik („Stand der Technik“-Projektion)	27
„Stand der Technik“-Projektion: Methodik	27
„Stand der Technik“-Projektion: Annahmen und Ergebnisse für den Gebäudesektor	28
Hebel zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor	35
Bewertung von Hebeln zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen: Methodik	35
Hebel zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor bis 2020	38
<i>Energetische Sanierung von Wohngebäuden auf „7-Liter-Standard“</i>	40
<i>Ersatz alter Heizungsanlagen durch effiziente Technik</i>	41
<i>Energetische Sanierung von Wohngebäuden und Neubau auf „2-Liter-Standard“</i>	43
<i>Energetische Sanierung von Gebäuden des tertiären Sektors</i>	43
<i>Effiziente Lüftungssysteme und Wärmerückgewinnung</i>	44
<i>Energieverbrauchsmonitoring und Regelungssysteme</i>	44
<i>Effiziente Klimaanlage</i>	44
<i>Spitzentechnologie bei Elektrogeräten</i>	45
<i>Effiziente Beleuchtung</i>	46
<i>Weitere Hebel</i>	47
Weitere Entwicklung nach 2020 – Vermeidungspotenziale und -kosten 2030	48
Vergleich der Szenarien	49
<i>Öl-Hochpreisszenario</i>	49
<i>Beschleunigte Umsetzung</i>	50
Voraussetzungen für die Umsetzung und Implikationen	53
Implikationen: Emissionen nach Umsetzung der Vermeidungshebel	54
Anhang: Detailzahlen Vermeidungskostenkurve	61

Glossar

Basisjahr	Basisjahr zur Messung der erreichten Reduzierung von Treibhausgasemissionen im Sinne des Kyoto-Protokolls (1990 für CO ₂ -Emissionen; 1995 für eine Reihe weiterer Treibhausgase); vgl. Nationaler Inventarbericht des UBA (Dessau, März 2007) für Details
CFL	<i>Compact Fluorescent Lamp</i> – Energiesparlampe
CO₂	Kohlendioxid
CO₂e	Kohlendioxid-Äquivalent, d.h. Kennzahl für die Intensität eines Treibhausgases, gemessen an der Treibhauswirkung von Kohlendioxid, z.B. 21 für CH ₄ (Methan), 310 für N ₂ O (Lachgas)
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
Entscheider	Derjenige, der über die Durchführung einer Investition entscheidet, d.h. das Unternehmen (z.B. für Industrieanlagen) bzw. die Privatperson (z.B. der Auto- oder Hausbesitzer)
EUR	Euro
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
Gt	Gigatonne(n), d.h. eine Milliarde [10 ⁹] Tonnen
(Vermeidungs-) Hebel	Technischer Ansatzpunkt zur Verminderung von Treibhausgasemissionen, z.B. Verwendung effizienterer Prozesse oder Materialien
kWh	Kilowattstunde(n)
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LED	<i>Light Emitting Diode</i> – Leuchtdiode
LFL	<i>Linear Fluorescent Lamp</i> – Leuchtstoffröhre
Mt	Megatonne(n), d.h. eine Million [10 ⁶] Tonnen
MWh	Megawattstunde(n), d.h. tausend [10 ³] kWh
PJ	Petajoule, d.h. eine Trillion [10 ¹⁵] Joule
Referenztechnologie	Technologie auf dem Stand der Technik, mit der eine treibhausgaseffiziente Lösung im Hinblick auf Vermeidungspotenzial und -kosten verglichen wird

Sektor	<p>Im Rahmen dieser Studie vorgenommene Gruppierung von Wirtschaftszweigen¹, und zwar</p> <p>Energie: Emissionen aus zentraler, industrieller und dezentraler Stromerzeugung sowie aus der Erzeugung von Nah- und Fernwärme</p> <p>Industrie: Direkte und indirekte Emissionen aller Industriezweige mit Ausnahme der Stromerzeugung und des Transportsektors; inklusive industrieller Wärmeerzeugung</p> <p>Gebäude: Direkte und indirekte Emissionen aus privaten Haushalten und dem tertiären Sektor (GHD, öffentliche Gebäude, Gebäude in der Landwirtschaft)</p> <p>Transport: Emissionen aus dem <i>Straßenverkehr</i> (Personenverkehr: kleine, mittlere und große Personenkraftwagen (PKW), Güterverkehr: leichte Nutzfahrzeuge („Sprinterklasse“), mittlere und schwere Lastkraftwagen (LKW), Busse), dem <i>Schienenverkehr</i> (Personennah- und -fernverkehr, Güter), dem innerdeutschen <i>Luftverkehr</i> (ziviler Personen- und Frachtverkehr), inklusive Effekte durch Veränderungen im Kraftstoffmix (Mineralölindustrie)</p> <p>Entsorgungswirtschaft: Emissionen aus der Deponierung von Abfällen und aus der Behandlung von Abwasser</p> <p>Landwirtschaft: Emissionen aus Viehhaltung und Bewirtschaftung von Böden</p>
Stand der Technik	Durchschnittliche Energie- bzw. Treibhausgas-effizienz im heutigen (2006) Verkaufs- bzw. Investitionsmix
„Stand der Technik“-Projektion	Projektion der Entwicklung von Treibhausgasemissionen in Deutschland auf Basis des heute erwarteten Wirtschaftswachstums und bei allmählicher Durchdringung des Bestands mit dem Stand der Technik (für Details vgl. unten Seite 27ff.)
t	Tonne(n)
Tertiärer Sektor	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD); öffentliche Gebäude; Gebäude in der Landwirtschaft
Treibhausgas	Treibhausgas im Sinne des Kyoto-Protokolls, d.h. CO ₂ (Kohlendioxid), CH ₄ (Methan), N ₂ O (Lachgas), HFC/PFC (Fluorkohlenwasserstoffe) und SF ₆ (Schwefelhexafluorid)

¹ Die Sektoren Energie, Industrie, Gebäude und Transport wurden im Rahmen der Studie jeweils in dedizierten Arbeitsgruppen bearbeitet, an denen Vertreter von Unternehmen und Verbänden teilnahmen, die in den Sektoren als Akteure und/oder Zulieferer aktiv sind. Die Entsorgungswirtschaft und die Landwirtschaft wurden jeweils in einer Reihe von Einzelinterviews mit Experten und Vertretern von Unternehmen und Verbänden diskutiert, jedoch nicht durch eigene Arbeitsgruppen abgedeckt.

TWh	Terawattstunde(n), d.h. eine Milliarde [10 ⁹] kWh
Vermeidungshebel	S. „Hebel“
Vermeidungskosten (in EUR/t CO₂e)	Zusätzliche Kosten (bzw. Ersparnisse), die sich durch den Einsatz einer Technologie mit geringerer Treibhausgasintensität gegenüber dem jeweils vorherrschenden Stand der Technik ergeben (ohne Berücksichtigung von Sekundäreffekten aus volkswirtschaftlicher Sicht), in der vorliegenden Studie aus Sicht des jeweiligen Entscheiders bewertet, d.h. unter Berücksichtigung der jeweils spezifischen Diskontierungsraten und Amortisierungszeiträume
Vermeidungs- kostenkurve	Zusammenstellung von Vermeidungspotenzialen und -kosten für einen Sektor
Vermeidungs- potenzial (in Mt CO₂e)	Potenzial zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen, das sich durch die ambitionierte, aber in der Praxis realisierbare Umsetzung eines Vermeidungshebels ergibt
(Aus Entscheider- sicht) Wirtschaftlicher Vermeidungshebel	Vermeidungshebel, bei dessen Umsetzung für den Entscheider unter Berücksichtigung der jeweiligen Amortisierungszeiträume und Diskontierungsraten Einsparungen entstehen



Zusammenfassung der Studienergebnisse für den Gebäudesektor

Im Gebäudebereich leisten Hebel zur Verbrauchsminderung und zur Steigerung der Energieeffizienz (z.B. Dämmung, Austausch der Heizungsanlage, Wärmerückgewinnung in Lüftungsanlagen, Gebäudemanagementsysteme, effiziente Elektrogeräte und Beleuchtung) den größten Beitrag zur Treibhausgasvermeidung. Dabei bewirkt die gesamthafte Sanierung alter, nicht energieeffizienter Gebäude eine deutlichere Verbesserung als die bloße Umsetzung von Standards für einzelne Gebäudeteile. Da aus den zusätzlichen Investitionen bei diesen Hebeln oft erhebliche Energieeinsparungen resultieren, sind insgesamt knapp 90 Prozent der Vermeidungshebel (63 Mt CO₂e) im Gebäudebereich aus Entscheidersicht wirtschaftlich. Allerdings stehen der Umsetzung dieser Vermeidungshebel oft erhebliche Hürden entgegen wie beispielsweise die Gesamthöhe der Investition, die zum Teil langen Amortisationszeiten von über zehn Jahren oder die unterschiedliche Verteilung von Kosten und Nutzen einer Maßnahme auf Mieter und Vermieter. Wenn es gelingt, die wirtschaftlichen Maßnahmen im Gebäudesektor bis 2020 vollständig umzusetzen, können die Emissionen bis 2020 gegenüber dem heutigen Stand um gut 20 Prozent gesenkt werden. Gegenüber dem Basisjahr entspricht dies einer Reduzierung um 34 Prozent.

Im Jahr 2004 stammte ein Drittel der Treibhausgasemissionen in Deutschland aus dem Gebäudesektor (342 Mt CO₂e). Allerdings wurde nur die Hälfte davon tatsächlich durch direkte Brennstoffnutzung in Gebäuden verursacht (174 Mt CO₂e). Bei der anderen Hälfte (168 Mt CO₂e) handelt es sich um indirekte Emissionen aus Kraft- und Heizwerken, deren Strom- und Fernwärmeversorgung in Gebäuden in Anspruch genommen wurde.

Für das Basisjahr des Kyoto-Protokolls lagen die Treibhausgasemissionen des Gebäudesektors in Deutschland bei 404 Mt CO₂e. Seitdem sind sie – vor allem bedingt durch die strukturellen Umbrüche in den neuen Bundesländern – um 15 Prozent zurückgegangen auf 342 Mt CO₂e (2004). Die Hauptursache für den Rückgang der Emissionen war die Abnahme der direkten Emissionen um insgesamt 45 Mt CO₂e in den Haushalten und im tertiären Sektor. Vor allem in den neuen Bundesländern fanden umfangreiche Gebäudesanierungen (inkl. Dämmung) und weitreichende Modernisierungen der Heizungsanlagen statt. Beispielsweise haben Gas- und Öl-Niedertemperaturkessel mittlerweile fast vollständig die dezentralen Braunkohleheizungen ersetzt. Auch die Emissionen aus Fernwärme sanken dank deutlicher Effizienzgewinne um knapp 40 Prozent. Der Stromverbrauch im Gebäudebereich stieg dagegen gleichzeitig um knapp 20 Prozent an; dieser Anstieg wurde aber durch die verbesserte CO₂-Intensität der Stromerzeugung kompensiert.

Bis 2020/2030 haben im Gebäudebereich die Effizienzsteigerungen durch Bestandsaustausch bzw. Sanierung in der „Stand der Technik“-Projektion einen größeren Effekt als das erwartete Mengenwachstum. Trotz anwachsender Wohnfläche (um etwa 11 Prozent von 2004 bis 2030) gehen die Emissionen aus dem direkten Energieverbrauch durch fortschreitende Sanierung im Altbestand sowie durch effizientere

Neubauten von 177 Mt CO₂e (2004)² auf 156 Mt CO₂e (2020) bzw. 144 Mt CO₂e (2030) zurück. Der Stromverbrauch des Gebäudesektors sinkt in demselben Zeitraum leicht von 268 TWh (2004)³ auf 260 TWh (2020) bzw. 255 TWh (2030). Zwar findet eine weitere Durchdringung mit Elektrogeräten statt (z.B. Wäschetrockner, PCs, Unterhaltungselektronik, Geschirrspülmaschinen, Klimaanlage); gleichzeitig nähert sich aber die durchschnittliche Geräteeffizienz dem heutigen Stand der Technik an. Auf Grund der erhöhten CO₂-Intensität der Stromerzeugung bleiben die indirekten Emissionen des Sektors trotzdem in etwa auf dem heutigen Stand. Die Gesamtemissionen im Gebäudebereich sinken damit von 345 Mt CO₂e (2004)⁴ auf 331 Mt CO₂e (2020) bzw. 312 Mt CO₂e (2030) etwas langsamer als die direkten Emissionen.

Insgesamt wurden im Gebäudebereich Vermeidungshebel mit einem Potenzial von 72 Mt CO₂e (2020) betrachtet. Fast 90 Prozent dieses Potenzials (63 Mt CO₂e) sind aus Sicht des jeweiligen Entscheiders im Prinzip wirtschaftlich. Weitere 4 Mt CO₂e sind zu Vermeidungskosten von 20 bis 100 EUR/t CO₂e realisierbar; dazu gehört vor allem der Einsatz optimierter Klimasysteme im tertiären Sektor. Ein knappes Zehntel des Vermeidungspotenzials (5 Mt CO₂e) würde beim Entscheider Vermeidungskosten von mehr als 100 EUR/t CO₂e verursachen.

Der größte Einzelhebel im Gebäudebereich ist die umfassende Verbesserung von Dämmung und Heizung für Wohngebäude, die vor 1979⁵ errichtet wurden, auf einen „7-Liter-Standard“ (d.h. einen Energieverbrauch von 70 kWh pro Quadratmeter und Jahr entsprechend 7 Litern Heizöl). Bei einer jährlichen energetischen Sanierungsrate von 3 Prozent aller bisher unsanierten Wohngebäude mit Baujahr vor 1979⁶ ergeben sich hierdurch 20 Mt CO₂e Vermeidungspotenzial (2020). Diese Maßnahmen sind ohne Ausnahme wirtschaftlich und rechnen sich mit einer Ersparnis von durchschnittlich knapp 70 EUR/t CO₂e, wenn sie im Zusammenhang mit einer ohnehin stattfindenden Renovierung durchgeführt werden; allerdings liegen die Amortisationszeiten oft deutlich über zehn Jahren. Würde man die jährliche energetische Sanierungsrate über die genannten 3 Prozent hinaus anheben wollen, so würde bei einem Teil der Gebäude die Sanierung „außer der Reihe“, d.h. nicht im Rahmen einer ohnehin notwendigen Instandsetzung stattfinden. Die Kosten, die durch diese vorgezogene Renovierung entstehen, würden die Vermeidungskosten der energetischen Sanierung wesentlich erhöhen, so dass sie für den Entscheider nicht mehr wirtschaftlich wäre. Die durchschnittlichen Vermeidungskosten für das Zusatzpotenzial lägen zwischen 100 und 150 EUR/t CO₂e.

Neben der ganzheitlichen Gebäudesanierung leistet auch der Austausch alter, nach heutigen Maßstäben wenig effizienter Heizungsanlagen in bereits sanierten Altbauten sowie in bisher unsanierten Altbauten einen Beitrag von 8 Mt CO₂e und führt zu einer Kostenersparnis in Höhe von bis zu 90 EUR/t CO₂e.

2 Der Energieverbrauch im Gebäudebereich für 2004 wurde ausgehend von einer Temperaturkorrektur auf Basis der Gradtage leicht nach oben angepasst, um einen mit dem langjährigen Jahresmittel vergleichbaren Aufsetzpunkt für die weitere Berechnung zu haben.

3 Temperaturkorrigiert, vgl. oben Fußnote 2.

4 Temperaturkorrigiert, vgl. oben Fußnote 2.

5 Ab 1979 erbaute Wohngebäude sind deutlich energieeffizienter auf Grund des Inkrafttretens der Wärmereduzierung.

6 Diese Sanierungsrate entspricht einer jährlichen Sanierungsrate von etwa 1,7 Prozent des Gesamtbestands. Sie liegt etwas mehr als doppelt so hoch wie der historisch beobachtete Wert von etwa 0,75 Prozent und ist durchaus ambitioniert. Sollte ein Teil dieser Sanierungen – auf Grund weiter bestehender Hürden – nicht realisiert werden, so kann auch der Austausch von Heizungsanlagen alleine bereits einen Beitrag zur Senkung von Treibhausgasemissionen leisten.

Eine weitergehende Sanierung eines Teils der Wohngebäude im Bestand auf „Passivhausstandard“ (Primärenergiebedarf von 20 kWh pro Quadratmeter und Jahr entsprechend 2 Litern Heizöl) würde das Vermeidungspotenzial um weitere 3 Mt CO₂e erhöhen, wäre im Vergleich aber teuer: Für den Entscheider entstehen hier zusätzliche Vermeidungskosten von 650 bis 950 EUR/t CO₂e. Würde man die Gesamtsanierung von unsaniertem Zustand direkt auf den „2-Liter-Standard“ betrachten, wäre dies je nach Gebäudetyp in der Regel mit deutlich geringeren, aber immer noch nicht wirtschaftlichen Kosten von 150 bis 250 EUR/t CO₂e verbunden.

Im tertiären Sektor (GHD, öffentliche Gebäude, Gebäude in der Landwirtschaft) leisten die Effizienzsteigerung vorhandener Lüftungssysteme sowie verbesserte Energiemonitoring- und -managementsysteme mit 11 Mt CO₂e (2020) den größten Beitrag zur Treibhausgasvermeidung. Die Einführung derartiger Systeme kann beispielsweise im Rahmen eines Energiesparcontractings erfolgen. Auch bei der Umsetzung dieser Maßnahmen entstehen für den Entscheider Einsparungen, und zwar in Höhe von etwa 110 EUR/t CO₂e.

Die energetische Sanierung (Dämmung auf „7 Liter-Standard“) von Schulen und Bürogebäuden leistet einen zusätzlichen Beitrag von gut 3 Mt CO₂e, der mit Einsparungen von rund 20 EUR/t CO₂e verbunden ist. Das im Vergleich zu Wohngebäuden klein erscheinende Potenzial resultiert vor allem aus einer geringeren Gesamtfläche, jedoch auch aus einer geringeren Heizdauer der entsprechenden Gebäude.

Durch den Einsatz von Spitzentechnologie bei Elektrogeräten, insbesondere bei Haushaltsgeräten, Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik, bei Bürogeräten und in der Kühlung im Handel, lassen sich 9 Mt CO₂e vermeiden. Der Einsatz effizientester Leuchtsysteme bei Innen- und Straßenbeleuchtung bringt noch einmal 7 Mt CO₂e. Alle entsprechenden Vermeidungshebel leisten sofort einen Beitrag und rechnen sich mit Ersparnissen zwischen 25 und 350 EUR/t CO₂e.

Weitere Hebel, die aus Entscheidersicht wirtschaftlich sind, wie z.B. die Verringerung des Stromverbrauchs durch den Einsatz innovativer Waschmittel, addieren sich auf zusätzlich 5 Mt CO₂e.

Insgesamt können die Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich allein durch die Umsetzung der wirtschaftlichen Hebel mit einem Vermeidungspotenzial von insgesamt 63 Mt CO₂e bis 2020 auf 268 Mt CO₂e reduziert werden. Gegenüber dem Stand von 2004 entspricht dies einer Senkung um gut 20 Prozent; gegenüber dem Basisjahr sinken die Treibhausgasemissionen des Sektors damit sogar um 34 Prozent⁷.

Obwohl ein Großteil der Vermeidungshebel im Gebäudebereich sich im Prinzip aus Entscheiderperspektive rechnet, stehen der Umsetzung der Hebel in der Praxis eine Reihe wesentlicher Hürden entgegen. Bei privaten Entscheidern herrscht verbreitet Unkenntnis über die technischen Möglichkeiten und über die wirtschaftlichen Vorteile von Energiesparmaßnahmen, z.T. auch Unsicherheit über die Förderung bestimmter Technologien. Außerdem sind die Amortisierungszeiten für die entsprechenden Maßnahmen oft lang und die Investitionen sowohl für die Renovierungen an sich als auch für

⁷ Bei Berücksichtigung der Vermeidungsmaßnahmen im Energiesektor ergeben sich Emissionen im Jahr 2020 von 246 Mt CO₂e, was einer Senkung gegenüber 2004 von 28 Prozent entspricht (39 Prozent gegenüber Basisjahr).

die energetischen Verbesserungen vergleichsweise hoch. Das schreckt einzelne Entscheidergruppen ab – beispielsweise junge Familien oder Senioren, aber auch Finanzinvestoren oder Investoren im öffentlichen wie privaten Bereich, die einer Budgetierung unterliegen. Eine weitere Hürde besteht bei der Umsetzung der Vermeidungshebel bei Mietwohnungen: In der Regel trägt hier der Vermieter die Kosten einer energetischen Sanierung des Wohnraums, während der Mieter von den Energieeinsparungen profitiert. Soll das Vermeidungspotenzial im Gebäudesektor ausgeschöpft werden, so müssen diese Hürden zügig und nachhaltig beseitigt werden.

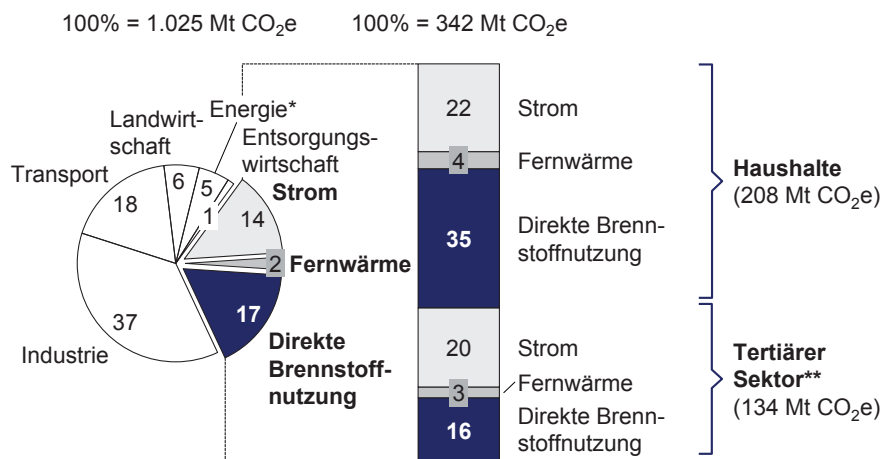


Herkunft der Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor

Im Jahr 2004 stammte ein Drittel der Treibhausgasemissionen in Deutschland aus dem Gebäudesektor (342 Mt CO₂e). Allerdings wurde nur die Hälfte davon tatsächlich durch direkte Brennstoffnutzung in Gebäuden verursacht (174 Mt CO₂e). Bei der anderen Hälfte (168 Mt CO₂e) handelt es sich um indirekte Emissionen aus Kraft- und Heizwerken, deren Strom- und Fernwärmeversorgung in Gebäuden in Anspruch genommen wurde.

Gebäudesektor: Anteil an Treibhausgasemissionen – Deutschland 2004

in Prozent



* Nur Eigenverbrauch der Kraftwerke und Netzverluste; andere Emissionen (313 Mt CO₂e) sind den Stromabnehmern zugeordnet

** Tertiärer Sektor (GHD) und Gebäudeemissionen aus der Landwirtschaft

Quelle: UBA, BMWi, Studie „Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland“ von McKinsey & Company, Inc. im Auftrag von „BDI initiativ – Wirtschaft für Klimaschutz“ – AG Gebäude

Schaubild 1

Knapp zwei Drittel der Emissionen des Gebäudesektors (208 Mt CO₂e) stammten im Jahr 2004 aus privaten Haushalten, etwas mehr als ein Drittel (134 Mt CO₂e) aus dem ebenfalls dem Gebäudesektor zugerechneten tertiären Sektor. Der tertiäre Sektor umfasst öffentliche Gebäude, Gewerbe, Handel sowie Dienstleistungen (u.a. Büros, Hotels und Gaststätten). Produktionshallen und Verwaltungsgebäude der Industrie wurden im Industriesektor betrachtet.

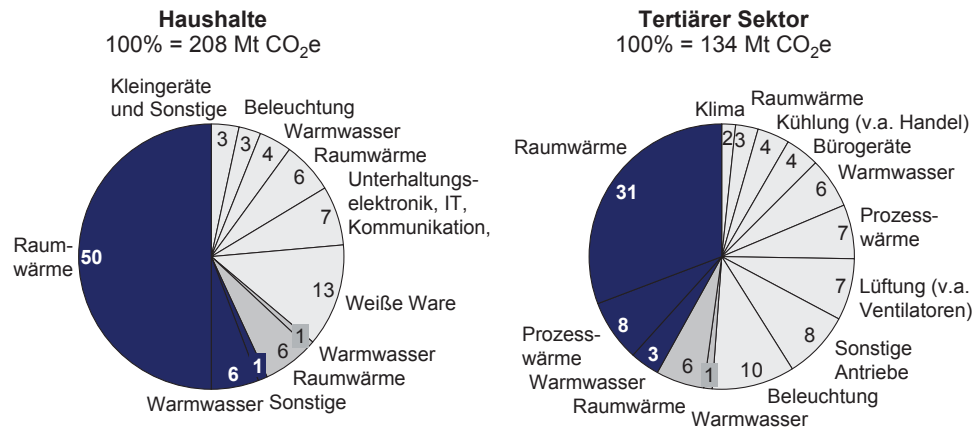
In den Haushalten sind Heizung und Bereitstellung von warmem Wasser Hauptverursacher der Emissionen. Für beide Verwendungszwecke werden sowohl Brennstoffe (vor allem Gas und Öl) direkt als auch Fernwärme und Strom genutzt. In Summe waren dies im Jahr 2004 fast drei Viertel der von den Haushalten verursachten Emissionen, darunter gut die Hälfte aus direkter Brennstoffnutzung in den Gebäuden. Die verbleibenden Emissionsquellen waren insbesondere Haushaltsgeräte („weiße Ware“) mit

einem Anteil von 13 Prozent, Unterhaltungselektronik und IT- bzw. Kommunikationsgeräte mit einem Anteil von 7 Prozent sowie Beleuchtung mit einem Anteil von lediglich 3 Prozent.

Gebäudesektor: Detaillierung Treibhausgasemissionen – Deutschland 2004

in Mt CO₂e

□ Strom □ Fernwärme ■ Direkte Brennstoffnutzung



Quelle: Kyoto reporting, BMWi, VDEW, ZVEI, Studie „Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland“ von McKinsey & Company, Inc. im Auftrag von „BDI initiativ – Wirtschaft für Klimaschutz“ – AG Gebäude

Schaubild 2

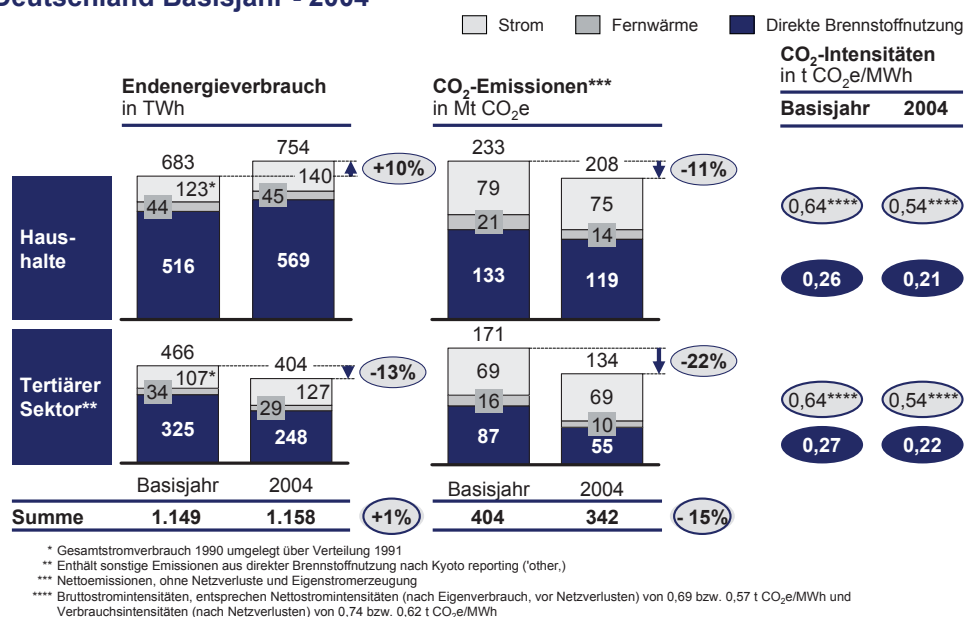
Im tertiären Sektor war der durch Raumwärme und Bereitstellung warmen Wassers verursachte Anteil an den Emissionen mit knapp 50 Prozent deutlich geringer. Zählt man jedoch Prozesswärme hinzu, waren auch hier fast zwei Drittel der Emissionen wärmebedingt. Größte Quellen indirekter Emissionen aus zentraler Stromversorgung waren die Beleuchtung mit einem Anteil von 10 Prozent, Antriebe (z.B. für Pumpen, Fahrtreppen und Produktionsanlagen) mit einem Anteil von 8 Prozent sowie Lüftungsanlagen mit 7 Prozent, Bürogeräte und Kühlungen des Handels mit jeweils 4 Prozent sowie Klimaanlage mit 2 Prozent.



Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor seit 1990

Für das Basisjahr des Kyoto-Protokolls lagen die Treibhausgasemissionen des Gebäudesektors in Deutschland bei 404 Mt CO₂e. Seitdem sind sie – vor allem bedingt durch die strukturellen Umbrüche in den neuen Bundesländern – um 15 Prozent zurückgegangen auf 342 Mt CO₂e (2004). Die Hauptursache für den Rückgang der Emissionen war die Abnahme der direkten Emissionen um insgesamt 45 Mt CO₂e in den Haushalten und im tertiären Sektor. Vor allem in den neuen Bundesländern fanden umfangreiche Gebäudesanierungen (inkl. Dämmung) und weitreichende Modernisierungen der Heizungsanlagen statt. Beispielsweise haben Gas- und Öl-Niedertemperaturkessel mittlerweile fast vollständig die dezentralen Braunkohleheizungen ersetzt. Auch die Emissionen aus Fernwärme sanken dank deutlicher Effizienzgewinne um knapp 40 Prozent. Der Stromverbrauch im Gebäudebereich stieg dagegen gleichzeitig um knapp 20 Prozent an; dieser Anstieg wurde aber durch die verbesserte CO₂-Intensität der Stromerzeugung kompensiert.

Gebäudesektor: Historische Entwicklung Treibhausgasemissionen – Deutschland Basisjahr - 2004



Quelle: Kyoto reporting, VDEW, BMWi, Studie „Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland“ von McKinsey & Company, Inc. im Auftrag von „BDI initiativ – Wirtschaft für Klimaschutz“ – AG Gebäude

Schaubild 3

Zwischen 1990 und 2004 stieg der Endenergieverbrauch der privaten Haushalte um 10 Prozent von 683 auf 754 TWh. Dieser Anstieg resultierte aus zwei gegenläufigen Effekten. Auf der einen Seite nahm die Wohnfläche in Deutschland um 21 Prozent zu⁸ – gleichermaßen zurückzuführen auf eine Zunahme der Zahl an Wohnungen wie

8 „Lange Reihen 1968 bis 2005, Gebäude und Wohnungen“, Statistisches Bundesamt, 2005.

auf einen Anstieg der durchschnittlichen Wohnungsgröße – und die Durchdringung der Haushalte mit Elektrogeräten und Unterhaltungselektronik wuchs. Auf der anderen Seite nahm der spezifische Raumwärmebedarf der Bestandsgebäude durch verbesserte Dämmung ab. Zudem ermöglichte der Einbau effizienterer Heizungen (z.B. der Ersatz von Hochtemperaturkesseln durch Niedertemperaturkessel) eine Senkung des Endenergiebedarfs. Weiterhin stieg die Effizienz von Elektrogeräten deutlich, so dass in Summe etwa die Hälfte des Mengenanstiegs kompensiert werden konnte.

Trotz des Anstiegs des Energieverbrauchs in den Haushalten von 1990 bis 2004 gingen die Emissionen im selben Zeitraum um 10 Prozent zurück. Die spezifischen Emissionen direkter Brennstoffnutzung in den Gebäuden sanken um 19 Prozent (von 0,26 auf 0,21 t CO₂e/MWh⁹), beim Strom um 16 Prozent (von 0,64 auf 0,54 t CO₂e/MWh¹⁰). In der zentralen Stromversorgung wurden die Rückgänge der spezifischen Emissionen durch den Ersatz alter, wenig effizienter Technik durch modernere Anlagen erreicht. Ineffiziente Braunkohlekraftwerke in Ostdeutschland gingen vom Netz und wurden durch modernere Braun- und Steinkohle- sowie Erdgaskraftwerke ersetzt. Bei der direkten Brennstoffnutzung in privaten Haushalten führte neben der bereits erwähnten Reduzierung des Raumwärmebedarfs durch Dämmung und des Endenergiebedarfs durch effizientere Heizungstechnik eine Verschiebung des Brennstoffmix zum Rückgang der Emissionen. In Westdeutschland ließ sich ein Trend von Ölheizungen zu emissionsärmeren Gasheizungen verzeichnen. In Ostdeutschland fielen die Braunkohleöfen fast gänzlich weg und wurden im Wesentlichen durch effiziente und emissionsärmere Gas- und Ölheizungen ersetzt.

Im tertiären Sektor sank der Endenergieverbrauch von 1990 bis 2004 um 13 Prozent von 466 auf 404 TWh. Der mit der Zunahme der Zahl der Beschäftigten um etwa 20 Prozent einhergehende verstärkte Energiebedarf wurde hier in noch wesentlich stärkerem Maße als in den privaten Haushalten durch Effizienzsteigerungen kompensiert. Zu differenzieren sind dabei jedoch die direkte Brennstoffnutzung im Gebäude mit einem Rückgang von 24 Prozent von 1990 bis 2004 und der Verbrauch von Strom, der mit einem Anstieg um 19 Prozent in etwa mit der Anzahl Beschäftigter wuchs. Während der Rückgang der direkten Brennstoffnutzung auf eine Senkung des Wärmebedarfs durch den Einsatz effizienterer Technik zurückzuführen war, führte der zunehmende Technologieeinsatz in den Produktions- und Verwaltungsprozessen zu einem Anstieg des Strombedarfs.

Mit Blick auf die Entwicklung der Emissionen zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den privaten Haushalten. Die Emissionen aus direkter Brennstoffnutzung in den Gebäuden gingen deutlich zurück, die spezifischen Emissionen sanken um 19 Prozent (von 0,27 auf 0,22 t CO₂e/MWh). Die Emissionen aus zentraler Stromversorgung blieben trotz deutlichen Verbrauchsanstiegs auf Grund des Rückgangs der spezifischen Emissionen (von 0,64 auf 0,54 t CO₂e/MWh) konstant. Die Emissionen aus Fernwärmeversorgung spielten auch hier eine eher untergeordnete Rolle und sanken um knapp 40 Prozent.

9 Bei den angegebenen Werten handelt es sich um den Quotienten aus direkten Emissionen, d.h. den direkt bei der Brennstoffnutzung, nicht aber in deren Vorkette anfallenden Emissionen, und der verbrauchten Energiemenge. Biogene Brennstoffe (z.B. Brennholz) sind dabei mit einer direkten Emission von null angenommen.

10 Bei den angegebenen Werten handelt es sich um die Intensitäten der Bruttostromerzeugung, d.h. der Stromerzeugung vor Eigenverbrauch der Kraftwerke und vor Netzverlusten. Ihnen entsprechen als Nettostromintensitäten (nach Eigenverbrauch, vor Netzverlusten) 0,69 bzw. 0,57 t CO₂e/MWh und als Verbrauchsintensitäten 0,74 bzw. 0,62 t CO₂e/MWh.



Zukünftige Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor mit heutigem Stand der Technik („Stand der Technik“-Projektion)

Im Gebäudebereich haben die Effizienzsteigerungen durch Bestandsaustausch bzw. Renovierung in der „Stand der Technik“-Projektion bis 2020/2030 einen größeren Effekt als das erwartete Mengenwachstum. Trotz anwachsender Wohnfläche (um etwa 11 Prozent von 2004 bis 2030) gehen die Emissionen aus dem direkten Energieverbrauch durch fortschreitende Renovierung im Altbestand sowie durch effizientere Neubauten von 177 Mt CO₂e (2004)¹¹ auf 156 Mt CO₂e (2020) bzw. 144 Mt CO₂e (2030) zurück. Der Stromverbrauch des Gebäudesektors sinkt in demselben Zeitraum leicht von 268 TWh (2004)¹² auf 260 TWh (2020) bzw. 255 TWh (2030). Zwar findet eine weitere Durchdringung mit Elektrogeräten statt (z.B. Wäschetrockner, PCs, Unterhaltungselektronik, Geschirrspülmaschinen, Klimaanlage); gleichzeitig nähert sich aber die durchschnittliche Geräteeffizienz dem heutigen Stand der Technik an. Auf Grund der erhöhten CO₂-Intensität der Stromerzeugung bleiben die indirekten Emissionen des Sektors trotzdem in etwa auf dem heutigen Stand. Die Gesamtemissionen im Gebäudebereich sinken damit von 345 Mt CO₂e (2004)¹² auf 331 Mt CO₂e (2020) bzw. 312 Mt CO₂e (2030) etwas langsamer als die direkten Emissionen.

„Stand der Technik“-Projektion: Methodik

Als Aufsetzpunkt für die Bewertung von technischen Hebeln zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen in Deutschland wurde in der vorliegenden Studie eine „Stand der Technik“-Projektion erstellt. Diese Fortschreibung der Emissionsentwicklung je Sektor beruht auf zwei Grundprinzipien:

- Das derzeit prognostizierte Mengenwachstum (z.B. Wohnfläche je Einwohner, Geschirrspülmaschinen je Haushalt) wird als gegeben vorausgesetzt. In Summe entspricht das hier angenommene Wachstum einem Wachstum des Bruttonationalprodukts um 1,6 Prozent pro Jahr.
- Angenommen wird, dass alle neu angeschafften Güter jeweils auf dem durchschnittlichen Stand der Technik sind, der im heutigen Verkaufs- bzw. Investitionsmix erreicht ist. Dabei werden für die verschiedenen Wirtschaftszweige jeweils spezifische Lebensdauern für verschiedene Güter berücksichtigt.

In dieser „Stand der Technik“-Projektion durchdringt der heutige Verkaufs- bzw. Investitionsmix über Zeit den Bestand, bis nach komplettem Austausch aller Güter bzw. Anlagen für den gesamten Bestand die Effizienz dieses heutigen Verkaufs- bzw. Investi-

¹¹ Temperaturkorrigiert, vgl. oben Fußnote 2.

¹² Temperaturkorrigiert, vgl. oben Fußnote 2.

onsmix erreicht ist. Diese „Stand der Technik“-Projektion erlaubt eine Bewertung von technischen Vermeidungshebeln, bei der Doppelzählungen vermieden werden. Damit unterscheidet sich die „Stand der Technik“-Projektion von einem *Business as usual*-Szenario, das üblicherweise implizit sowohl eine zu erwartende Weiterentwicklung von Technologien als auch eine über den heutigen Verkaufs- bzw. Investitionsmix hinausgehende Durchdringung des Bestands mit der effizientesten Technik annimmt.

Bei der Bestandserneuerung wurde davon ausgegangen, dass die ausgetauschten Güter jeweils vollständig vom deutschen Markt verschwinden und in Deutschland keine Energie mehr verbrauchen bzw. keine Emissionen mehr verursachen. Emissionen, die durch einen Export „ausgebrauchter“ Güter (beispielsweise die Weitergabe alter Fahrzeuge oder Flugzeuge ins Ausland) entstehen könnten, wurden – im Sinne der Abgrenzung des Kyoto-Reportings – nicht auf die zukünftigen Treibhausgasemissionen in Deutschland angerechnet. Ferner wurde unterstellt, dass der Umfang zusätzlicher Emissionen, die durch eine Weiterverwendung ausgetauschter Güter innerhalb Deutschlands (z.B. Einsatz alter Kühlschränke oder Fernseher als Zweit- oder Drittgeräte) entstehen könnten, sich nicht signifikant auf den Gesamtenergieverbrauch bzw. die Gesamtemissionen auswirkt.

Bei der Ableitung der „Stand der Technik“-Projektion blieben politische Zielsetzungen und Selbstverpflichtungen einzelner Industrien bewusst unberücksichtigt. Gleiches gilt für staatliche Förderprogramme wie den Ausbau erneuerbarer Energien auf Basis des EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz). Hier wurden lediglich Anlagen berücksichtigt, die sich bereits heute im Bau oder in Planung befinden. Der Ausstieg aus der Kernenergie für die Stromerzeugung in Deutschland wurde jedoch als geltendes Recht im Basis-szenario als gesetzt angenommen.

Die „Stand der Technik“-Projektion unterstellt für alle Sektoren bereits ambitionierte Investitionsentwicklungen. Durch den angenommenen Austausch des Bestands im regulären Investitionszyklus und das Vordringen des heutigen Stands der Technik werden damit in vielen Wirtschaftszweigen im Vergleich zur Effizienz im heutigen Bestand deutliche Effizienzgewinne erzielt.

„Stand der Technik“-Projektion: Annahmen und Ergebnisse für den Gebäudesektor

Für die „Stand der Technik“-Projektion war es zunächst notwendig, eine Temperaturkorrektur für das Basisjahr 2004 vorzunehmen. Da 2004 einen im Vergleich der letzten 25 Jahre milden Winter hatte und auch in Frühjahr und Herbst überdurchschnittlich warm war, wurde der Aufsetzpunkt des Heizenergieverbrauchs für die Projektion auf Basis der Heizgradtage korrigiert¹³.

Für den Energieverbrauch und für die daraus resultierenden Emissionen von Haushalten und tertiärem Sektor wurde eine Reihe von Annahmen getroffen:

13 Heizgradtage aus „Statistical aspects of the energy economy in 2004“, EUROSTAT, 2006.

■ Im Bereich der *Haushalte* wird die Entwicklung des Energieverbrauchs gleichermaßen von einem Mengen- wie von einem Effizienzhebel beeinflusst:

- Wichtigster Mengentreiber des Energieverbrauchs der privaten Haushalte ist die Wohnfläche. Es wird erwartet, dass diese zwischen 2004 und 2030 um 11 Prozent wächst¹⁴. Ebenfalls verbrauchssteigernd wirkt die fortschreitende Durchdringung der Haushalte mit Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik sowie mit Elektrogeräten (insbesondere Wäschetrockner und Geschirrspüler). Gegenläufig wirkt der erwartete Rückgang in der Bevölkerungszahl um 5 Prozent zwischen 2004 und 2030¹⁵.
- Einen zum Mengenwachstum gegenläufigen Effekt bewirkt die anzunehmende Steigerung der durchschnittlichen Effizienz in Raumwärmebedarfen, Heizungsanlagen, Elektrogeräten, Elektronik und Licht. Beim Austausch alter Geräte und bei der Renovierung von Häusern wird jeweils der heutige Stand der Technik verwendet. Dadurch steigt in allen Bereichen der Anteil der effizienten Technik. Damit stellt bereits die „Stand der Technik“-Projektion für die Jahre 2020 und 2030 eine deutliche Effizienzsteigerung gegenüber 2004 dar. Dieser Effekt vollzieht sich bei Elektrogeräten relativ rasch, während er beispielsweise bei Heizungsanlagen mehr Zeit in Anspruch nimmt. Angenommen wird ein Austausch von Heizungsanlagen in einem Zyklus von 25 Jahren (entsprechend 4 Prozent des Gebäudebestands pro Jahr)¹⁶. Für grundlegende Instandsetzungsarbeiten wird hingegen mit einem Zyklus von 30 bis 35 Jahren gerechnet (entsprechend einer Quote von rund 3 Prozent des Gebäudebestands pro Jahr). Dabei wird allerdings angenommen, dass nur ein vergleichsweise geringer Anteil (0,75 Prozent des Gebäudebestands bzw. 1,3 Prozent der vor 1979 errichteten und noch ungeämmten Altgebäude) voll energetisch saniert wird¹⁷. Dies bedeutet, dass auf Fassaden, Kellerdecken und Dachböden Dämmung aufgebracht, die Fenster durch Wärmeschutzverglasung ersetzt und die Heizungsanlagen ausgetauscht werden.

Aus dem Energieverbrauch der Haushalte ergeben sich unter Berücksichtigung der Entwicklung der spezifischen Emissionsintensität die Emissionen. Bei der direkten Brennstoffnutzung in den Gebäuden, insbesondere zu Zwecken von Heizung und Bereitstellung von warmem Wasser, wird in der „Stand der Technik“-Projektion von einer leichten Verschiebung im Brennstoffmix ausgegangen¹⁸. Damit geht auch die Emissionsintensität zurück. Beim Strom hingegen ist, bedingt durch den beschlossenen Ausstieg aus der Nutzung der Kernkraft und die damit einhergehende Notwendigkeit des Zubaus fossil befeuerter Kraftwerke (Braunkohle, Steinkohle, Erdgas), mit einem Anstieg der spezifischen Emissionen zu rechnen. Ausgehend von einer heutigen Emissionsintensität von 0,57 t CO₂e/MWh (bezogen auf die Nettostromerzeugung), wird in der „Stand der Technik“-Projektion mit einem Anstieg auf 0,64 t CO₂e/MWh im Jahr 2020 und 0,62 t CO₂e/MWh im Jahr 2030 gerechnet.

14 Abgeleitet aus „11. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung“, Statistisches Bundesamt, 2006, und „Die Entwicklung des Wärmemarktes für den Gebäudesektor bis 2050“, Kleemann et al., 2000.

15 „11. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung“, Statistisches Bundesamt, 2006, Mittelwert Szenarien 1-W1 und 1-W2.

16 „Potenziale zur Reduzierung der CO₂-Emissionen bei der Wärmeversorgung von Gebäuden in Hessen bis 2012“, IWU, 2007.

17 „Potenziale zur Reduzierung der CO₂-Emissionen bei der Wärmeversorgung von Gebäuden in Hessen bis 2012“, IWU, 2007.

18 Anstieg Gas von 47 Prozent im Jahr 2004 auf 55 Prozent im Jahr 2030, Rückgang Öl von 32 Prozent im Jahr 2004 auf 25 Prozent im Jahr 2030.

■ Auch im *tertiären Sektor* bestimmen Mengen- und Effizienzhebel die Entwicklung des Energieverbrauchs:

- Wichtigste Mengentreiber im tertiären Sektor sind die Zahl der Beschäftigten sowie die Entwicklung der Flächen öffentlicher Gebäude und von Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Es wird angenommen, dass die Zahl der Beschäftigten zwischen 2004 und 2020 um etwa 2,5 Prozent steigt und dann bis 2030 um 4 Prozent fällt¹⁹. Bei einem Wachstum der spezifischen Fläche je Beschäftigten um 0,2 Prozent pro Jahr²⁰ steigt hingegen die Fläche des tertiären Sektors um 6 Prozent bis zum Jahr 2020, um dann bis zum Jahr 2030 um knapp 2 Prozent zu sinken. Analog zum Fortschreiten der Durchdringung der privaten Haushalte mit Elektrogeräten, Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik wird für den tertiären Sektor mit einer deutlichen Zunahme der klimatisierten Fläche gerechnet²¹. Angenommen wird eine gute Verdopplung zwischen 2004 und 2030.
- Auch im tertiären Sektor kompensiert ein deutlicher Effizienzanstieg das Wachstum der Mengentreiber. Mit Blick auf den Raumwärmebedarf leisten sowohl moderne Wärmeerzeugung wie auch zunehmender Einsatz von Regelungstechnik wichtige Beiträge. Die Zunahme des Stromverbrauchs wird gebremst vor allem durch den fortschreitenden Einsatz effizienter Beleuchtungssysteme, Bürogeräte und Klima- und Lüftungstechnik.

Aus dem Energieverbrauch des tertiären Sektors ergeben sich unter Berücksichtigung der Entwicklung der spezifischen Emissionsintensität die in der „Stand der Technik“-Projektion zu erwartenden Emissionen. Wie bereits für die privaten Haushalte dargestellt, wird bei der direkten Brennstoffnutzung, insbesondere zu Zwecken von Heizung und Prozesswärme, in der „Stand der Technik“-Projektion von einer leichten Verschiebung im Brennstoffmix ausgegangen. Damit geht auch die Emissionsintensität zurück. Beim Strom hingegen ist, wie oben beschrieben, mit einem Anstieg der spezifischen Emissionen zu rechnen.

In der „Stand der Technik“-Projektion des Gebäudesektors nimmt der Energieverbrauch vom Jahr 2004 bis zum Jahr 2020 um gut 10 Prozent von 1.172 TWh auf 1.050 TWh ab. Dazu tragen sowohl die privaten Haushalte (13 Prozent Rückgang) als auch der tertiäre Sektor (6 Prozent Rückgang) bei. In beiden Bereichen geht, wie oben dargestellt, vor allem die direkte Brennstoffnutzung in den Gebäuden zurück. Anders als die direkte Brennstoffnutzung nimmt der Stromverbrauch in der „Stand der Technik“-Projektion lediglich in den privaten Haushalten ab (um 9 Prozent), während er im tertiären Sektor sogar leicht ansteigt (um 2 Prozent).

Insgesamt ist die Entwicklung des Energieverbrauchs das Resultat aus in fast allen Bereichen moderatem Mengenwachstum (Flächen, Beschäftigte, Durchdringung mit Elektrogeräten) bei gleichzeitigem Vordringen vorhandener effizienter Technik in den Bestand.

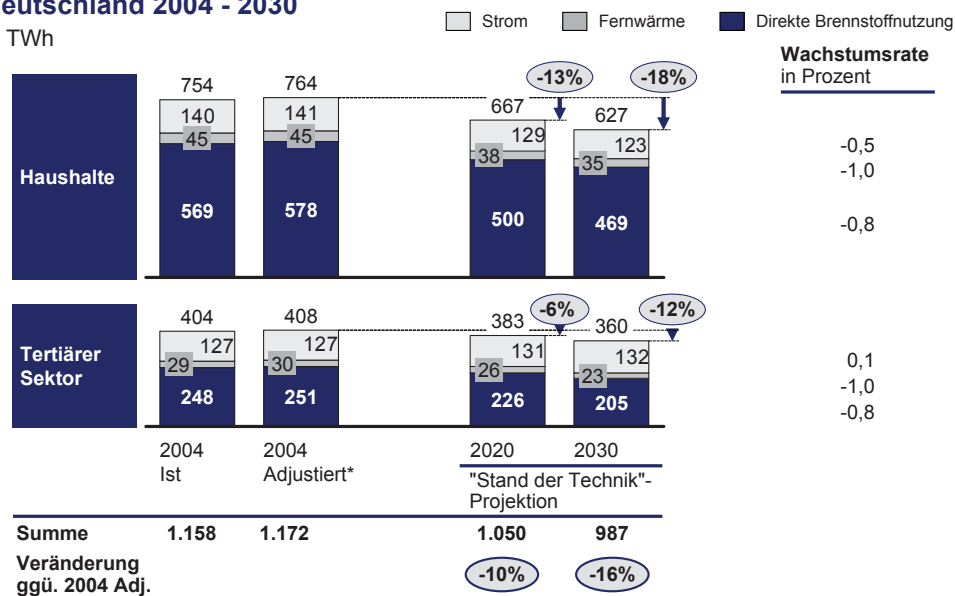
¹⁹ „Klimaschutz in Deutschland bis 2030“, Umweltbundesamt, 2007.

²⁰ Abgeleitet aus „Klimaschutz in Deutschland bis 2030“, Umweltbundesamt, 2007, und „Entwicklung des Handels-/Büroimmobilienbestands in Deutschland“, Feri, 2007.

²¹ „Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners – EECCAC“, ARMINES, 2003.

Gebäudesektor: „Stand der Technik“-Projektion Energieverbrauch – Deutschland 2004 - 2030

in TWh



* Temperaturkorrektur auf Basis Gradtage

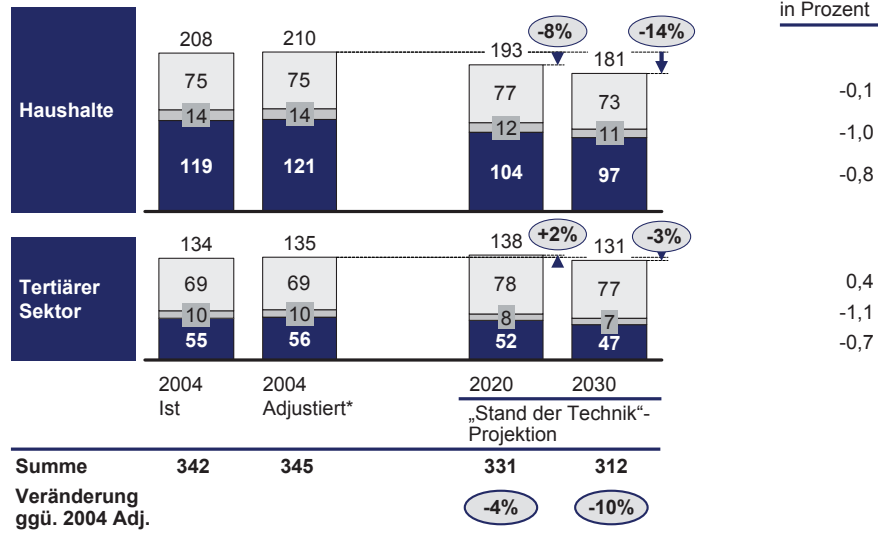
Quelle: Eurostat, BMWi, VDEW, Studie „Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland“ von McKinsey & Company, Inc. im Auftrag von „BDI initiativ – Wirtschaft für Klimaschutz“ – AG Gebäude

Schaubild 4

Aus der Entwicklung des Energieverbrauchs ergeben sich unter Berücksichtigung der spezifischen Emissionsintensitäten die Emissionen des Gebäudesektors. Diese sinken zwischen 2004 und 2020 um 4 Prozent von 345 auf 331 Mt CO₂e, also um 6 Prozent weniger als der oben dargestellte Endenergieverbrauch. Dabei gehen zwischen 2004 und 2020 die Emissionen aus direkter Brennstoffnutzung von 177 Mt CO₂e auf 156 Mt CO₂e, also um etwa 12 Prozent zurück, während indirekte Emissionen aus Strom und Fernwärme um knapp 4 Prozent von 168 auf 175 Mt CO₂e ansteigen. Grund für diese Entwicklung in der „Stand der Technik“-Projektion ist die Zunahme der Emissionsintensität der zentralen Stromversorgung bei nahezu gleich bleibender Intensität der direkten Brennstoffnutzung. Während bei Letzterer die Verschiebung des Mix im Wesentlichen in den 1990er Jahren stattgefunden hat, steht diese im Energiesektor als Folge des Kernkraftausstiegs noch bevor.

Gebäudesektor: „Stand der Technik“-Projektion Treibhausgasemissionen – Deutschland 2004 - 2030

in Mt CO₂e
 Strom
 Fernwärme
 Direkte Brennstoffnutzung

**Wachstumsrate
in Prozent**


* Temperaturkorrektur auf Basis Gradtage

Quelle: Eurostat, Kyoto reporting, Studie „Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland“ von McKinsey & Company, Inc. im Auftrag von „BDI initiativ – Wirtschaft für Klimaschutz“ – AG Gebäude

Schaubild 5



Hebel zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor

In der vorliegenden Studie wurden insgesamt über 300 technische Vermeidungshebel bewertet, davon 32 im Gebäudesektor. Damit sind nach Einschätzung der beteiligten Unternehmen und Verbände alle derzeit diskutierten technischen Ansatzpunkte mit mittlerer bis hoher Realisierungswahrscheinlichkeit abgedeckt. Vermeidungshebel, die zu einer Beeinträchtigung der Lebensqualität führen oder die Industriestruktur fundamental verändern, wurden nicht bewertet.

Bewertung von Hebeln zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen: Methodik

Bei der Bewertung der Vermeidungshebel wurde als Aufsetzpunkt die „Stand der Technik“-Projektion verwendet, die im vorigen Kapitel beschrieben ist. Die Bewertung der Vermeidungspotenziale und -kosten betrachtet neben dem Jahr 2020 auch das Jahr 2030, da im Zeitraum zwischen 2020 und 2030 erhebliche technologische Weiterentwicklungen vor allem im Bereich der Abscheidung und Speicherung von CO₂ (*Carbon Capture and Storage* – CCS) zu erwarten sind. Auf eine weitere Ausweitung des Zeithorizonts wurde verzichtet, da die Einschätzung weitergehender technologischer Entwicklungen für die Jahre nach 2030 aus heutiger Perspektive mit zu hohen Unsicherheiten behaftet ist. Allerdings ist davon auszugehen, dass im Zeitraum bis 2030 weitere innovative Technologien auf den Markt kommen können, die gegenüber heute eine weitere Steigerung der Energieeffizienz bzw. eine weitere Senkung von Emissionen bewirken können.

Jede Maßnahme wurde hinsichtlich ihres Vermeidungspotenzials für Treibhausgasemissionen und ihrer Nettokosten im Vergleich zur Referenztechnologie in der „Stand der Technik“-Projektion bewertet.

Die *Bewertung des Vermeidungspotenzials* erfolgte in drei Schritten:

1. Ermittlung des maximalen technischen Vermeidungspotenzials unter Berücksichtigung von externen Limitationen (z.B. technische Realisierbarkeit, Ressourcenknappheit oder Zyklen der Bestandserneuerung)
2. Festlegung der erwarteten Durchdringungsraten unter der hypothetischen Annahme, dass der Entscheider für die Mehrkosten der jeweiligen Maßnahme kompensiert wird. Die Durchdringung wurde so im Vergleich zum maximalen technischen Potenzial verringert, um beispielsweise nicht ökonomisch motivierten Präferenzen der Entscheider Rechnung zu tragen (z.B. Ablehnung von Energiesparlampen auf Grund besonderer Beleuchtungsbedürfnisse). Grundsätzlich reflektieren die Annahmen über die Durchdringungsraten aber ambitionierte und trotzdem in der Praxis realisierbare Umsetzungsvolumina.
3. Berücksichtigung von Interdependenzen mit anderen Vermeidungshebeln. So verringert z.B. eine erhöhte Wärmedämmung den Heizungsbedarf und damit das Einsparpotenzial von effizienteren Heizungen.

Bei der *Berechnung der Vermeidungskosten* wurde jeweils die Differenz zwischen den Kosten des Vermeidungshebels und den Kosten der jeweiligen Referenztechnologie auf Basis einer Vollkostenrechnung bewertet, die Betriebskosten und Investitionen umfasst. Dabei wurden für neue Technologien jeweils technologiespezifische Lernraten unterstellt, die zu einer allmählichen Kostendegression bis 2020 bzw. bis 2030 führen²². An einem Beispiel aus dem Gebäudesektor kann das Vorgehen illustriert werden: Wenn beispielsweise eine Kühl-Gefrierkombination der Effizienzklasse A++ gegenüber einem Referenzgerät der Klasse A 100 kWh im Jahr weniger Strom verbraucht, spart jene bei einer verbrauchsseitigen Emissionsintensität des Stroms von 0,64 t CO₂e/MWh im Jahr 64 kg CO₂e. Nimmt man einen um 100 EUR höheren Anschaffungspreis und einen Strompreis von 21,4 Cent/kWh an, so beträgt bei einer angenommenen Lebensdauer von zehn Jahren die Ersparnis rund 140 EUR/t CO₂e.

Die Berechnung der Vermeidungskosten erfolgte zum einen aus Perspektive des jeweiligen Entscheiders, zum anderen aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive. In der Gesamtbewertung der Vermeidungspotenziale und -kosten ergeben sich hierdurch zum Teil Unterschiede; einzelne Hebel können je nach Perspektive deutlich teurer oder günstiger sein.

- Bei der Bewertung der Vermeidungshebel aus der *Entscheiderperspektive* wurde insbesondere mit den jeweils spezifischen Amortisierungszeiträumen gerechnet (z.B. zehn Jahre für Elektrohaushaltsgeräte und vier Jahre für Energiesparlampen in privaten Haushalten). Darüber hinaus wurden die jeweiligen Zinssätze der Entscheider berücksichtigt (4 Prozent real für Privathaushalte und den öffentlichen Sektor, 9 Prozent real für Gewerbe, Handel und Dienstleistungen). Schließlich wurden Industrie- bzw. Endverbraucherpreise für Energie ebenso in die Bewertung einbezogen wie relevante Steuern und Förderprogramme (z.B. EEG). Veränderungen in der Kaufbereitschaft, die sich aus der Umsetzung einzelner Vermeidungshebel ergeben können, wurden hingegen nicht abgebildet. Im vorliegenden Bericht werden – sofern nicht ausdrücklich anders angegeben – Vermeidungskosten aus der Entscheiderperspektive angeführt.
- Bei der Bewertung aus *gesamtwirtschaftlicher Perspektive* wurden gesamtwirtschaftliche Amortisierungszeiträume und Kapitalkosten (7 Prozent) veranschlagt. Kosteneinsparungen, z.B. durch reduzierte Energiekosten, wurden zu Herstellkosten der eingesparten Güter eingerechnet. Förderprogramme, Steuern und Transaktionskosten blieben bei der gesamtwirtschaftlichen Perspektive bewusst unberücksichtigt. Auf eine separate Darstellung der gesamtwirtschaftlichen Perspektive wurde hier verzichtet, da für die Umsetzung der einzelnen Vermeidungshebel vor allem relevant ist, wie attraktiv sie für die jeweiligen Investoren sind.

Vermeidungspotenziale und -kosten wurden für jeden Sektor in einer Vermeidungskostenkurve zusammengestellt. Diese Kurve zeigt auf der X-Achse, welchen Beitrag jeder einzelne Vermeidungshebel zur Treibhausgasvermeidung leistet. Auf der Y-Achse sind die Vermeidungskosten pro Tonne CO₂e für den jeweiligen Vermeidungshebel abgetragen, und zwar jeweils für ein bestimmtes Jahr. Die Vermeidungshebel, die sich

²² Im Gebäudesektor basieren die meisten Hebel auf existierender und erprobter Technologie. Lernraten wurden daher nur in Einzelfällen angenommen (z.B. innovative Heizungsanlagen, LEDs).

links in der Vermeidungskurve (auf oder unterhalb der Nulllinie) befinden, sind aus Entscheidersicht über die Nutzungsdauer der Maßnahme wirtschaftlich, d.h. entweder kostenneutral oder sogar mit einer Ersparnis verbunden. Von links nach rechts sind die Maßnahmen in aufsteigender Reihenfolge nach der Höhe der jeweiligen Vermeidungskosten sortiert. Dabei sind die Vermeidungshebel jeweils überschneidungsfrei (auch sich gegenseitig ausschließende Maßnahmen), so dass das Vermeidungspotenzial aller Hebel über die Kurve addiert werden kann. Die Reihenfolge impliziert allerdings nicht, dass die Vermeidungshebel in der dargestellten Abfolge umgesetzt werden sollen. Eine Addition der Vermeidungskosten über die verschiedenen Sektoren hinweg ist nicht möglich, da es hier – auf Grund der gewählten Entscheiderperspektive – zu Überschneidungen kommt.

Für die Bewertung von Maßnahmen zur Steigerung der Stromeffizienz im Gebäudesektor wurde die durchschnittliche CO₂-Intensität der Stromerzeugung der zugebauten Kapazität aus der „Stand der Technik“-Projektion zu Grunde gelegt²³. Wesentliche makroökonomische Grundannahmen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Sektorübergreifende Grundannahmen

		Annahmen			
		2010	2020	2030	Quelle
Allgemeine Grundannahmen	• Jährliches Wachstum BIP	1,6%	1,6%	1,6%	Global Insight
	• Bevölkerungsentwicklung in Mio.	82,0	80,7	78,5	DESTATIS
	• Diskontierungsraten (real)				Arbeitsgruppen
	– Energiesektor	7%	7%	7%	
	– Industriesektor	9,5%	9,5%	9,5%	
	– Gewerbe	9%	9%	9%	
	– Privatpersonen	4%	4%	4%	
Energiepreise, real (2005)	• Rohöl in USD pro Barrel*	57	52	59	Annual Energy Outlook 2007 (EIA)
	– Hochpreisszenario	63	66	75	EWI/EEFA**
	• Steinkohle in EUR/MWh	7,2	7,6	8,1	EWI/EEFA**
	• Braunkohle in EUR/MWh	4,3	4,3	4,3	EWI/EEFA**
	• Erdgas*** in EUR/MWh	20,1	18,8	20,3	EWI/EEFA**
	– Hochpreisszenario	22,0	23,0	25,0	EWI/EEFA**

* Umrechnung: 1 EUR = 1,2 USD

** Energiewirtschaftliches Gesamtkonzept 2030

*** Frei Kraftwerk; berechnet auf Basis EIA Ölpreis

Quelle: Studie „Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland“ von McKinsey & Company, Inc. im Auftrag von „BDI initiativ – Wirtschaft für Klimaschutz“

Schaubild 6

Die Vermeidungspotenziale des Gebäudesektors wurden in drei Szenarien quantifiziert, die sich grundsätzlich nur in Energiekosten und Umsetzungsgeschwindigkeit unterscheiden.

23 Die CO₂-Intensität der Stromerzeugung nach Eigenverbrauch der Kraftwerke und nach Netzverlusten sinkt in der „Stand der Technik“-Projektion von 0,72 t CO₂e/MWh (2004) auf 0,64 t CO₂e/MWh (2020) und steigt dann auf 0,68 t CO₂e/MWh (2030).

- **Basisszenario:** Im Basisszenario werden Maßnahmen dann umgesetzt, wenn dies die gewöhnliche Nutzungsdauer des betroffenen Gebäudes oder Geräts nahelegt. Werden Heizungen etwa, wie in der „Stand der Technik“-Projektion angenommen, im Durchschnitt alle 25 Jahre ausgetauscht, so liegt dieser Zyklus auch den entsprechenden Maßnahmen zu Grunde. Ein Vorziehen der Maßnahme vor den gewöhnlichen Ersatzzeitpunkt erfolgt im Basisszenario nicht.
- **Öl-Hochpreisszenario:** Das Öl-Hochpreisszenario entspricht weitestgehend dem Basisszenario. Unabhängige Variable ist einzig der Rohölpreis. Während das Basisszenario auf einer Entwicklung von 57 über 52 auf 59 USD/Barrel (real 2005) für die Jahre 2010, 2020 und 2030 beruht, wird im Öl-Hochpreisszenario von 63, 66 und 75 USD/Barrel ausgegangen. Ihm folgen der Erdgaspreis und der Strompreis. Letzterer liegt um etwa 1,2 Cent/kWh über dem Ausgangspreis. Mögliche weitergehende Auswirkungen, etwa auf die Kaufkraft, werden nicht betrachtet.
- **Beschleunigte Umsetzung:** Im Szenario „Beschleunigte Umsetzung“, das bezüglich der Energiepreise dem Basisszenario entspricht, werden die Ersatzraten erhöht. Sie wurden dabei so gewählt, dass für die meisten Hebel die Umsetzung im Jahr 2020 weitestgehend abgeschlossen ist. Für einen Teil der Entscheider ändert sich dabei nichts. Sie setzen eine Maßnahme um, die sie auch im Basisszenario umgesetzt hätten, weil der gewöhnliche Ersatzzeitpunkt erreicht ist. Der andere Teil der Entscheider setzt Maßnahmen vor dem Eintreten des gewöhnlichen Ersatzzeitpunkts, also „außer der Reihe“, um. Da in diesem Fall die Kosten für die vorgezogene Sanierung bzw. den vorgezogenen Austausch anfallen, müssen sie voll der Maßnahme angerechnet werden und können nicht als ohnehin anfallende Kosten abgezogen werden.

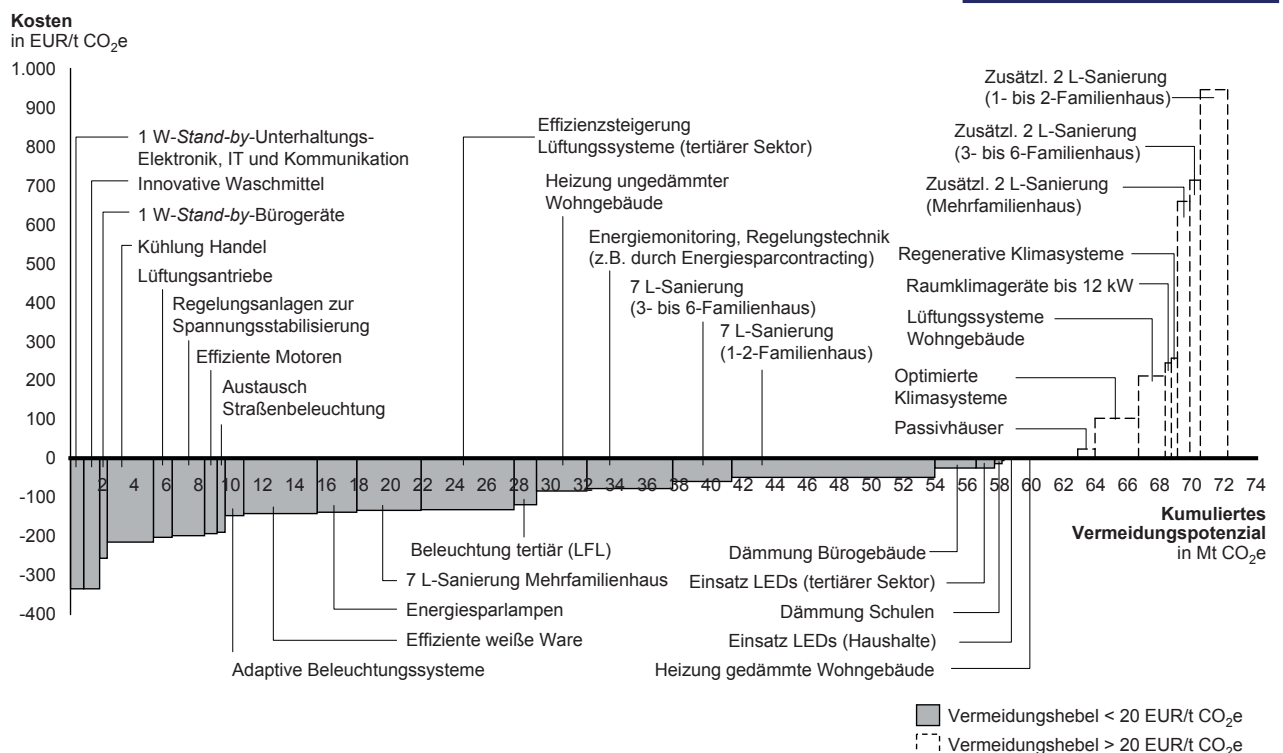
Hebel zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor bis 2020

Im Gebäudebereich leisten Hebel zur Verbrauchsminderung und zur Steigerung der Energieeffizienz (z.B. Dämmung, Austausch der Heizungsanlage, Wärmerückgewinnung in Lüftungsanlagen, Gebäudemanagementsysteme, effiziente Elektrogeräte und Beleuchtung) den größten Beitrag zur Treibhausgasvermeidung. Dabei bewirkt die gesamthafte Sanierung alter, nicht energieeffizienter Gebäude eine deutlichere Verbesserung als die bloße Umsetzung von Standards für einzelne Gebäudeteile. Da aus den zusätzlichen Investitionen bei diesen Hebeln oft erhebliche Energieeinsparungen resultieren, sind insgesamt knapp 90 Prozent der Vermeidungshebel (63 Mt CO₂e) im Gebäudebereich aus Entscheidersicht wirtschaftlich. Allerdings stehen der Umsetzung dieser Vermeidungshebel oft erhebliche Hürden entgegen wie beispielsweise die Gesamthöhe der Investition, die zum Teil langen Amortisierungszeiten von über zehn Jahren oder die unterschiedliche Verteilung von Kosten und Nutzen einer Maßnahme auf Mieter und Vermieter. Wenn es gelingt, die wirtschaftlichen Maßnahmen im Gebäudesektor bis 2020 vollständig umzusetzen, können die Emissionen bis 2020 gegenüber dem heutigen Stand um gut 20 Prozent gesenkt werden. Im zusätzlich zum Basisszenario untersuchten „Öl-Hochpreisszenario“ werden die bewerteten Hebel grundsätzlich wirtschaftlicher. Im Szenario „Beschleunigte Umsetzung“ ließen sich bis zum Jahr 2020 rund 20 Mt CO₂e zusätzliches Potenzial realisieren, allerdings zu Vermeidungskosten von durchschnittlich etwa 150 EUR/t CO₂e.

Insgesamt wurden im Gebäudebereich im Basisszenario Vermeidungshebel mit einem Potenzial von 72 Mt CO₂e (2020) betrachtet. Fast 90 Prozent dieses Potenzials (63 Mt CO₂e) sind aus Sicht des jeweiligen Entscheiders im Prinzip wirtschaftlich. Würden diese Maßnahmen umgesetzt, ergäbe sich eine Reduzierung von 34 Prozent gegenüber 1990 bzw. um 22 Prozent gegenüber 2004²⁴. Weitere 4 Mt CO₂e sind zu Vermeidungskosten von 20 bis 100 EUR/t CO₂e realisierbar, dazu gehört vor allem der Einsatz optimierter Klimasysteme im tertiären Sektor. Ein knappes Zehntel des Vermeidungspotenzials (5 Mt CO₂e) würde beim Entscheider Vermeidungskosten von mehr als 100 EUR/t CO₂e verursachen.

Die größten Beiträge zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen leisten im Gebäudesektor die energetische Vollsaniierung der Gebäude (Dämmung und Heizungsersatz) und der Austausch der Heizungsanlage in zunächst unsaniert verbleibenden oder bereits zu einem früheren Zeitpunkt sanierten Gebäuden, die Optimierung von Kälte-/Klima- und Lüftungstechnik sowie der Einsatz effizientester Elektrogeräte, bedarfsorientierte Regelungstechnik und Gebäudeautomation sowie effiziente Beleuchtungssysteme.

Gebäudesektor: Vermeidungskostenkurve – Deutschland 2020



Quelle: Studie „Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland“ von McKinsey & Company, Inc. im Auftrag von „BDI initiativ – Wirtschaft für Klimaschutz“ – AG Gebäude

Schaubild 7

24 Bei Berücksichtigung der Vermeidungsmaßnahmen im Energiesektor ergeben sich Emissionen im Jahr 2020 von 246 Mt CO₂e, was einer Senkung gegenüber 2004 von 28 Prozent entspricht (39 Prozent gegenüber Basisjahr).

Energetische Sanierung von Wohngebäuden auf „7-Liter-Standard“

Heute werden Gebäude etwa alle 30 bis 35 Jahre grundlegend instand gesetzt. Dies entspricht einer jährlichen Rate von 3,0 Prozent. Allerdings wird nur ein Teil davon zugleich energetisch umfassend saniert (0,75 Prozent bezogen auf den gesamten Gebäudebestand bzw. 1,3 Prozent bezogen auf den unsanierten Altbestand²⁵). Der andere Teil wird mit Blick auf seinen Energieverbrauch lediglich durch den Ersatz der Heizungsanlage verbessert. Diese Raten sind in der „Stand der Technik“-Projektion hinterlegt. Als zusätzlicher Vermeidungshebel wurde daher bewertet, zukünftig statt der bisherigen 1,3 Prozent volle 3,0 Prozent der Altgebäude²⁶ energetisch zu sanieren und damit auf „7-Liter-Standard“ zu bringen²⁷.

Gebäudesektor: Raten energetische Sanierung und Heizungersatz – Wohngebäude

in Prozent der jeweiligen Fläche, Deutschland 2004

 2,0/1,0
 Rate an Teilmenge
 Rate an Gesamtmenge

	Baujahr	Sanierungs- zustand	Anteil an Wohnfläche	Tätigkeit		
				Substanzerhaltende Instandsetzung	Dabei Voll- sanierung	Heizungersatz ohne Sanierung
"Stand der Technik"	Vor 1979	Noch ungedämmt	56	3,0/1,7	1,3/0,75	2,7/1,5
	Vor 1979	Bereits gedämmt	14	3,0/0,4	0/0	4,0/0,6
	Nach 1979	Bereits gedämmt	30	3,0/0,9	0/0	4,0/1,1
Hebel	Vor 1979	Noch ungedämmt	56	3,0/1,7	3,0/1,7	1,0/0,6
	Vor 1979	Bereits gedämmt	14	3,0/0,4	0/0	4,0/0,6
	Nach 1979	Bereits gedämmt	30	3,0/0,9	0/0	4,0/1,1

Ansatz

 Erhöhung
Menge

 Verbesserung
Mix

Schaubild 8

Quelle: IWU, Studie „Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland“ von McKinsey & Company, Inc. im Auftrag von „BDI initiativ – Wirtschaft für Klimaschutz“ – AG Gebäude

Dabei kann die energetische Sanierung schrittweise erfolgen, wenn sie in ein Gesamtkonzept eingebettet ist. Die Kosten für die energetische Sanierung lassen sich durch den Mehraufwand beschreiben, der gegenüber einer reinen Instandhaltungsmaßnahme anfällt, zu der auch die anstehende Erneuerung der Heizungsanlage auf den in der „Stand der Technik“-Projektion definierten Standard zählt. Das Vermeidungspotenzial ergibt sich einerseits aus der Absenkung des Raumwärmebedarfs, anderer-

25 Die Gesamtwohnfläche im Jahr 2004 betrug 3,2 Milliarden Quadratmeter, wovon 2,2 Milliarden Quadratmeter auf den vor 1979 errichteten Altbestand entfielen. Da angenommen werden kann, dass bereits 20 Prozent des Altbestands energetisch saniert waren, verblieb eine ungedämmte Wohnfläche von 1,8 Milliarden Quadratmeter. Umgerechnet auf diese Fläche beträgt die jährliche Sanierungsrate 1,3 Prozent.

26 Bezogen auf den Gesamtbestand der Gebäude entspricht dies einer jährlichen Modernisierungsrate von 1,7 Prozent.

27 Altgebäude lassen sich mit vertretbarem Aufwand auf einen „7-Liter-Standard“, d.h. einen Primärenergiebedarf von 70 kWh pro Quadratmeter und Jahr für Raumwärme bringen. Darüber deutlich hinausgehende Sanierungen erfordern in der Regel Belüftungssysteme, die in der Sanierung nur unter vergleichsweise hohem Aufwand einzubauen sind.

seits aus der gegenüber der „Stand der Technik“-Projektion noch einmal effizienteren Heizungsanlage. Zur Potenzial- und Kostenberechnung wurden die genannten Gebäude nach der Anzahl der Wohneinheiten in drei Gruppen unterteilt, da sich je nach Gebäudetyp die spezifischen Kosten sowie die spezifischen Energieverbräuche vor Optimierung stark unterscheiden²⁸. Das Gesamtpotenzial aus Sanierung auf einen „7-Liter-Standard“ und Ersatz der Heizung beläuft sich für die drei Gebäudegruppen auf 20 Mt CO₂e. Durch die damit verbundene Senkung der Energiekosten ergeben sich für den Privatinvestor Einsparungen von etwa 70 EUR/t CO₂e, wenn man eine Abschreibungsdauer der Investitionen von 25 Jahren zu Grunde legt. Die Maßnahme ist damit aus Entscheidersicht im Prinzip wirtschaftlich. Dennoch müssen existierende Umsetzungshürden überwunden werden, um den notwendigen Anstieg der Sanierungsrate zu erreichen.

Ersatz alter Heizungsanlagen durch effiziente Technik

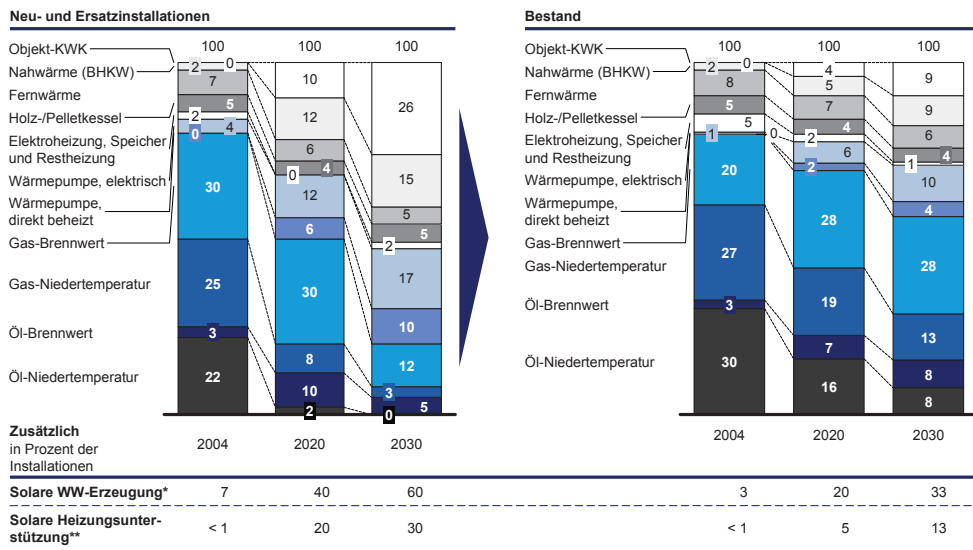
Neben der ganzheitlichen energetischen Gebäudesanierung leistet auch der Austausch alter, nach heutigen Maßstäben wenig effizienter Heizungsanlagen einen Beitrag zur Treibhausgasvermeidung. Heizungsanlagen werden im Durchschnitt etwa alle 25 Jahre ersetzt, was einer jährlichen Austauschrate von 4,0 Prozent entspricht. In der „Stand der Technik“-Projektion wird ein Austausch der alten Heizungsanlage gegen den Verkaufsmix 2006 angenommen. Dieser Mix kann weiter verbessert werden, indem neben Standardtechniken wie Niedertemperatur- und Brennwerttechnik sowie Pellet-Heizkesseln auch neue Technologien wie z.B. solare Warmwassererzeugung und Heizungsunterstützung, Wärmepumpen oder dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung verstärkt zum Einsatz kommen.

Für die solare Warmwassererzeugung wie auch die solare Heizungsunterstützung wird mit einem starken Anstieg der Anteile an Neu- und Ersatzinstallationen gerechnet. Da jedoch die Durchdringung im Bestand relativ lange Zeit in Anspruch nimmt und die durch Sonnenenergie bereitgestellten Wärmemengen bei üblichen Anlagengrößen vergleichsweise klein sind, ergibt sich für das Jahr 2020 lediglich ein Anteil von 2 Prozent an der für Heizung und Warmwassererzeugung benötigten Wärmemenge²⁹. Bis zum Jahr 2030 steigt dieser Anteil auf 6 Prozent.

28 Unterschieden werden Ein- und Zweifamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser mit bis zu sechs Wohneinheiten und größere Mehrfamilienhäuser.

29 Es wird davon ausgegangen, dass die durchschnittliche Anlage zur solaren Warmwassererzeugung jährlich etwa 1.000 kWh Warmwasser erzeugt, was bei einer durchschnittlichen Gebäudegröße von rund 120 m² knapp 9 kWh pro Quadratmeter und Jahr entspricht. Die solare Heizungsunterstützung bringt zusätzlich zu den jährlich 1.000 kWh Warmwasser etwa 2.000 kWh Raumwärme, entsprechend 17 kWh pro Quadratmeter und Jahr.

Gebäudesektor: Entwicklung Heizungs mix – Deutschland 2004 - 2030 in Prozent der Fläche



* Beitrag ca. 9 kWh/m²/a Warmwasser, entsprechend ca. 50 Prozent des Bedarfs

** Beitrag ca. 17 kWh/m²/a Raumwärme plus ca. 9 kWh/m²/a Warmwasser

Quelle: Abgeleitet aus EWI/Prognos, VDEW, Studie „Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland“ von McKinsey & Company, Inc. im Auftrag von „BDI initiativ – Wirtschaft für Klimaschutz“ – AG Gebäude

Schaubild 9

Deutlich ist der Anstieg der Anteile von elektrisch und brennstoffbetriebenen Wärmepumpen bei Neu- und Ersatzinstallationen. Für sie wird für das Jahr 2020 im Wohnbereich mit Verkaufsanteilen von 12 bzw. 6 Prozent gerechnet. Durch die vergleichsweise niedrigen jährlichen Ersatzraten entspricht dies im Bestand ebenfalls zunächst nur 6 bzw. 2 Prozent.

Als drittes Wachstumsfeld gelten im Bereich der Heizungstechnik dezentrale, also objektbezogene Kraft-Wärme-Kopplung etwa aus Stirling-Motoren und zukünftig ggf. auch Brennstoffzellen sowie Nahwärme aus Blockheizkraftwerken in Siedlungen, größeren Gebäudekomplexen und Gewerbebetrieben. Für das Jahr 2020 wird mit einem Installationsanteil von gut einem Fünftel gerechnet, was sich in 9 Prozent des Bestands übersetzt. In der objektbezogenen Kraft-Wärme-Kopplung werden damit im Jahr 2020 4 TWh Strom erzeugt (2005 etwa 1 TWh), in Blockheizkraftwerken der Nahversorgung (Wohngebäude und tertiärer Sektor) weitere 26 TWh (2005 etwa 7 TWh). Zusammen ergibt dies einen Anteil von 6 Prozent an der Bruttostromerzeugung in Deutschland (2005 etwa 1 Prozent). Bis zum Jahr 2030 wird dieser entsprechend auf 8 Prozent (40 TWh) ansteigen, wobei sich das Wachstum im Objektbereich unvermindert fortsetzt, im Bereich der Blockheizkraftwerke jedoch langsam abflacht.

In der Kostenberechnung wurden die Mehrkosten dieses emissionsärmeren Mix gegenüber der „Stand der Technik“-Projektion angesetzt. Da die Einsparpotenziale sich maßgeblich nach dem spezifischen Primärenergieverbrauch des Gebäudes richten, wurde eine Unterteilung der Maßnahme vorgenommen. Neben dem Austausch von Heizungen in neueren bzw. bereits gedämmten Gebäuden wurde auch der Austausch in noch ungedämmten, von der Vollsanierung zunächst ausgenommenen Gebäuden mit Baujahr vor 1979 angenommen. Da, wie zuvor beschrieben, umfassende ener-

getische Sanierungen nur alle 30 bis 35 Jahre stattfinden, Heizungen in der Regel aber nach 25 Jahren ausgetauscht werden müssen, betrifft der zuletzt genannte Heizungstausch jährlich etwa 1,0 Prozent des entsprechenden Gebäudebestandes. Beide Einzelmaßnahmen sind aus Entscheidersicht im Prinzip wirtschaftlich und führen bis 2020 zu einem Einsparpotenzial von knapp 8 Mt CO₂e, mit durchschnittlichen Einsparungen von ca. 35 EUR/t CO₂e.

Energetische Sanierung von Wohngebäuden und Neubau auf „2-Liter-Standard“

Zusätzlich zur oben beschriebenen Vollsanierung von Wohngebäuden auf „7-Liter-Standard“ wurde eine weitergehende Sanierung vom „7-Liter-Standard“ auf einen „2-Liter-Standard“ bewertet. Zur Potenzialberechnung wurde hier allerdings angenommen, dass sich maximal 30 Prozent der Entscheider dazu motivieren lassen, selbst wenn entstehende Mehrkosten ausgeglichen würden. Grund für diese Annahme sind das zum Erreichen eines „2-Liter-Standards“ oder „Passivhaus-Standards“ notwendige Belüftungssystem, das zum Teil als Einschränkung des persönlichen Lüftungsbedürfnisses empfunden wird, sowie die Notwendigkeit erheblicher Umbauten am Gebäude. Unter Annahme dieser Durchdringungsrate ergibt sich ein zusätzliches Potenzial von etwa 3 Mt CO₂e. Eine Sanierung auf einen spezifischen Verbrauch von 20 kWh pro Quadratmeter und Jahr ist in dieser Differenzbetrachtung allerdings mit sehr hohen Kosten verbunden (rund 650 bis 950 EUR/t CO₂e). Würde man die Gesamt-sanierung von unsanierterem Zustand direkt auf den „2-Liter-Standard“ rechnen, wäre dies je nach Gebäudetyp in der Regel mit deutlich geringeren, aber immer noch nicht wirtschaftlichen Kosten von 150 bis 250 EUR/t CO₂e verbunden.

Anders als bei einer Sanierung ist beim Neubau eines Passivhauses (etwa 15 bis 20 kWh Raumwärmebedarf pro Quadratmeter und Jahr) mit vergleichsweise geringeren Mehrkosten zu rechnen. Sie werden mit durchschnittlich 4 Prozent der Bausumme (in Höhe von durchschnittlich 1.800 EUR/m²) veranschlagt. Rechnet man diese Mehrinvestitionen auf einen Abschreibungszeitraum von 25 Jahren, entstehen gegenüber einem Standard-Einfamilienhaus mit ca. 100 kWh Raumwärmebedarf pro Quadratmeter und Jahr aus Entscheidersicht Mehrkosten von 23 EUR/t CO₂e. Die Maßnahme geht von einer Verdreifachung des aktuellen Anteils von Passivhäusern am Neubau von Einfamilienhäusern von derzeit etwa 10 Prozent auf 30 Prozent aus, womit sich ein Einsparpotenzial von rund 1 Mt CO₂e im Jahr 2020 verbindet.

Energetische Sanierung von Gebäuden des tertiären Sektors

Auch im tertiären Sektor kann die Senkung des Wärmebedarfs durch Dämmung einen Beitrag zur Treibhausgasvermeidung leisten. Bei der Dämmung von Bürogebäuden (darunter auch Gebäuden der öffentlichen Verwaltung) auf einen „7-Liter-Standard“ ist ein Einsparpotenzial von etwa 2,6 Mt CO₂e zu erreichen, wenn man eine jährliche energetische Vollsanierungsrate von 2,8 Prozent gegenüber einer Rate von 1,3 Prozent in der „Stand der Technik“-Projektion annimmt. Dies lässt sich im Durchschnitt wirtschaftlich erreichen und führt zu Einsparungen von etwa 25 EUR/t CO₂e.

Bei Schulen beträgt das Potenzial 2020 unter Zugrundelegung einer jährlichen Vollsanierungsrate von 2,0 Prozent (gegenüber 1,0 Prozent in der „Stand der Technik“-Projektion) 0,5 Mt CO₂e. Seine Realisierung führt zu einer Einsparung von etwa 15 EUR/t CO₂e. Dass beide Vermeidungspotenziale deutlich unter denen der Wohn-

gebäude liegen, erklärt sich aus den im Vergleich wesentlich kleineren Flächen sowie durch die geringere Zahl von Heizungsstunden (Wochenenden, Schul- und Betriebsferien, ggf. Nachtabsenkung).

Effiziente Lüftungssysteme und Wärmerückgewinnung

Den größten Hebel der Raumwärmeeinsparung im tertiären Sektor stellen effizientere Lüftungssysteme dar, die über einen Wärmetauscher die kühlere Außenluft durch eine Wärmerückgewinnung vorwärmen. Diese werden bereits in der „Stand der Technik“-Projektion eingesetzt. Die dort angenommene Rückgewinnungsrate von 25 Prozent – in 50 Prozent der Lüftungssysteme wird Wärme zurückgewonnen und die durchschnittliche Effizienz beträgt 50 Prozent – lässt sich durch flächendeckende Installation effizientester Technik auf 75 Prozent steigern. Die damit verbundenen Raumwärme-Einsparpotenziale führen zu einer Emissionsvermeidung von 6 Mt CO₂e im Jahr 2020. Da die Mehrkosten der Maßnahme nur durch die Aggregate zur effizienteren Wärmerückgewinnung gegeben sind, während die notwendigen Lüftungskanäle bereits existieren, ist diese Maßnahme wirtschaftlich und führt zu Einsparungen von 130 EUR/t CO₂e.

Auch in Wohngebäuden ist der Einsatz von Wärmerückgewinnungssystemen möglich. Hier ist jedoch in der Regel eine komplette Neuinstallation eines Lüftungssystems notwendig, da dieses normalerweise nicht vorhanden ist. Ein Potenzial von knapp 2 Mt CO₂e (2020) lässt sich bei Vermeidungskosten von 210 EUR/t CO₂e nicht wirtschaftlich realisieren.

Energieverbrauchsmonitoring und Regelungssysteme

Im tertiären Sektor sind Energieverbrauchsmonitoring- und Regelungssysteme (Gebäudeautomations- und Gebäudemanagementsysteme) sowie die Optimierung bzw. der Austausch der Heizungssysteme wichtige Instrumente zur nachhaltigen Energieverbrauchsreduzierung und damit zur Emissionsreduzierung. Häufig werden sie im Rahmen von Energiesparcontracting eingeführt und nachhaltig genutzt. So lassen sich dauerhafte Reduzierungen von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen von 20 Prozent bei Gebäuden des tertiären Sektors realisieren. Ausgehend von einer Reduzierung des Wärmeverbrauchs (Raum-/Prozesswärme und Warmwasserbereitung) um 20 Prozent³⁰ und einer Anwendbarkeit auf 60 Prozent der Gebäude des tertiären Sektors ergibt sich ein Vermeidungspotenzial von gut 5 Mt CO₂e im Jahr 2020. Die Maßnahme ist aus Sicht des Entscheiders wirtschaftlich und resultiert in einer Einsparung von 80 EUR/t CO₂e.

Effiziente Klimaanlage

Sowohl im Bereich der Raumklimageräte mit weniger als 12 kW Kühlleistung als auch im Bereich der großen Klimasysteme sind deutliche Effizienzpotenziale gegenüber dem heutigen Installationsmix vorhanden. Ein konsequenter Einsatz der effizientesten Technik bei Neu- und Ersatzinstallationen führt zu einem Einsparpotenzial von 3 Mt CO₂e, das sich für beide Gerätegruppen aus einer Minderung des Verbrauchs elektrischer Energie ergibt, bei den großen Klimageräten zudem aus einer anteiligen Einsparung des Raumwärmebedarfs. Diese effizienten Klimasysteme lassen eine

30 „Energiesparpartnerschaften in Berlin“, Berliner Energieagentur, 2007.

zusätzliche Reduzierung des Lüftungsvolumens und somit eine Reduzierung des Raumwärmebedarfs zu. Wirtschaftlich sind diese effizienten Systeme allerdings nicht. Die Vermeidungskosten betragen durchschnittlich 120 EUR/t CO₂e.

Alternativ zu herkömmlichen Klimaanlageanlagen können auch regenerative Kältetechniken wie solare Kaltwasser- oder Kaltluftsysteme eingesetzt werden, die 60 Prozent der Kälteleistung regenerativ und 40 Prozent konventionell über Strom erzeugen. Dazu wird allerdings eine relativ große Kollektorfläche benötigt, die zu hohen Kosten der Maßnahmen von rund 250 EUR/t CO₂e führt. Ausgehend von einem maximalen Anteil an Neuinstallationen von 30 Prozent ergibt sich hierbei im Jahr 2020 ein zusätzliches Einsparpotenzial von 0,4 Mt CO₂e zusätzlich zum Einsatz effizienter Klimaanlageanlagen.

Spitzentechnologie bei Elektrogeräten

Bei den Haushaltsgeräten besteht im Durchschnitt über alle zur „weißen Ware“ gerechneten Geräte zwischen durchschnittlich verkaufter und heute verfügbarer Effizienz von Haushaltsgeräten eine Abweichung von 22 Prozent. Bei den besonders energieintensiven Kühl- und Gefrierschränken beträgt die Abweichung sogar fast 40 Prozent. Bei einem maximalen Verkaufsanteil der effizientesten Geräte von 80 Prozent ergibt sich ein Einsparpotenzial von knapp 5 Mt CO₂e im Jahr 2020. Durch die vergleichsweise kurze Lebensdauer der Geräte von 15 Jahren ist der Ersatz der Geräte dann weitgehend abgeschlossen. Die Mehrinvestitionen für die effizientere Technik werden durch die Energieeinsparungen über die Lebensdauer mehr als kompensiert, so dass sich insgesamt eine Ersparnis von durchschnittlich 140 EUR/t CO₂e ergibt.

Geräte der Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik haben zum Teil noch hohe *Stand-by*-Stromverbräuche. Zwar ist der durchschnittliche Verbrauch im heutigen Verkaufsmix hier schon geringer als der der installierten Geräte, doch liegt er im Schnitt noch deutlich über der technisch möglichen Leistungsaufnahme von unter 1 Watt, die in Anlehnung an die IEA-Initiative für alle Geräte im Haushalt als Zielgröße angenommen wurde³¹. Hätten die Geräte mit reduziertem *Stand-by*-Verbrauch einen Verkaufsanteil von 100 Prozent, würde sich bis zum Jahr 2020 ein Potenzial von über 4 Mt CO₂e ergeben. Da aber der Energieverbrauch bei der Kaufentscheidung keine entscheidende Rolle spielt, wurde hier von einem realisierbaren Verkaufsanteil von nur 20 Prozent bzw. einem Einsparpotenzial von 0,8 Mt CO₂e (2020) ausgegangen. Würde der verminderte *Stand-by*-Verbrauch technischer Standard, wäre das Potenzial entsprechend höher. Die Kosten für die effizientere Technik liegen im Bereich zwischen einem und wenigen Euro. Sie werden in der Regel nicht an den Kunden weitergegeben, da dessen Kaufentscheidung eher von anderen Faktoren abhängt. Daher wurde bei der Bewertung des Hebels davon ausgegangen, dass für den Entscheider keine Mehrkosten entstehen. Durch die Reduzierung des Energieverbrauchs ergibt sich eine Einsparung von mehr als 300 EUR/t CO₂e.

Analog zu den Haushalten wird auch bei den Bürogeräten ein maximaler *Stand-by*-Verbrauch von 1 Watt als Zielgröße angenommen³². Auch hier wird die Kaufentscheidung von anderen Faktoren als dem *Stand-by*-Verbrauch mitbeeinflusst. Allerdings wurde

31 Im *Stand-by*-Modus besitzt das Gerät keine wesentliche Funktion, ist jedoch empfangsbereit für Signale einer Fernbedienung oder nutzt eine integrierte Timerfunktion.

32 Ausgenommen sind Drucker und Kopierer im Bereitschaftsmodus, da hier ein höherer Funktionsumfang vorliegt (z.B. Vorwärmung).

auf Grund einer stärker wirtschaftlichen Betrachtung im tertiären Sektor ein realisierbarer Verkaufsanteil von 80 Prozent angenommen. Durch die deutlich geringeren Gerätezahlen ergibt sich jedoch nur ein Vermeidungspotenzial von 0,4 Mt CO₂e.

Im Bereich der kommerziellen Kühlung stellen die Kühl- und Gefriergeräte im Handel (*Display Cabinets*) ein großes Einsparpotenzial dar. Hierin sind sowohl Gefriertruhen, Getränkekühlschränke wie auch offene Kühlregale enthalten. Teilweise sind sehr hohe spezifische Einsparpotenziale möglich, einerseits durch verbesserte Kältetechnik, andererseits auch durch technische Maßnahmen wie z.B. Glastüren, um den Luftaustausch mit der Umgebung zu minimieren. Dadurch ergibt sich ein Potenzial der Maßnahme von 3 Mt CO₂e im Jahr 2020 bei Einsparungen von knapp 220 EUR/t CO₂e.

Effiziente Beleuchtung

Energiesparlampen haben heute einen Verkaufsanteil von etwa 10 Prozent an Glühlampen. Ihr Anteil im Bestand nimmt auf Grund der höheren Lebensdauer bereits in der „Stand der Technik“-Projektion zu und führt zu Energieeinsparungen. In der Maßnahme wird davon ausgegangen, dass der Verkaufsanteil auf Grund der verbesserten Information der Verbraucher über die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit auf 50 Prozent erhöht werden kann, was im Jahr 2020 zu einem Verhältnis installierter Energiesparlampen zu Glühlampen von etwa 5:1 führt (in der „Stand der Technik“-Projektion etwa 2:3). Aus der Maßnahme ergibt sich ein Einsparpotenzial in Höhe von 2,5 Mt CO₂e (2020). Der Berechnung der Vermeidungskosten ist die vereinfachende Annahme zu Grunde gelegt, dass der Kunde die Mehrinvestition der Energiesparlampe von 5 Euro nicht auf ihre Lebensdauer, sondern auf die mit knapp vier Jahren wesentlich kürzere Lebensdauer einer entsprechenden Glühlampe bezieht. Selbst bei dieser Betrachtung ergibt sich eine Einsparung von 140 EUR/t CO₂e. Unter voller Berücksichtigung der unterschiedlichen Lebensdauern wäre die Ersparnis deutlich höher.

Wie in den Haushalten können auch im tertiären Sektor effizientere Leuchten eingesetzt werden. Betrachtet werden hierbei komplette Leuchtstoffröhrensysteme, bestehend aus Lampe, Vorschaltgerät und Reflektor. Der Effizienzunterschied zwischen installierten Systemen und hocheffizienten Systemen beträgt durchschnittlich 45 Prozent. Der Verkaufsanteil Letzterer liegt in der „Stand der Technik“-Projektion bei 15 Prozent. Der Austausch der Leuchten wird im Zuge einer Innenrenovierung der Büroräume durchgeführt, für die ein 15-jähriger Zyklus unterstellt wird. In der Maßnahme wird davon ausgegangen, dass ausschließlich die effizienten Leuchten installiert werden. Dies ergibt ein Einsparpotenzial von 1,4 Mt CO₂e (2020). Da lediglich die Mehrkosten der effizienten Leuchten berücksichtigt werden, rechnet sich die Maßnahme und führt zu Einsparungen in Höhe von 120 EUR/t CO₂e.

Zusätzlich zu den effizienten Leuchten ist im Bürobereich auch ein Einsatz von adaptiven Regelungssystemen sinnvoll. Durch Anwesenheits- sowie durch Helligkeitssensoren wird hierbei eine weitere Stromeinsparung von durchschnittlich etwa 60 Prozent erreicht. In der Regel sind diese Sensoren in die Leuchte integriert, so dass keine zusätzlichen Installationskosten anfallen. Es wurde angenommen, dass lediglich 70 Prozent aller Leuchtensysteme mit dieser Technik ausgestattet werden können, da zum Teil Vorbehalte gegenüber dieser Technik bestehen (z.B. Einschränkung des Wohlbefindens durch Nichtberücksichtigung individueller Bedürfnisse). Trotz hoher Effizienzdifferenz ergibt sich für 2020 ein moderates Einsparpotenzial von 1,2 Mt CO₂e,

da diese Maßnahme nur für Bürogebäude, nicht für den kompletten tertiären Sektor, und zudem nachrangig gegenüber dem Einsatz der effizienteren Leuchtensysteme bewertet wurde. Die Ersparnis aus Entscheidersicht beträgt etwa 150 EUR/t CO₂e.

Die in jüngster Zeit erzielten hohen Effizienzsteigerungen im Bereich der LED-Technik haben zu ersten marktreifen Produkten geführt. Daher wurde ihr Einsatz sowohl in den Haushalten, als auch im tertiären Sektor angenommen. Ihre Durchdringung ist allerdings von Faktoren wie zukünftiger Effizienzsteigerung und Kostenentwicklung abhängig, wodurch sich eine gewisse Unsicherheit ergibt. Der Berechnung des Potenzials liegt die Annahme zu Grunde, dass Halogensysteme gegen LED-Systeme ausgetauscht werden können. In der Maßnahme wird davon ausgegangen, dass eine steigende Durchdringung mit LED-Technik erreicht werden kann – in erster Linie im tertiären Sektor, wo die LED auf Grund ihrer hohen Lebensdauer bereits wirtschaftlich ist. Unter Annahme eines steigenden Verkaufsanteils von 10 Prozent im Jahr 2010 (bezogen auf Halogenlampen) auf 60 Prozent im Jahr 2020 im tertiären Bereich und einer LED-Leuchteneffizienz von 80 Lumen/Watt ergibt sich ein Einsparpotenzial von 1,2 Mt CO₂e im Jahr 2020, bei einer Einsparung von 25 EUR/t CO₂e³³. Dieser Einsparung liegt eine Kostendegression der Technik von 45 Prozent bis 2020 zu Grunde. Für die Haushalte ergibt sich unter Annahme einer geringeren Durchdringung im Jahr 2020 ein Potenzial von 0,1 Mt CO₂e bei einer Einsparung von 5 EUR/t CO₂e.

Bei der Straßenbeleuchtung ist der sukzessive Austausch noch im Bestand befindlicher ineffizienter Straßenbeleuchtung (u.a. Quecksilberdampflampen) bereits in der „Stand der Technik“-Projektion mit einer jährlichen Rate von 3 Prozent hinterlegt. Diese Austauschrate kann jedoch auf 6 Prozent pro Jahr verdoppelt werden³⁴. Dadurch ergibt sich ein Vermeidungspotenzial von 0,5 Mt CO₂e im Jahr 2020. Unter der Annahme, dass die Investitionen der alten Leuchten bereits abgeschrieben sind und die neuen eine Systemlebensdauer von 30 Jahren aufweisen, ergibt sich eine Einsparung von 190 EUR/t CO₂e. Unter Berücksichtigung der Verminderung des Wartungsaufwands wäre die Einsparung sogar noch etwas höher.

Weitere Hebel

In den unterschiedlichsten Anwendungen im tertiären Sektor sind Elektromotoren verschiedener Effizienzklassen im Einsatz. Der heutige Verkaufsmix wird dominiert von so genannten EFF2-Motoren, d.h. Motoren einer mittleren Effizienzkategorie. Heutige Spitzentechnologie weist eine Effizienzsteigerung um 8 Prozent gegenüber dem Stand der Technik auf (und liegt damit bereits oberhalb des EFF1-Standards). Ihr Einsatz (verbunden mit der Nutzung von lastabhängigen Drehzahlreglern) ermöglicht bei Antriebstechnik von Lüftungssystemen im tertiären Sektor, ausgehend von einem Stromverbrauch von ca. 18 TWh (2004), eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 1,2 Mt CO₂e bei einer Ersparnis von ca. 200 EUR/t CO₂e. Für die übrigen Anwendungen ergibt sich (ohne Drehzahlregler) im Jahr 2020 ein Einsparpotenzial von 0,8 Mt CO₂e, das sich zu Kosteneinsparungen von 190 EUR/t CO₂e realisieren lässt.

33 Berechnung basiert auf der Lebensdauer von Halogenlampen. Unter Berücksichtigung der längeren Lebensdauer der LEDs beträgt die Einsparung mehr als 100 EUR/t CO₂e.

34 Damit ist die noch im Bestand befindliche ineffiziente Straßenbeleuchtung bis zum Jahr 2020 fast vollständig ausgetauscht.

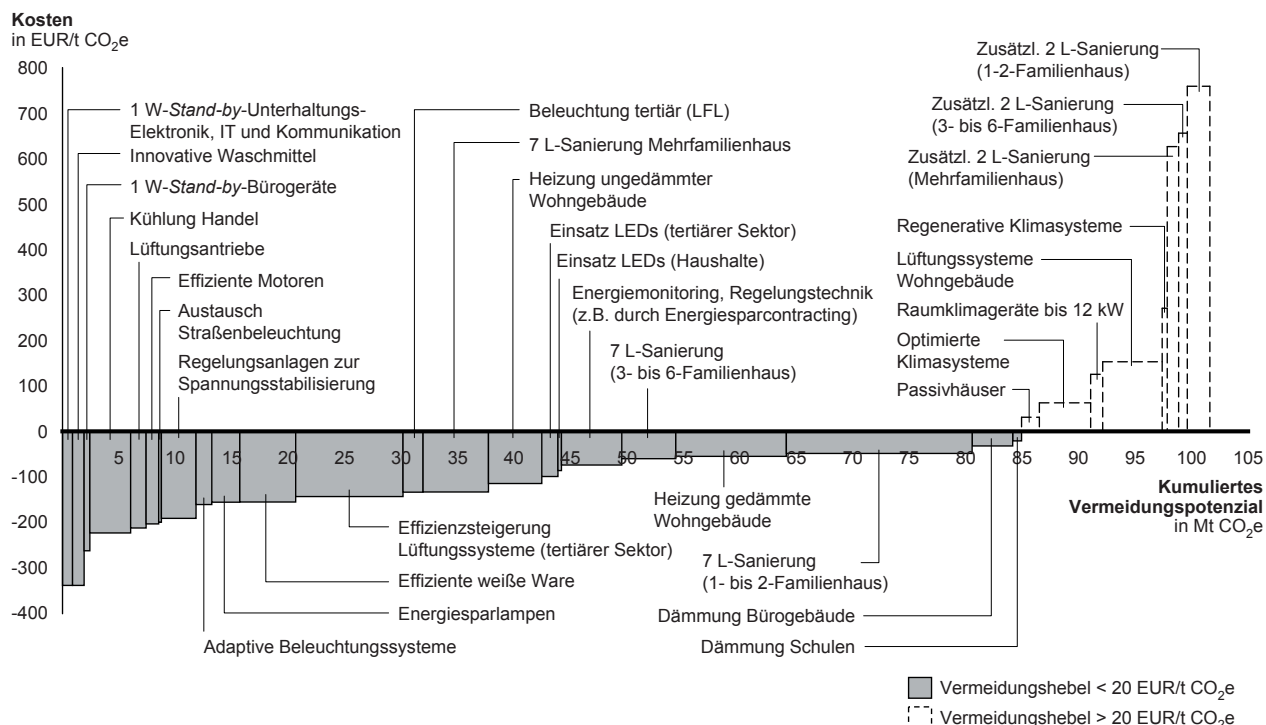
Die Spannungen in deutschen Stromnetzen sind nicht konstant, sondern weisen kurzfristige Schwankungen auf. Damit schwankt auch die Leistungsaufnahme vieler Stromverbraucher. Durch den Einbau von Regelungsanlagen zur Spannungsstabilisierung in die Stromversorgung von Gebäuden des tertiären Sektors lassen sich Schwankungen ausgleichen. So kann die Verlustleistung vieler Verbraucher gesenkt werden. Dadurch können bei vielen Verbrauchern (mit Ausnahme der elektrischen Wärmeherzeugung und elektronisch gesteuerter Verbraucher) Einsparungen in der Größenordnung von 10 bis 15 Prozent erreicht werden. In der Maßnahme wird angenommen, dass im Jahr 2020 30 Prozent der tertiären Gebäude mit einer solchen Anlage ausgestattet sind und diese 13 Prozent des relevanten Stromverbrauchs einsparen kann. Dabei sind Einsparpotenziale zuvor definierter Maßnahmen bereits berücksichtigt. Dies resultiert in einem Vermeidungspotenzial im Jahr 2020 von 2 Mt CO₂e bei einer Kostenersparnis von 200 EUR/t CO₂e.

Neuartige Waschmittel, die auf der Basis innovativer Enzymkombinationen arbeiten, lassen bei konstanter Waschleistung (Saubereit der Wäsche) eine Reduzierung der Waschtemperatur zu. Durch eine Absenkung um durchschnittlich 20 Grad Celsius wird eine deutliche Energieeinsparung erreicht. Es wird davon ausgegangen, dass diese Waschmittel angesichts guter Waschleistungen und zugleich scharfen Wettbewerbs auf dem Waschmittelmärkte, der vermutlich keine Weitergabe von Mehrkosten zulässt, im Jahr 2020 einen Anteil von 80 Prozent haben werden. Das Einsparpotenzial von 1,0 Mt CO₂e führt für die Entscheider zu Kosteneinsparungen von mehr als 300 EUR/t CO₂e.

Weitere Entwicklung nach 2020 – Vermeidungspotenziale und -kosten 2030

Im Jahr 2020 lassen sich, wie in den vorangegangenen Abschnitten im Detail dargestellt, durch Umsetzung der Vermeidungshebel die Treibhausgasemissionen des Gebäudesektors um 72 Mt CO₂e reduzieren. Fast 90 Prozent dieses Potenzials (63 Mt CO₂e) sind aus Sicht des jeweiligen Entscheiders im Prinzip wirtschaftlich. Bis zum Jahr 2030 steigt das Vermeidungspotenzial durch eine fortgeführte Umsetzung der bereits im Jahr 2020 genutzten Hebel auf 102 Mt CO₂e an. Fast 85 Prozent dieses Potenzials (85 Mt CO₂e) sind aus Sicht des jeweiligen Entscheiders im Prinzip wirtschaftlich. Würden diese Maßnahmen umgesetzt, ergäbe sich eine Reduzierung von 44 Prozent gegenüber 1990. Neue, im Jahr 2020 noch kaum relevante Hebel, wie sie etwa mit der Abscheidung und Speicherung von CO₂ im Energie- und Industriesektor entstehen, ergeben sich für den Gebäudesektor aus heutiger Sicht nicht. Das zusätzliche Potenzial ist einzig eine Folge der verstärkten Durchdringung des Bestands mit effizienter Technologie. Dabei stammt der Zuwachs vorwiegend aus den Hebeln „Energetische Sanierung von Wohngebäuden auf ‚7-Liter-Standard‘“ (plus 7 Mt CO₂e), „Ersatz alter Heizungsanlagen durch effiziente Technik“ (plus 7 Mt CO₂e) und „Effiziente Lüftungssysteme und Wärmerückgewinnung“ (plus 4 Mt CO₂e). Hier wirken sich die im Vergleich zu Elektrogeräten und Beleuchtung langen Ersatzzyklen aus. Da auf eine Aufnahme derzeit noch nicht erkennbarer technologischer Weiterentwicklungen verzichtet wurde, sind in den Bereichen Elektrogeräte, Beleuchtung und Sonstige die Potenziale hingegen weitestgehend bereits im Jahr 2020 realisiert.

Gebäudesektor: Vermeidungskostenkurve – Deutschland 2030

**ENTSCHEIDER-
PERSPEKTIVE**
BASISSZENARIO 2030


Quelle: Studie „Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland“ von McKinsey & Company, Inc. im Auftrag von „BDI initiativ – Wirtschaft für Klimaschutz“ – AG Gebäude

Schaubild 10

Vergleich der Szenarien

Wie eingangs (Seite 37ff.) skizziert, wurden die Hebel zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor in drei Szenarien bewertet. Die Szenarien unterscheiden sich grundsätzlich nur in Energiekosten und Umsetzungsgeschwindigkeit. Neben dem bereits eingehend beschriebenen „Basisszenario“ gibt es ein „Öl-Hochpreisszenario“ und ein Szenario „Beschleunigte Umsetzung“.

Öl-Hochpreisszenario

Das Öl-Hochpreisszenario entspricht weitestgehend dem Basisszenario. Unabhängige Variable ist einzig der Rohölpreis. Während das Basisszenario auf einer Entwicklung von 57 über 52 auf 59 USD/Barrel (real 2005) für die Jahre 2010, 2020 und 2030 beruht, wird im Öl-Hochpreisszenario von 63, 66 und 75 USD/Barrel ausgegangen. Ihm folgen der Erdgaspreis und der Strompreis. Letzterer liegt um 1,2 Cent/kWh über dem Ausgangspreis.

Während die Vermeidungspotenziale gegenüber dem Basisszenario sowohl im Jahr 2020 als auch im Jahr 2030 unverändert bleiben, ergeben sich für die Vermeidungskosten der meisten Hebel leichte Änderungen. Generell werden die Hebel wirtschaftlicher,

da mit einer Energieeinsparung eine höhere finanzielle Einsparung verbunden ist. Dies gilt sowohl für die Hebel, welche die Verbräuche von Öl oder Gas reduzieren, als auch für die Hebel, die sich nur auf den Stromverbrauch auswirken. Die Kosten der einzelnen Maßnahmen reduzieren sich um 5 bis 30 EUR/t CO₂e, im Durchschnitt um 21 EUR/t CO₂e. Durch die unterschiedlichen Auswirkungen der Hochpreisannahme ändert sich in Teilen auch die Reihenfolge der Hebel in der Vermeidungskostenkurve. Insgesamt sind die Verschiebungen allerdings gering. Die wesentlichsten Änderungen ergeben sich bei den Passivhäusern und dem Einsatz innovativer Heiztechnik in bereits gedämmten Gebäuden. Bei den Passivhäusern im Neubau fallen die Vermeidungskosten von 23 EUR/t CO₂e auf etwa -10 EUR/t CO₂e. Das im Prinzip wirtschaftliche Potenzial erhöht sich damit um rund 1 Mt CO₂e auf dann 64 Mt CO₂e. Deutlich wirtschaftlich ist mit einer Ersparnis von 30 EUR/t CO₂e nun auch der Einsatz innovativer Heiztechniken in bereits gedämmten Gebäuden, der sich im Basisszenario nur sehr knapp amortisiert hat. Bei Klimasystemen und der Nachrüstung von Lüftungsanlagen sowie bei der zusätzlichen Dämmung von „7-Liter-Standard“ auf „2-Liter-Standard“ bleiben die Vermeidungskosten deutlich positiv. Auch bei Komplettbetrachtung, d.h. Bewertung der kompletten Sanierung ausgehend vom heutigen Raumwärmebedarf auf „2-Liter-Standard“, liegen die Vermeidungskosten noch deutlich über 100 EUR/t CO₂e.

Beschleunigte Umsetzung

Im Szenario „Beschleunigte Umsetzung“, das bezüglich der Energiepreise dem Basis-szenario entspricht, werden die Ersatzraten erhöht. Sie wurden dabei so gewählt, dass für die meisten Hebel die Umsetzung im Jahr 2020 weitestgehend abgeschlossen ist. Für einen Teil der Entscheider ändert sich dabei nichts. Sie setzen eine Maßnahme um, die sie auch im Basisszenario umgesetzt hätten, weil der gewöhnliche Ersatzzeitpunkt erreicht ist. Der andere Teil der Entscheider setzt Maßnahmen vor dem Eintreten des gewöhnlichen Ersatzzeitpunkts, also „außer der Reihe“, um. Da in diesem Fall die Kosten für die vorgezogene Sanierung bzw. den vorgezogenen Austausch anfallen, müssen sie voll der Maßnahme angerechnet werden. Die Erhöhung der Ersatz- oder Sanierungsrate betrifft die gesamthafte Gebäudesanierung, den Ersatz der Heizungsanlagen in bereits sanierten oder zunächst unsaniert verbleibenden Gebäuden, den Einsatz von Anlagen zur Wärmerückgewinnung in Lüftungsanlagen des tertiären Sektors sowie die Sanierung von Bürogebäuden und Schulen. Der Ersatz von Elektrogeräten und Beleuchtung durch effizienteste Technik ist auf Grund der schnelleren Umschlagszyklen bis zum Jahr 2020 bereits im Basisszenario weitgehend abgeschlossen.

Durch das Vorziehen von Ersatz oder Sanierung kann gegenüber dem Basisszenario bis zum Jahr 2020 ein zusätzliches Vermeidungspotenzial von etwa 20 Mt CO₂e erreicht werden. Im Szenario „Beschleunigte Umsetzung“ würden die Emissionen im Jahr 2020 knapp 40 Prozent unter denen des Bezugsjahres 1990 bzw. knapp 30 Prozent unter denen des Jahres 2004 liegen. Da in den Fällen des vorgezogenen Ersatzes jedoch nur anteilig ohnehin anfallende Kosten angerechnet werden können, betragen die durchschnittlichen Vermeidungskosten für das Zusatzpotenzial etwa 150 EUR/t CO₂e. Für das Jahr 2030 ergibt sich kein wesentlicher Unterschied mehr zwischen den Szenarien „Beschleunigte Umsetzung“ und „Basisszenario“.



Voraussetzungen für die Umsetzung und Implikationen

Auffällig ist der im Gebäudesektor mit knapp 90 Prozent sehr hohe Anteil von Maßnahmen, deren Umsetzung aus Entscheiderperspektive unter den angenommenen Entscheidungsparametern im Prinzip wirtschaftlich ist. Rationale, wirtschaftlich denkende Entscheider sollten eigentlich einen großen Teil dieser Maßnahmen bereits realisiert haben. Dass dies jedoch nicht geschehen ist, macht offensichtlich, dass Hürden bestehen, die eine Umsetzung der Maßnahmen behindern. Es müssen also Umsetzungsvoraussetzungen geschaffen werden, um die möglichen Potenziale auch tatsächlich zu realisieren. Die Umsetzung der Maßnahmen im Gebäudesektor hat dann gleichermaßen Auswirkungen für die direkt betroffenen Gebäudeeigentümer und Nutzer, wie auch für eine Vielzahl an Industriezweigen, die an der Umsetzung der Maßnahmen zum Teil wesentlichen Anteil haben. Vor dem Hintergrund des hohen Grades an aus Entscheidersicht im Prinzip wirtschaftlich vorteilhaften Maßnahmen kann insgesamt von einem großen volkswirtschaftlichen Nutzen ausgegangen werden: Die Gebäudenutzer profitieren von einem deutlichen Rückgang der Energiekosten; die Industrie kann mit Lösungen zur Realisierung der Potenziale beitragen und so Wachstumsfelder erschließen.

Im Gebäudesektor gibt es eine Reihe von Implementierungshürden, welche die Umsetzung von Maßnahmen zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen behindern, selbst wenn diese für den individuellen Entscheider wirtschaftlich vorteilhaft sind. Diese Hürden sind nur teilweise monetär. Nur wenn diese Hürden erfolgreich beseitigt werden, können die Treibhausgasemissionen des Gebäudesektors wie ausgewiesen reduziert werden.

- Eine erste Implementierungshürde ist die bei privaten Entscheidern verbreitete, zum Teil aber auch bei Unternehmen und Planern herrschende Unkenntnis über die technischen Möglichkeiten für Energiesparmaßnahmen und deren wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit. In vielen Unternehmen fehlen auch die Managementressourcen, die notwendig wären, um die Potenziale und Einsparungen, die sich aus der Umsetzung der Hebel ergeben können, für den individuellen Fall zu bewerten. Zur Unkenntnis über die technischen Möglichkeiten und Unsicherheit hinsichtlich des anzustrebenden Sanierungsziels (gesamtheitliches Sanierungskonzept, mögliche Sequenzierung der Einzelmaßnahmen) kommt bei vielen Entscheidern eine Unsicherheit hinsichtlich des nahtlosen Ineinandergreifens und der qualitativ hochwertigen und termingerechten Ausführung der Gewerke.
- Das Wissen um die technischen und ökonomischen Möglichkeiten zieht jedoch noch nicht automatisch eine Entscheidung zur Umsetzung der Maßnahme nach sich. Eine nicht geringe Zahl von Entscheidern scheint auf Grund von Unsicherheit angesichts der fortgesetzten Diskussionen um Reduzierungsziele und Verbote oder Förderung bestimmter Technologien abzuwarten (z.B. mögliches Verbot des Einsatzes fossiler Energieträger zur Wärmeversorgung in Neubauten ab dem Jahr 2020, mögliche Anhebung der Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien zur Wärmeversorgung). Bei Amortisationszeiten von zehn und mehr Jahren (z.B.

ganzheitliche Sanierung) führen fortgesetzte Änderungen der ordnungsrechtlichen Rahmenbedingungen zu Planungsunsicherheit und Investitionszurückhaltung.

- Ein dritter sehr wichtiger Punkt ist das so genannte „Mieter-Vermieter-Dilemma“. Es beschreibt das Paradoxon, dass in der Regel Vermieter die Kosten einer energetischen Sanierung von Wohnraum tragen, während Mieter von den Energiekosteneinsparungen profitieren, jedoch bisher weitestgehend kein effizienter monetärer Ausgleich zustande kommt.
- Eine vierte Hürde stellt über alle Entscheidergruppen hinweg die Begrenztheit des zeitlichen Horizonts dar. Im privaten Bereich ist beispielhaft die Zurückhaltung von Senioren zu nennen, die häufig Maßnahmen mit Amortisationsdauern von mehr als zehn Jahren (dazu gehören in der Regel energetische Sanierungen) nicht in Angriff nehmen. Eine ähnliche Zurückhaltung kann bei von Finanzinvestoren vermieteten Wohnungen bestehen, da ihre oftmals auf einen Horizont von wenigen Jahren angelegten Investitionsstrategien eigentlich wirtschaftlich vorteilhafte Maßnahmen verhindern. Auch im tertiären Sektor werden Maßnahmen häufig von kameralistischer Rechnung im öffentlichen Bereich und von Budgetierung in Unternehmen behindert. Grundsätzlich ist bei vielen Entscheidern eher ein Investitionskostenfokus als ein Voll- oder Lebenszykluskostenfokus festzustellen. Auch hier fallen zum Teil investierende und profitierende Abteilung nicht zusammen.
- Die umfassende Sanierung privater oder im Besitz von Genossenschaften befindlicher Wohngebäude wird in nicht wenigen Fällen von der begrenzten Liquidität der Entscheider behindert. Zwar wird die grundsätzliche wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit der Maßnahme zum Teil erkannt, doch viele Entscheider zögern, für über eine reine Instandhaltung (Substanzerhaltung) hinausgehende Maßnahmen (Investition in die Verringerung zukünftiger Nebenkosten) die Verschuldung zu erhöhen bzw. können dies bei gegebener Bonität auf dem Kapitalmarkt nicht oder nur zu hohen Zinssätzen.
- Abschließend sei an dieser Stelle die Vielfalt an Entscheidungskriterien in Verbindung mit einer freien Kombination von Produktmerkmalen genannt. So wird beispielsweise beim Kauf eines Fernsehers der *Stand-by*-Stromverbrauch eine eher untergeordnete Rolle bei der Geräteauswahl spielen (bei der Potenzialberechnung über die Durchdringungsrate berücksichtigt). Auch in Unternehmen werden Investitionsentscheidungen nicht ausschließlich über das Kriterium der Energieeffizienz bzw. der spezifischen Treibhausgasvermeidungskosten gefällt. Andere Investitionskennzahlen spielen in der Regel eine mindestens so wichtige Rolle.

Implikationen: Emissionen nach Umsetzung der Vermeidungshebel

In Summe führen die genannten Implementierungshürden im Gebäudesektor derzeit zu einer starken Behinderung der Maßnahmenumsetzung. Da die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit der meisten untersuchten Maßnahmen nicht erst ein Ergebnis von Entwicklungen der vergangenen Jahre ist, ist davon auszugehen, dass diese aus Entscheidersicht prinzipiell wirtschaftlichen Hebel auch in den nächsten Jahren nicht umgesetzt werden können, wenn keine entschiedenen Schritte zur Überwindung der Hürden unternommen werden.

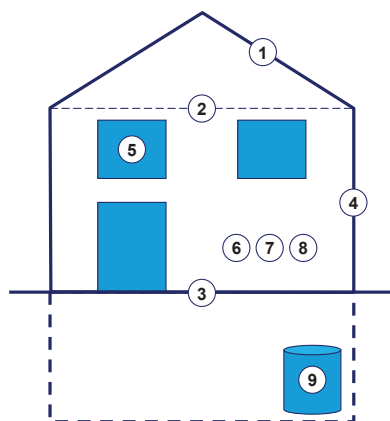
Am Beispiel eines freistehenden Einfamilienhauses (120 Quadratmeter Wohnfläche, Baujahr 1975, bisher unsaniert), das von seinem Besitzer selbst bewohnt wird, sollen nachstehend die Implikationen für den privaten Verbraucher erläutert werden. Würde der Eigentümer lediglich das Gebäude instand halten und die Heizungsanlage gegen den heutigen Stand der Technik tauschen, käme eine Investition in Höhe von etwa 77.000 EUR auf ihn zu, davon 41.000 EUR aus Arbeiten an der Gebäudehülle und 8.000 EUR für eine Standarderneuerung der Heizungsanlage. Zusätzlich fallen im Innenbereich Instandhaltungskosten von insgesamt 28.000 EUR an (z.B. für Renovierungsmaßnahmen an Wänden und Böden, Bäder, Küche). Führt der Eigentümer nun an Stelle der reinen Instandhaltungsarbeiten eine Sanierung auf „7-Liter-Standard“ durch, so erhöhen sich die Investitionen gegenüber der reinen Instandhaltung um ca. 16.500 EUR, davon etwa 5.000 EUR für die Fassadendämmung, 3.000 EUR für die Dämmung der oberen Geschossdecke, 2.500 EUR für höherwertige Fenster sowie 3.000 EUR für die Dämmung der Kellerdecke. Der Einsatz eines modernen Brennwertkessels mit solarer Warmwassererzeugung an Stelle einer Standardheizung führt darüber hinaus zu einer Mehrinvestition von ca. 3.000 EUR. Durch die deutliche Verringerung des Primärenergiebedarfs für Raumwärme und Warmwasser um ca. 200 kWh pro Quadratmeter und Jahr macht sich die Investition nach ungefähr 15 Jahren bezahlt. Die jährliche Energiekostensparnis beträgt für den Hausbesitzer etwa 1.300 EUR. Zwar betragen die Mehrkosten der umfassenden, zukünftige Ersparnisse bringenden energetischen Sanierung nur 21 Prozent gegenüber der allein substanzerhaltenden Instandsetzung, doch macht die Gesamtmaßnahme eine Investition von 93.500 EUR notwendig. Diese stellt für viele private Hauseigentümer eine erhebliche Belastung dar. Der Mangel an Liquidität kann dann schnell dazu führen, dass Einzelhebel ohne Einbindung in ein energetisches Gesamtkonzept energetisch wie ökonomisch nicht effizient umgesetzt werden.

Gebäudesektor: Energetische Sanierung eines Einfamilienhauses auf „7-Liter-Standard“

in EUR, Deutschland 2020

120 m² Wohnfläche, Baujahr 1975

ENTSCHEIDER-
PERSPEKTIVE



	Instandsetzungs- kosten	Zusatzkosten ener- getische Sanierung
① Dach	7.500	–
② Geschossdecke	–	3.000
③ Kellerdecke	–	3.000
④ Fassade	15.500	5.000
⑤ Fenster, Türen	18.000	2.500
⑥ Sanitär	10.000	–
⑦ Küche	8.000	–
⑧ Malerarb., Fußböden	10.000	–
⑨ Heizung	8.000	3.000
Gesamt	77.000	16.500

Die energetische Sanierung senkt den Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser um ca. 200 kWh/m²/a. Die Zusatzkosten von 16.500 EUR (21%) amortisieren sich durch eine jährliche Energiekostensparnis von ca. 1.300 EUR nach etwa 15 Jahren.

Quelle: Studie „Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland“ von McKinsey & Company, Inc. im Auftrag von „BDI initiativ – Wirtschaft für Klimaschutz“ – AG Gebäude

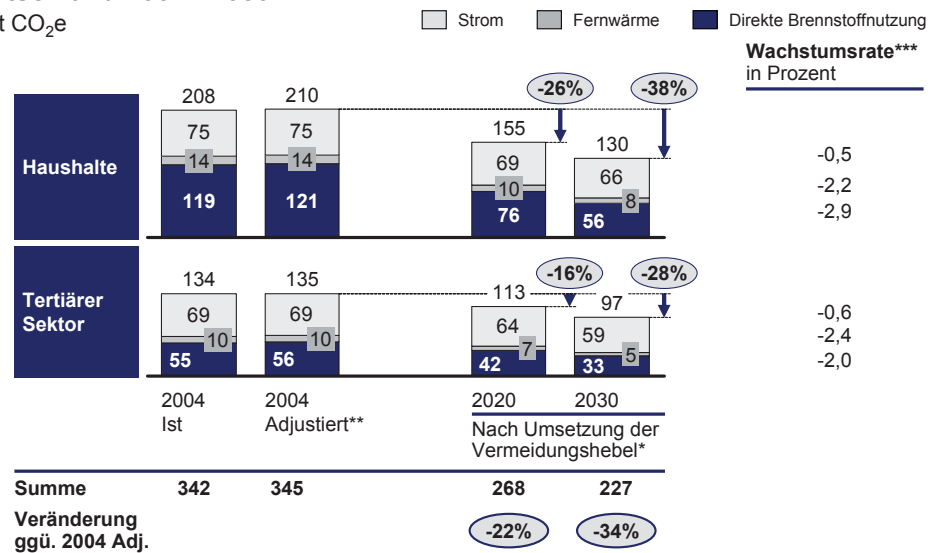
Schaubild 11

Wäre die oben beispielhaft dargestellte Immobilie nicht vom Eigentümer selbst genutzt, sondern vermietet, würden sich für den Eigentümer die zusätzlichen Investitionskosten für die energetische Sanierung in ähnlicher Höhe (16.500 EUR) ergeben. Von der Einsparung an Energiekosten (1.300 EUR pro Jahr) würde jedoch zunächst nur der Mieter profitieren. Zwar sollte sich auf funktionierenden Märkten ein Ausgleich zwischen beiden Parteien einstellen, doch ergibt sich dieser auf vielen Wohnungsmärkten bei heutigem Mietrecht nicht. Dieses Auseinanderfallen von Kosten und Nutzen ist, wie zuvor beschrieben, eine wesentliche Umsetzungshürde für Sanierungsmaßnahmen an Mietwohnungen.

Gelingt es, die beschriebenen Hürden aus dem Weg zu räumen und so das aus Entscheidersicht im Prinzip wirtschaftliche Potenzial von 63 Mt CO₂e im Jahr 2020 zu realisieren, so ergibt sich für den Gebäudesektor eine deutliche Reduzierung der Treibhausgasemissionen.

Gebäudesektor: Emissionen nach Umsetzung der Vermeidungshebel – Deutschland 2004 - 2030*

in Mt CO₂e



* Hebel mit Vermeidungskosten bis zu 20 EUR/t CO₂e

** Temperaturkorrektur auf Basis Gradtage

*** Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate 2004 bis 2030

Quelle: UBA, Studie „Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland“ von McKinsey & Company, Inc. im Auftrag von „BDI initiativ – Wirtschaft für Klimaschutz“ – AG Gebäude

Schaubild 12

Bis zum Jahr 2020 fallen die Emissionen auf 268 Mt CO₂e. Dies entspricht einer Reduzierung um 34 Prozent gegenüber 1990 bzw. um 22 Prozent gegenüber 2004. Dabei ist die Reduzierung in den Haushalten mit 26 Prozent gegenüber 2004 deutlich höher als im tertiären Sektor mit 16 Prozent. Im Jahr 2020 würden nach Umsetzung der wirtschaftlichen Maßnahmen 118 Mt CO₂e direkte Emissionen aus der Nutzung von Brennstoffen in den Gebäuden entstehen. Hinzu kämen indirekte Emissionen aus der Nutzung zentraler Strom- (133 Mt CO₂e) und Fernwärmeversorgung (17 Mt CO₂e). Sowohl in den Haushalten als auch im tertiären Sektor übersteigt die Reduzierung der Emissionen aus direkter Brennstoffnutzung und Fernwärme die Reduzierung der Emissionen des Stromverbrauchs deutlich. Für den gesamten Gebäudesektor sinken die Emissionen aus direkter Brennstoffnutzung um 33 Prozent, die Emissionen aus

Fernwärme um 26 Prozent und die stromseitigen Emissionen um 8 Prozent gegenüber 2004³⁵. Bis zum Jahr 2030 fallen die Emissionen durch Umsetzung der wirtschaftlichen Hebel weiter auf 227 Mt CO₂e, also um 44 Prozent gegenüber 1990 bzw. um 34 Prozent gegenüber 2004. Auch hier übersteigt die Reduzierung in den Haushalten (38 Prozent gegenüber 2004) die im tertiären Sektor (28 Prozent gegenüber 2004). Wiederum sinken die wärmebedingten Emissionen deutlich stärker als die des Stromverbrauchs. Gegenüber 2004 können die Emissionen aus direkter Brennstoffnutzung um 50 Prozent, die Emissionen aus Fernwärme um 45 Prozent und die strombedingten Emissionen um 13 Prozent reduziert werden.

Implikationen hat die Umsetzung der Maßnahmen nicht nur für Gebäudeeigentümer und Mieter, sondern auch für eine Reihe von Industrien, die technische Lösungen zum Klimaschutz beisteuern. Mit Blick auf den Gebäudesektor sind dies die Bauwirtschaft, Anbieter von Heizungs-, Klima-, Lüftungs- und Lichttechnik, die chemische wie die Dämmstoffindustrie, Unternehmen der Haus- und Bürogeräte- sowie Unterhaltungselektronikindustrie und weitere mehr. Diese Unternehmen können nicht nur von einer Stärkung des Absatzes ihrer Produkte in Deutschland profitieren, sondern partizipieren über eine Stärkung der Exportfähigkeit auch daran, dass Deutschland als Vorreiter im Klimaschutz dazu beiträgt, die Entwicklung internationaler Märkte für deutsche Produkte voranzutreiben. Diese Position können die relevanten Unternehmen für die Vermarktung von Produkten und Dienstleistungen zur Treibhausgasvermeidung nutzen und ausbauen.

Produkt- und Systemlösungen zur Realisierung der Potenziale im Gebäudesektor und damit verbunden zusätzliche Marktchancen lassen sich insbesondere erwarten von bzw. für folgende Industrien:

- **Bauwirtschaft:** Besonders bei der Sanierung des Altbestands an Wohngebäuden und Gebäuden des tertiären Sektors (Bürogebäude, öffentliche Gebäude) entstehen zusätzliche Umsätze durch die Montage effizienter Wärmedämmsysteme an Fassaden, Kellerdecken und im Dachbereich sowie durch den Einbau höherwertiger Fenster und Außentüren.
- **Gebäudetechnik:** Der Einsatz effizienter Heizungs-, Lüftungs-, Klima-, Licht- und Regelungstechnik ermöglicht den Technologielieferanten einen langfristigen Ausbau ihres Geschäfts. Auch Anbieter geeigneter IT-Systeme zur Steuerung solcher Technologien und Dienstleister, die z.B. über ein Energiesparcontracting nachhaltige Energieverbrauchs- und damit Kostenreduzierungen anbieten, können hier Beiträge leisten.
- **Planer, Energieberater, Architekten:** Da sich Energieeffizienz nur in einem gesamtgesellschaftlichen Sanierungsansatz erreichen lässt, viele Entscheider aber nicht selbst in der Lage sind, einen solchen zu erarbeiten, ergibt sich ein erweitertes Tätigkeitsfeld für Planer, Energieberater und Architekten. Dies kann von Bestandsaufnahme über Konzeptionierung und Begleitung der handwerklichen Arbeiten bis zur abschließenden Qualitätskontrolle reichen.

³⁵ Bei Berücksichtigung der Vermeidungsmaßnahmen im Energiesektor ergeben sich Emissionen im Jahr 2020 von 246 Mt CO₂e, was einer Senkung gegenüber 2004 von 28 Prozent entspricht (39 Prozent gegenüber Basisjahr).

- *Haushaltsgeräte:* Technologieführern im Bereich der Haushaltsgeräte bieten sich Chancen zum Ausbau der Marktanteile.
- *Chemieindustrie:* Chemische Produkte sind an vielen Lösungen zur Treibhausgasvermeidung signifikant beteiligt. Dämmmaterialien für Gebäude sind nur eins von vielen Beispielen.

Aus dieser Bewertung wird deutlich, dass Gebäudeeigentümer und Industrie gleichermaßen zu mehr Klimaschutz im Gebäudesektor beitragen und von einer raschen und weitreichenden Umsetzung profitieren können.



Anhang

Hebel zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen Gebäude 2020³⁶

	Vermeidungspotenzial Mt CO ₂ e	Vermeidungskosten EUR/t CO ₂ e
1 W-Stand-by-Unterhaltungselektronik, IT und Kommunikation	0,8	-336
Innovative Waschmittel	1,0	-336
1 W-Stand-by-Bürogeräte	0,5	-258
Kühlung Handel	2,9	-216
Lüftungsantriebe	1,2	-204
Regelungsanlagen zur Spannungsstabilisierung	2,0	-199
Effiziente Motoren	0,8	-194
Austausch Straßenbeleuchtung	0,5	-190
Adaptive Beleuchtungssysteme	1,2	-148
Effiziente weiße Ware	4,6	-142
Energiesparlampen	2,5	-139
7 L-Sanierung Mehrfamilienhaus	4,0	-135
Effizienzsteigerung Lüftungssysteme (tertiärer Sektor)	5,8	-133
Beleuchtung tertiär (LFL)	1,4	-119
Heizung ungedämmter Wohngebäude	3,1	-85
Energiemonitoring, Regelungstechnik (z.B. durch Energiesparcontracting)	5,4	-78
7 L-Sanierung (3- bis 6-Familienhaus)	3,7	-60
7 L-Sanierung (1- bis 2-Familienhaus)	12,7	-49
Dämmung Bürogebäude	2,6	-26
Einsatz LEDs (tertiärer Sektor)	1,2	-25
Dämmung Schulen	0,5	-15
Einsatz LEDs (Haushalte)	0,1	-6
Heizung gedämmte Wohngebäude	4,6	-1
Passivhäuser	1,1	23
Optimierte Klimasysteme	2,7	98
Lüftungssysteme Wohngebäude	1,7	211
Raumklimageräte bis 12 kW	0,4	244
Regenerative Klimasysteme	0,4	257
Zusätzl. 2 L-Sanierung (Mehrfamilienhaus)	0,8	660
Zusätzl. 2 L-Sanierung (3- bis 6-Familienhaus)	0,6	714
Zusätzl. 2 L-Sanierung (1- bis 2-Familienhaus)	1,7	947

36 Hinweis: Potenziale der Hebel können addiert werden, spezifische Vermeidungskosten (und Gesamtkosten) der Hebel nicht.

Hebel zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen Gebäude 2030³⁷

	Vermeidungspotenzial Mt CO ₂ e	Vermeidungskosten EUR/t CO ₂ e
1 W-Stand-by-Unterhaltungselektronik, IT und Kommunikation	0,9	-340
Innovative Waschmittel	1,0	-340
1 W-Stand-by-Bürogeräte	0,5	-263
Kühlung Handel	3,6	-224
Lüftungsantriebe	1,4	-213
Effiziente Motoren	1,1	-204
Austausch Straßenbeleuchtung	0,2	-200
Regelungsanlagen zur Spannungsstabilisierung	3,1	-192
Adaptive Beleuchtungssysteme	1,4	-161
Energiesparlampen	2,5	-156
Effiziente weiße Ware	4,9	-156
Effizienzsteigerung Lüftungssysteme (tertiärer Sektor)	9,5	-143
Beleuchtung tertiär (LFL)	1,8	-134
7 L-Sanierung Mehrfamilienhaus	5,8	-133
Heizung ungedämmter Wohngebäude	4,7	-115
Einsatz LEDs (tertiärer Sektor)	1,4	-99
Einsatz LEDs (Haushalte)	0,3	-86
Energiemonitoring, Regelungstechnik (z.B. durch Energiesparcontracting)	5,4	-75
7 L-Sanierung (3- bis 6-Familienhaus)	4,8	-60
Heizung gedämmte Wohngebäude	9,8	-56
7 L-Sanierung (1- bis 2-Familienhaus)	16,5	-49
Dämmung Bürogebäude	3,6	-32
Dämmung Schulen	0,8	-21
Passivhäuser	1,6	31
Optimierte Klimasysteme	4,5	63
Raumklimageräte bis 12 kW	1,1	126
Lüftungssysteme Wohngebäude	5,3	153
Regenerative Klimasysteme	0,4	271
Zusätzl. 2 L-Sanierung (Mehrfamilienhaus)	1,0	627
Zusätzl. 2 L-Sanierung (3-bis 6-Familienhaus)	0,8	657
Zusätzl. 2 L-Sanierung (1- bis 2-Familienhaus)	2,0	760

37 Hinweis: Potenziale der Hebel können addiert werden, spezifische Vermeidungskosten (und Gesamtkosten) der Hebel nicht.

Ansprechpartner

BDI initiativ – Wirtschaft für Klimaschutz

Joachim Hein
j.hein@bdi.eu

Klaus Mittelbach
k.mittelbach@bdi.eu

Martin Schröder
m.schroeder@bdi.eu

Internet:
www.wirtschaftfuerklimaschutz.eu

McKinsey & Company, Inc.

Leo Birnbaum
leo_birnbaum@mckinsey.com

Anja Hartmann
anja_hartmann@mckinsey.com

Jan-Henrik Hübner
jan-henrik_huebner@mckinsey.com

Christian Malorny
christian_malorny@mckinsey.com

Jens Riese
jens_riese@mckinsey.com

Thomas Vahlenkamp
thomas_vahlenkamp@mckinsey.com

Impressum

Herausgeber: McKinsey & Company, Inc.

Verantwortlich für den Inhalt: Thomas Vahlenkamp

Redaktion: Leonhard Birnbaum, Kalle Greven, Anja Hartmann, Jan-Henrik Hübner, Florian Kühn,
Jens Riese, Thomas Vahlenkamp, Stephan Weyers, Richard Winkelmann

Alle Rechte vorbehalten. Copyright 2007 by McKinsey & Company, Inc. Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung von McKinsey & Company, Inc., unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.