

Klima ist Business
Agenda 450 für Deutschland



Deloitte.

Klima ist Business
Agenda 450 für Deutschland

Executive Summary

Innovation spielt eine besondere Rolle im Verlauf der wirtschaftlichen Entwicklung. Von der industriellen Revolution, dem Zeitalter der Eisenbahn, der individuellen Mobilität über die rasante Verbreitung von Alltagstechnologien und Luftfahrt bis hin zur digitalen Revolution wurden Konjunkturzyklen in ihrem Wesen durch exogene Einflüsse gestaltet, jedoch maßgeblich durch Innovationen bestimmt.

Vor dem Hintergrund der Ressourcenknappheit, des Klimawandels und neuer demografischer Herausforderungen zeichnet sich die nächste Innovationswelle in Richtung Nachhaltigkeit ab. Dafür bedarf es neben neuen Produkten und effizienten Prozessen auch grundlegend neue Geschäftsmodelle.

Klimaszenarien

Laut Expertenmeinung darf – um das vom Weltklimarat geforderte 2 °C-Klimaziel¹ einhalten zu können – die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre maximal 450 ppm (parts per million) betragen. Auf derzeitigem globalem Emissionskurs müsste man jedoch mit bis zu 6 °C Erwärmung rechnen. Zur Reduktion der globalen CO₂-Emissionen soll in Kopenhagen im Dezember 2009 die Folgevereinbarung zum Kyoto-Protokoll verhandelt werden.

Deutschland hat sich bereits zu einem stringenten Klimaprogramm verpflichtet, das konsequent auf das 450-ppm-Ziel gerichtet ist („Agenda 450“). 2030 sollen Emissionen nur noch 40 Prozent des Wertes von 1990 betragen. Für diese Selbstverpflichtung gibt es gute Gründe: (1) Technologieführerschaft in den Bereichen Energieeffizienz und Klimaschutz als Zukunftspfad für die deutsche Wirtschaft, (2) Stärkung der internationalen Verhandlungsposition (Vorzeigeeffekt) und (3) Kosteneffizienz (Investition in Klimaschutz jetzt ist langfristig günstiger als später).

Auswirkungen auf die deutsche Wirtschaft

Wie unsere Untersuchung zeigt, wird die Vorreiterrolle Deutschlands in Sachen Klimawandel in der öffentlichen Meinung – auch in der Wirtschaft – als durchwegs positiv gesehen. Die Stoßrichtung ist klar: Wirtschaft und Gesellschaft müssen zunehmend ohne Kohlenstoff in ihren Kernprozessen auskommen (Entwicklung zur „Low-Carbon Economy“). Dieser Prozess wird nicht immer reibungslos verlaufen, schließlich sind seit Beginn des Industriezeitalters fast alle Wirtschaftsprozesse maßgeblich auf Energie aus fossilem Kohlenstoff (Kohle, Gas, Öl) ausge-

„Die Probleme von heute sind mit der Denkweise von gestern nicht zu lösen.“

Albert Einstein

richtet. Um die gesetzten Klimaziele zu erreichen, müsste sich die Emissionsproduktivität in Deutschland in den nächsten 20 Jahren drastisch erhöhen: Das Bruttoinlandsprodukt, das mit einer Tonne CO₂ erarbeitet wird, müsste sich von derzeit 3.600 US\$ (dies liegt bereits 50 Prozent über dem weltweiten Durchschnitt) auf 11.500 US\$ verdreifachen.

Die Umsetzung in praktikable Geschäftsstrategien fällt vielen Entscheidern noch schwer. So sehen über 80 Prozent der für diese Studie befragten Experten eine hohe bzw. sehr hohe Bedeutung des Klimawandels für deutsche Technologie, nur 57 Prozent können sich jedoch vorstellen, das sich das ebenso stark auf ihre Unternehmensfinanzen niederschlägt (siehe Abb. 1).

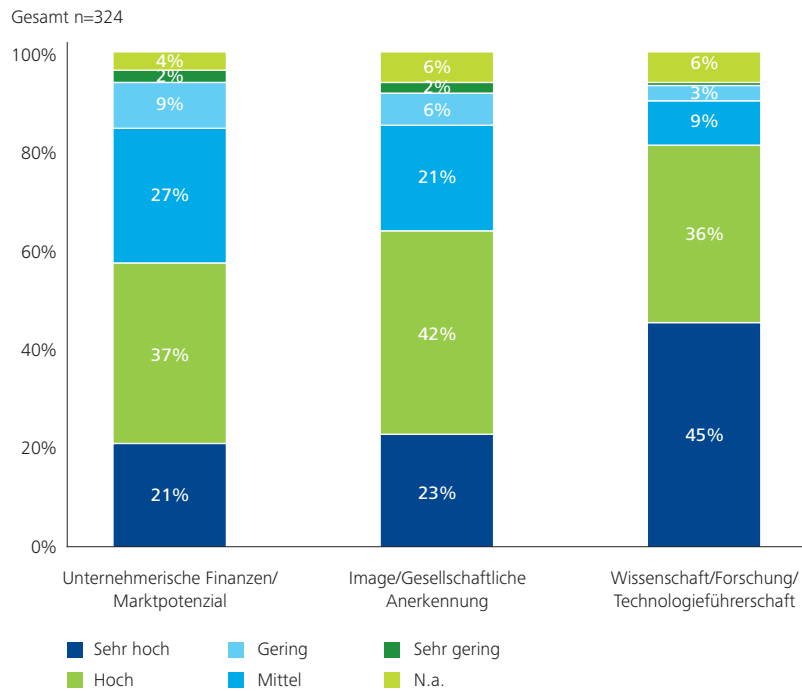
Der Sektor Transport & Verkehr hat im Vergleich zur bisher erreichten Emissionsminderung bis 2020 die größten Anstrengungen vor sich – hier muss sich die Emissionsminderungsrate in den nächsten zwölf Jahren vervierfachen. Der Energiesektor hat das Thema erfasst und widmet sich voll der Umsetzung. Die Emissionsreduktionsrate wird sich hier in den nächsten zwölf Jahren mehr als verdoppeln. Das höchste Einsparpotenzial wird im Gebäudebereich gesehen, dort sollen Emissionen bis 2020 im Durchschnitt um 3 Prozent pro Jahr sinken. In der energieintensiven Industrie scheinen viele technologische Möglichkeiten hingegen bereits ausgereizt, die Emissionsminderungsrate verringert sich gegenüber der Vergangenheit. Größeres Potenzial der Industrie liegt in der Entwicklung innovativer Technologien und Materialien zur Emissionsreduktion in anderen Bereichen.

Insgesamt sind in Deutschland zur Erreichung der Emissionsziele bis 2020 Investitionen von über 300 Mrd. € nötig. Diese Investitionen sind jedoch kein verlorenes Geld: Bis 2020 rechnen sich die meisten Maßnahmen bereits dank gesteigerter Effizienz und niedrigerer Energiekosten. Weiteres Ertragspotenzial für die Wirtschaft liegt in der globalen Vermarktung der durch die Vorreiterrolle Deutschlands in Sachen Klimawandel erreichten Technologieführerschaft. Finanzinvestoren haben den

¹ Kipp-Punkt, der irreversible Klimawandel-Prozesse auslöst

Trend längst erkannt: Das global zur Verfügung gestellte Startkapital für Unternehmen der „Cleantech“-Branche – darunter werden Entwickler von Hightech-Verfahren und Produkten zusammengefasst, die Schadstoffe reduzieren, natürliche Ressourcen schonen und damit die Umwelt entlasten – hat sich in den letzten sechs Jahren verzehnfacht und belief sich 2008 auf fast 8,5 Mrd. US\$.

Abb. 1 – Bedeutung der Low-Carbon Society für Deutschland



Quelle: Deloitte Management-Befragung und manager-magazin Entscheiderpanel, September 2009

Ziel und Methodik

Ziel der Studie

Das Thema Klimawandel und seine Wirkung auf Wirtschaft und Gesellschaft in all seinen Facetten ist außerordentlich komplex: Globale und nationale Sichtweisen weichen voneinander ab, Prognosen basieren auf unterschiedlichen Annahmen und Szenarien. Gleichzeitig erschweren die Heterogenität der Branchenlösungen sowie unklare Kommunikation den Durchblick. Das wichtigste Zielobjekt der Bemühungen, das Treibhausgas CO₂, ist in fast allen Wirtschaftsbereichen allgegenwärtig. Da seine Entstehung naturgemäß recht einfach zu verstehen ist, existiert eine Flut an technischen Detailinformationen, die darüber hinaus geprägt ist durch politische und regulatorische Sichtweisen.

Für viele Manager der Wirtschaft herrscht jedoch bisher nur wenig Klarheit zum Thema Klimaschutz. Welche Anforderungen gilt es zu managen? Welche wirtschaftlichen Gestaltungsmöglichkeiten ergeben sich daraus? Ziel dieser Studie ist es, diese Komplexität zu reduzieren. Für Manager der betroffenen Wirtschaftsbereiche soll klarer erkennbar werden, was auf sie in den nächsten 10 bis 15 Berufsjahren zukommt und welche praktikablen Handlungsoptionen bestehen.

Berechnungsmethodik

In der vorliegenden Studie wurde das grundlegende Kernproblem „Managen des Klimaschutzes in der Wirtschaft“ in einer Top-Down-Betrachtung analysiert: von den naturwissenschaftlichen und volkswirtschaftlichen Grundlagen (in den ersten beiden Kapiteln) hin zu nationalen und sektorpräzisen operativ-taktischen Aussagen (siehe Kapitel zu den einzelnen Wirtschaftssektoren). Die Ausführungen fokussieren auf die deutsche Wirtschaft, eingebettet in den internationalen Kontext, und beziehen sich auf den Zeitraum von heute bis zum Jahr 2020.

Grundlage der Forschungsarbeit waren im ersten Schritt alle verfügbaren Markt- und Trendinformationen zum Klimawandel mit wirtschaftsnaher Aussage. Diese wurden von erfahrenen Deloitte-Fachexperten kritisch sortiert und zusammengefasst. Die Auswertung der Informationen stützt sich – aus Konsistenzgründen mit der laufenden regulatorischen Diskussion – so weit wie möglich auf die offiziellen Daten zu Klimaschutzzielen bis 2020 der Deutschen Bundesregierung. Darauf aufbauend wurden die erforderlichen Emissionsminderungsraten (in Prozent p.a.) und die nötigen Beschleunigungsfaktoren für einzelne Sektoren ermittelt. Hierfür wurden die Emissionen der Pe-

rioden 1990–2007 (historisch) und 2008–2020 (zukünftig) gegenübergestellt.²

Die Emissionsänderungsraten und daher auch der Beschleunigungsfaktor sind technisch gesehen aggregierte Kennzahlen und daher statistisch sehr robust gegenüber eventuellen Schwankungen in der Qualität der Basisdaten. Sie kennzeichnen den Trend in recht zuverlässiger Weise. Für Manager wird so auf einen Blick erkennbar, wie sehr sich ihre Anstrengungen zur Emissionsreduktion – die mit überschaubarem Aufwand in operative Kosten- und Erlösplanungen überführt werden können – in den nächsten Jahren im Vergleich zur bisherigen Erfahrung erhöhen müssen. Allgemein gerne zitierte Kenngrößen wie die Einsparung von z.B. 40 Megatonnen CO₂ bis 2020 werden so auf Unternehmensebene transparent und greifbar gemacht.

Expertenmeinung

In einem weiteren Analyseschritt wurden die Research-Ergebnisse durch die Befragung von Experten und eine Reflektion in der Öffentlichkeit überprüft und objektiviert. Dies erfolgte einerseits durch eine Online-Befragung, an der sich insgesamt fast 400 Entscheider aus betroffenen Sektoren, der Wissenschaft und Politik beteiligten. Weiterhin wurden die erarbeiteten Thesen in persönlichen Interviews mit Stakeholdern getestet und dabei weitere praxisnahe Informationen erhoben. Die Interviews von insgesamt 15 namhaften Experten in Wissenschaft und Wirtschaft wurden persönlich durchgeführt.

Abschließend wurden die Research- und Interview-Ergebnisse zu quantitativen und qualitativen Kernaussagen verdichtet. Diese Ausführungen finden sich in den Kapiteln zu den einzelnen Wirtschaftssektoren und überblicksmäßig in der Zusammenfassung. Die qualitativen Aussagen fokussieren auf die Darstellung der zur Verfügung stehenden Technologien, deren Chancen zur Erzielung der benötigten Emissionsreduktion und den gegenüberstehenden technischen beziehungsweise wirtschaftlichen Risiken. Außerdem werden Marktwirkung, zukünftige Trends und branchenspezifischer Handlungsbedarf beleuchtet.

² Der Beschleunigungsfaktor signalisiert das Vielfache an technischen und wirtschaftlichen Anstrengungen, das zur Umsetzung der Änderungen durch Klimaschutz zukünftig gegenüber den bestehenden Erfahrungen erforderlich sein wird. Details zur Berechnung siehe Anhang A

Ausgangssituation

Durch die Aktivitäten des Menschen erhöht sich der Anteil von Treibhausgasen in der Atmosphäre, es wird mehr Wärme zurückgestrahlt.

Klimawandel: Folgen und Verursacher **Treibhauseffekt**

Im alltäglichen Sprachgebrauch wird „Treibhauseffekt“ oft synonym mit Klimawandel verwendet. Eigentlich ist der Treibhauseffekt jedoch ein im System Erde natürlich vorkommender Mechanismus (siehe Abb. 2):

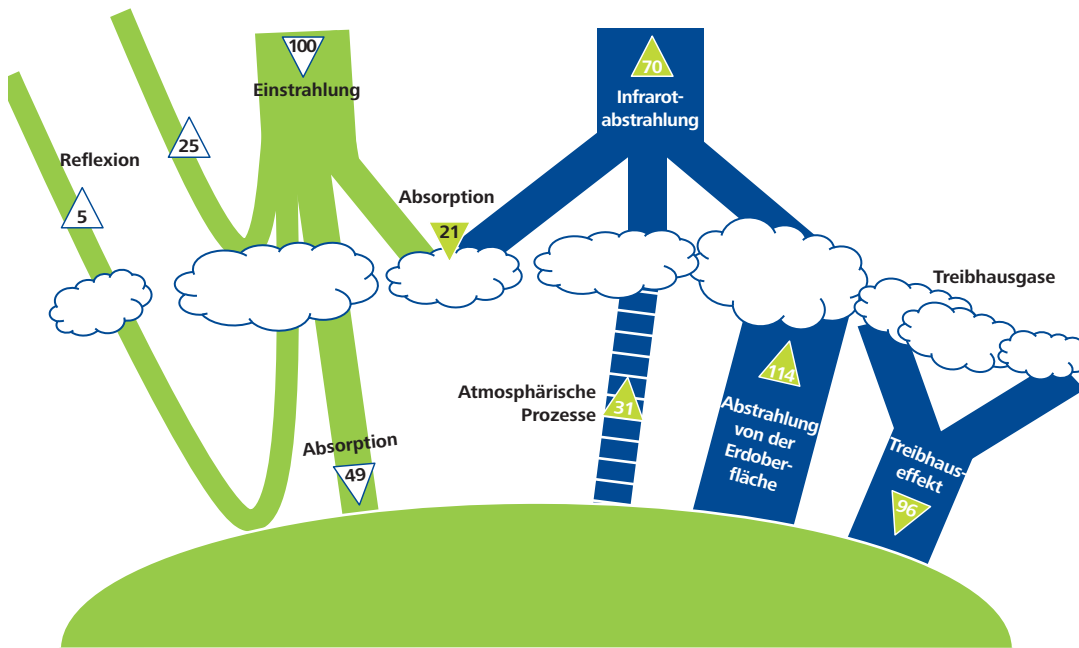
- Die Sonne strahlt Licht mit einer Wellenlänge von ca. 500 nm im Spektralbereich ein. Dieses Licht durchdringt die Atmosphäre und gelangt zur Erdoberfläche.
- Die Erdoberfläche absorbiert die Energie und strahlt sie wieder ab (im infraroten Spektralbereich, mit einer Wellenlänge von ca. 10.000 nm).
- Für diese Wellenlänge ist die Atmosphäre nicht mehr transparent: Die Energie wird von bestimmten Molekülen in der Atmosphäre (sog. Treibhausgasen) absorbiert und isotrop (in alle Richtungen gleich verteilt) wieder abgestrahlt. Dadurch ergibt sich zusätzlich zur direkten Sonnenstrahlung eine weitere Wärmestrahlungskomponente für die Erde.
- Ohne diesen Effekt läge die durchschnittliche Temperatur an der Erdoberfläche bei minus -18 °C.
- Durch die Aktivitäten des Menschen erhöht sich der Anteil von Treibhausgasen in der Atmosphäre, es wird mehr Wärme zurückgestrahlt. Man spricht von der „anthropogenen“ Verstärkung des Treibhauseffekts.

Der Temperaturanstieg der letzten hundert Jahre ist in den globalen Klimadaten deutlich erkennbar (siehe Abb. 3). Laut Modellen und Analysen des Weltklimarats ist es „extrem unwahrscheinlich“, dass diese Temperaturanomalie natürliche Ursachen hat³.

Es gibt verschiedene Stoffe, die als Treibhausgase agieren, also Wärme zurückstrahlen. Je nach Ausprägung dieser Eigenschaft (Treibhauswirksamkeit) werden den Stoffen Koeffizienten zugewiesen, die ihr „Global Warming Potential“ (GWP) ausdrücken (Tabelle 1).

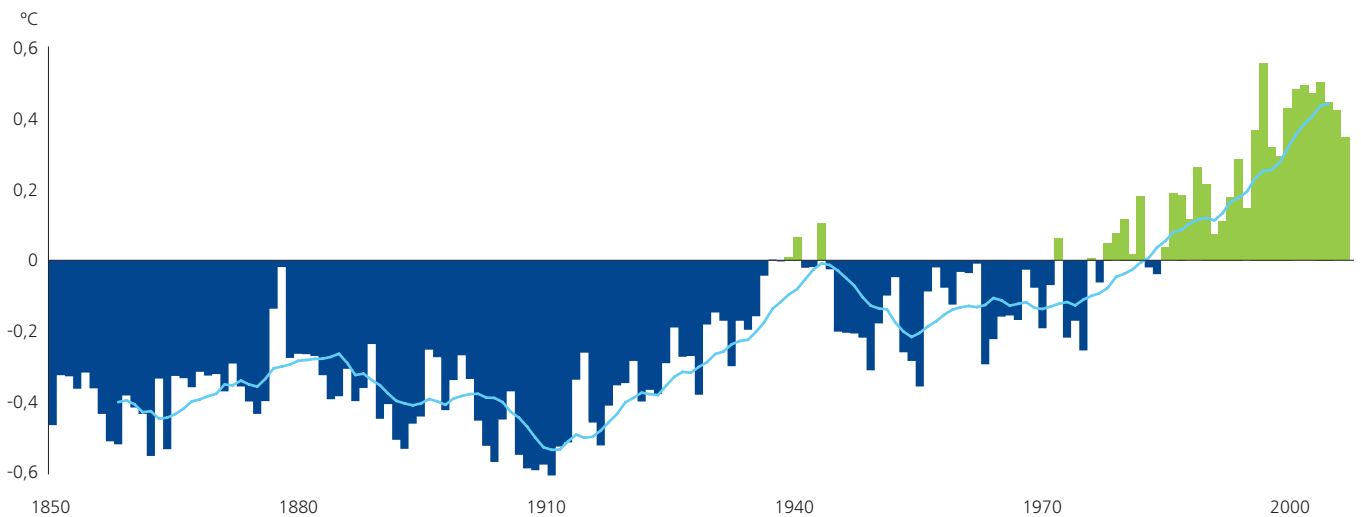
³ IPCC Fourth Assessment Report (AR4), 2007, S. 39

Abb. 2 – Treibhauseffekt



Anmerkung: Prozentuale Angaben zu Lichteinstrahlung bzw. -rückstrahlung
 Quelle: Deloitte, modifiziert nach R. Wolfson und Stephen H. Schneider, Understanding Climate Science, Washington D.C., 2002

Abb. 3 – Globale Temperaturanomalie 1850–2008



Quelle: CDIAC

Tabelle 1 – Treibhausgase

	Verweildauer in der Atmosphäre, in Jahren	Treibhauswirksamkeit (Global Warming Potential GWP; CO ₂ =1)	Konzentration in der Atmosphäre 1994	Zunahme der Konzentration seit Beginn der Industrialisierung
Kohlendioxid CO ₂	50–200	1	358 ppm*	28%
Methan CH ₄	9–15	21	1.720 ppb*	146%
Lachgas N ₂ O	120	310	312 ppb*	13%
Fluorkohlenwasserstoffe CHF ₃ u.a.	264	11.700	k.A.	k.A.
perfluorierte Fluorkohlenwasserstoffe CF ₄ u.a.	50.000	6.500	72 ppt*	von 0 auf 72 ppt
Schwefelhexafluorid SF ₆	3.200	23.900	3–4 ppt*	von 0 auf 3–4 ppt

*ppm: parts per million = 1 Teil pro 1 Million Teile
 *ppb: parts per billion = 1 Teil pro 1 Milliarde Teile
 *ppt: parts per trillion = 1 Teil pro 1 Billion Teile

Quelle: LUBW, NOAA, IPE Universität Bonn

Treibhausgase lassen sich grob in drei Gruppen einteilen:

- Den volumenmäßig mit Abstand größten Beitrag liefert CO₂. Es entsteht vor allem bei der Verbrennung fossiler Energieträger (also Stein- und Braunkohle sowie Erdgas und Erdöl) durch Verkehr, Heizen, Stromerzeugung und Industrie. Umgekehrt sind Pflanzen in der Lage, CO₂ aufzunehmen und wieder in Biomasse umzuwandeln.
- Die Stoffe Methan und Lachgas entstehen hauptsächlich in biologischen Prozessen (z.B. Land- und Forstwirtschaft).
- Die restlichen Treibhausgase entstehen rein durch menschliche Synthese in der Industrie. Sie kommen nur in kleinen Mengen vor, haben aber eine stärkere Wirkung als Kohlendioxid.

In Treibhausgas-Statistiken wird entweder die Kohlendioxid-Emission (CO₂) oder die kohlendioxid-äquivalente Emission (CO₂ eq) dargestellt. Letztere bezieht alle Treibhausgase mit ein und gewichtet sie nach ihrer Treibhauswirksamkeit (GWP).

Aktuelle Klimasituation und Wirkungen

Forscher verbinden mit dem Klimawandel allmähliche Veränderungen im Ökosystem und warnen vor dem Erreichen von „Kipp-Punkten“: Diese lösen abrupte und dauerhaft unumkehrbare Prozesse aus. So schmilzt als direkte Folge des globalen Temperaturanstiegs der letzten hundert Jahre Meeres- und Festlandeis in großem Ausmaß ab. Dies hat verschiedenste Auswirkungen auf das Klimasystem:

- Veränderte Temperaturverteilungen und Salzkonzentrationen in den Ozeanen beeinflussen Meeresströmungen, zum Beispiel die Fließrichtung und Stärke des Golfstroms.
- Die Zugbahnen der Luftmassen verschieben sich, mit direkten Auswirkungen auf das Wetter, speziell auf Wind, Temperatur und Niederschlag. Sensible Systeme wie der indische Monsun oder das El-Niño-Phänomen sind besonders betroffen.
- Unter diesen Klimaveränderungen leiden Ökosysteme weltweit, beispielsweise durch das Absterben des Regenwaldes, die Veränderung von Vegetations- und Klimazonen oder das Auftauen von Permafrostböden.

All diese Effekte haben direkte (meist regionale) Auswirkungen auf den Menschen und verstärken sich selbst gegebenenfalls noch weiter (positive Rückkopplung):

- Anstieg des Meeresspiegels und Überschwemmung von Küstenregionen
- Häufung extremer Wetterverhältnisse (Tornados und Wirbelstürme, Hochwasser)
- Waldbrände und Dürren, Veränderung der Nutzbarkeit von Anbauflächen
- Gefährdung der Biodiversität (Zerstörung von Lebensräumen, Artensterben)
- Veränderung von Ökosystemen (Korallenriffe, Regenwald)
- Mutation und Verlagerung von Krankheiten in andere Gebiete

Laut Analysen des UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) belaufen sich die globalen Kosten, die bis zum Jahr 2030 durch den Klimawandel entstehen, auf 50 bis 179 Mrd US\$ pro Jahr. Sie untergliedern sich in folgende Hauptkostenquellen:

- Landwirtschaft (klimabedingte Schäden und Ernteaussfälle, Investition in Forschung)
- Wasser (steigende Wassernachfrage und sinkende Verfügbarkeit)
- Gesundheitswesen (Vorsorgekosten für Unterernährung, Malaria und Diarrhö)
- Küstengebiete (Adaptionskosten, Schäden an Wohngebieten)
- Infrastruktur (Kosten durch klimabedingte Versicherungsschäden)
- Ökosysteme (Kosten zum Schutz und zur Erweiterung von Naturschutzgebieten)

Zukünftige Klimasituation

Die zukünftige Entwicklung des Weltklimas hängt von verschiedensten, teils interdependenten Variablen ab. Zur Entscheidungsfindung werden in Klimamodellen unterschiedliche Situationen simuliert und entsprechende Szenarien errechnet. Durchgängig zeigt sich dabei ein direkter Zusammenhang zwischen der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre und dem zu erwartenden Temperaturanstieg bzw. dem zu erwartenden Anstieg des Meeresspiegels (siehe Tabelle 2).

Verschiedene Klimasimulationen lassen es als wahrscheinlich erscheinen, dass beim Überschreiten einer Schwellentemperatur Kipp-Punkte im Klimasystem ausgelöst werden. Über die Jahre hat sich unter Klimaforschern (u.a. vom IPCC) ein Schwellenwert von 2 °C für eine tolerable

Temperaturerhöhung etabliert. Dieser Wert ist allerdings nicht unumstritten, auch 1–3 °C sind in der Diskussion.

Eine Übersicht über die zu erwartenden Auswirkungen des globalen Temperaturanstiegs zeigt Abbildung 4.

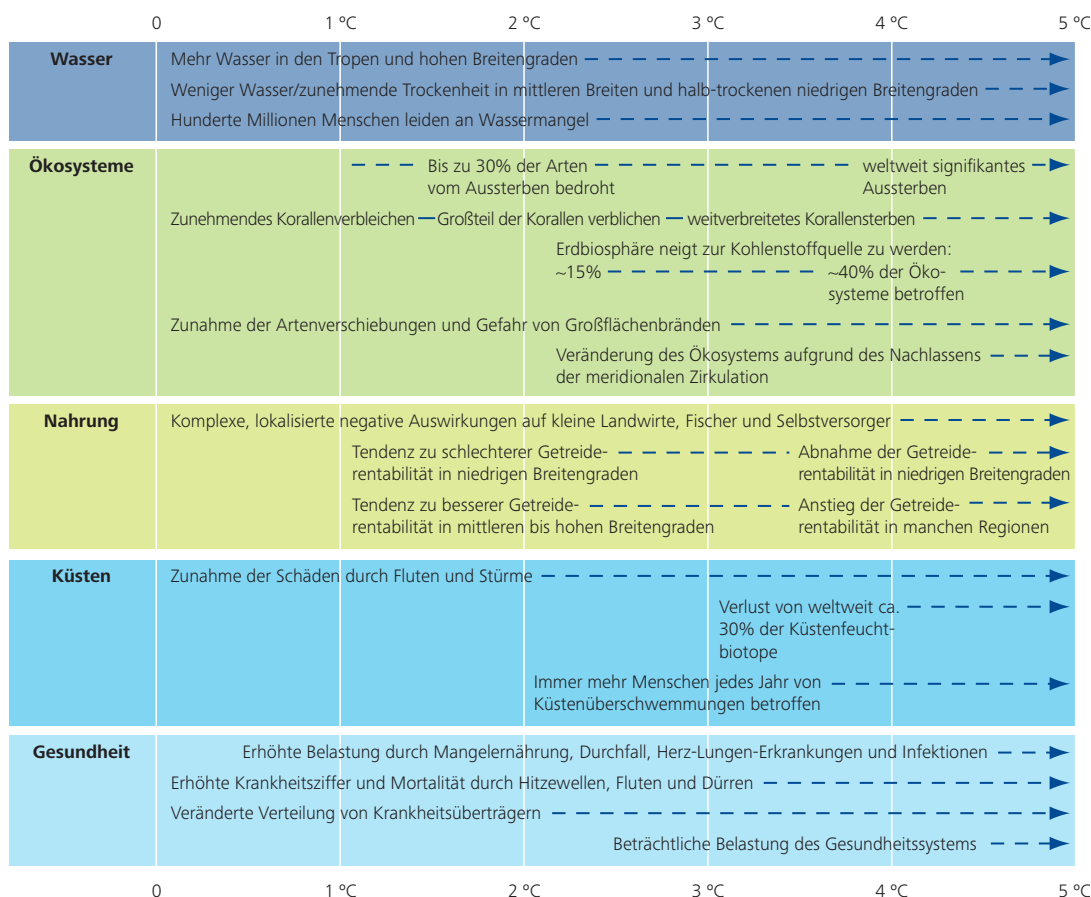
Tabelle 2 – Globale Emission und ihre Auswirkungen

Szenarien	Stabilisierte CO ₂ -Konzentration	Stabilisierte CO ₂ eq-Konzentration	Ø Anstieg der globalen Temperatur*	Ø Anstieg des Meeresspiegels
	ppm	ppm	°C	Meter
I	350–400	445–490	2,0–2,4	0,4–1,4
II	400–440	490–535	2,4–2,8	0,5–1,7
III	440–485	535–590	2,8–3,2	0,6–1,9
IV	485–570	590–710	3,2–4,0	0,6–2,4
V	570–660	710–855	4,0–4,9	0,8–2,9
VI	660–790	855–1.130	4,9–6,1	1,0–3,7

* gegenüber Durchschnitt vor der Industrialisierung

Quelle: IPCC, The AR4 Synthesis Report

Abb. 4 – Auswirkungen eines globalen Temperaturanstiegs auf verschiedene Bereiche



Vor dem Hintergrund des rasch fortschreitenden Klimawandels setzte sich die Erkenntnis durch, dass ein Treibhausgas-Konzentrationswert von 450 ppm angestrebt werden muss: Agenda 450.

Emissionsszenarien: Agenda 450

Im Umfeld internationaler Klimaverhandlungen werden aus der Vielzahl möglicher CO₂-Entwicklungsszenarien⁴ hauptsächlich 3 diskutiert (siehe Abb. 5):

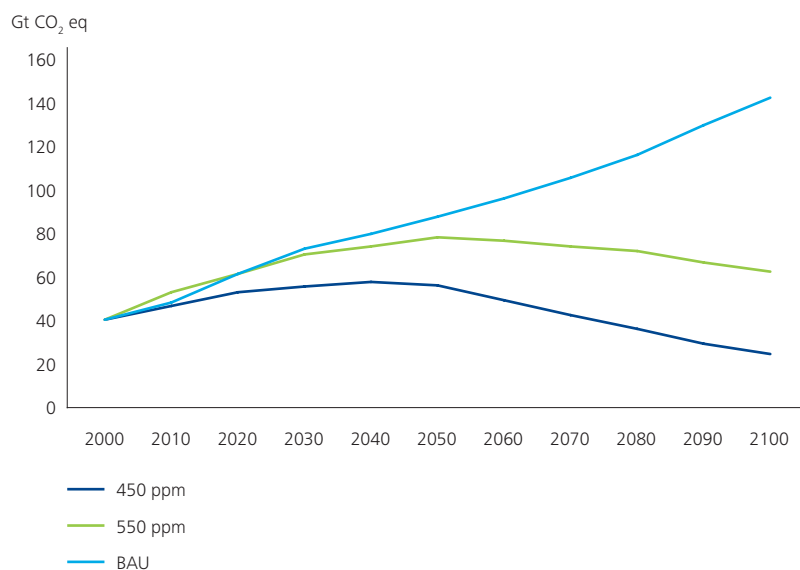
- 450 ppm: Dies entspricht einem maximalen Temperaturanstieg von 1–3 °C und erfordert eine signifikante Emissionsreduktion auf internationalem Level
- 550 ppm: Dies entspricht einer moderaten Emissionsminderung (vor allem in Industrieländern) und führt zu einem Temperaturanstieg von ca. 2–4 °C
- BAU (Business as usual): Ohne Emissionsminderung würde eine CO₂ eq-Konzentration von mehr als 600 ppm erreicht werden. Damit müsste man mit einem Temperaturanstieg von 3–6 °C rechnen

Vor dem Hintergrund des rasch fortschreitenden Klimawandels setzte sich die Erkenntnis durch, dass ein Treibhausgas-Konzentrationswert von 450 ppm angestrebt werden muss: Agenda 450.

Die Emissionsszenarien und damit verbundenen CO₂-Konzentrationswerte ergeben sich aus einer Kombination verschiedener Einflussfaktoren. Die vier wichtigsten sind:

- Bevölkerungswachstum (Nachfrage an Energie)
- Ressourcenverfügbarkeit (fossile Energieträger/Kernenergie/erneuerbare Energien)
- Ökonomische Faktoren (Wirtschaftswachstum, Aufholrang von Schwellenländern)
- Innovation und Fortschritt (Verfügbarkeit neuer Technologien)

Abb. 5 – Entwicklung von CO₂-Emissionen in verschiedenen Szenarien



Quelle: IPCC, The AR4 Synthesis Report [B1, A1B, A2]

⁴ Summe aller Treibhausgaskonzentrationen, Angabe in CO₂-Äquivalenten

Verursacher des Klimawandels – Länder und Sektoren

Treibhausgasemissionen sind im Laufe der letzten Jahrzehnte stetig gestiegen. Lag der Ausstoß 1970 noch bei 29 Gt (Gigatonnen) CO₂ eq, so erreichten die weltweiten Emissionen 2004 fast 50 Gt (siehe Abb. 6). Den größten Anteil an Emissionen bildet. Dies ist zudem auch noch relativ gut messbar und wird deshalb oft als Leitkomponente verwendet.

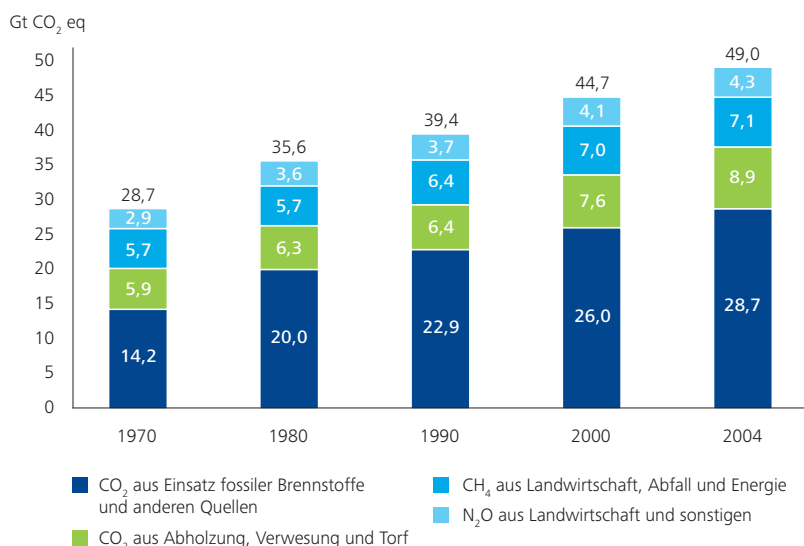
Die IEA (International Energy Agency) stellt im World Energy Outlook eine Prognose der CO₂-Emissionen für verschiedene Länder vor (siehe Abb. 6). Diese basieren auf einem Szenario, dass zwischen 550 ppm und BAU liegt (vgl. Tabelle 3). Es ist deutlich ersichtlich, dass die großen Schwellenländer und Russland – die sogenannten BRIC-Länder (Brasilien, Russland, Indien und China) – für das Weltklima eine ausschlaggebende Rolle spielen werden.

Tabelle 3 – Einflussfaktoren der Emissionsszenarien

	Bevölkerungswachstum	Wirtschaftsverhältnisse	Lokal vs. regional	Technologien
450 ppm	Bevölkerungspeak in der Mitte des Jahrhunderts	Schnelle Veränderungen hin zu einer Dienstleistungs- und Informationsgesellschaft	Konvergente Welt, globales statt regionales Handeln	Einführung sauberer und effizienter Technologien
550 ppm	Bevölkerungspeak in der Mitte des Jahrhunderts	Schnelles Wirtschaftswachstum, Abbau der Einkommensdifferenzen zwischen den Ländern	Konvergenz der Regionen, kulturelle und soziale Interaktion	Neue Technologien, Gemischt aus erneuerbaren und fossilen Energieträgern
BAU	Durchgehend steigende Bevölkerungszahl	Langsameres und lokal orientiertes Wirtschaftswachstum	Heterogene Welt, Eigenständigkeit und Erhalt der lokalen Identität	Langsame Einführung von erneuerbaren Energien

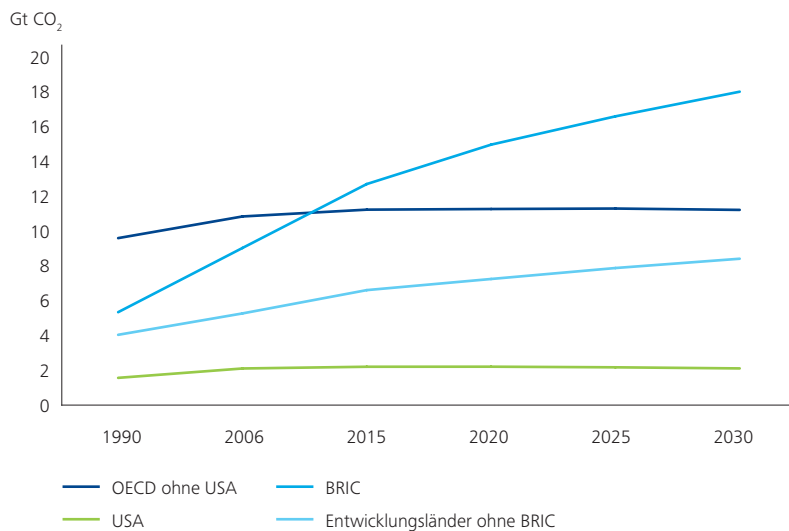
Quelle: IPCC Special Report

Abb. 6 – Globale anthropogene Treibhausgasemissionen von 1970 bis 2004



Quelle: IPCC, The AR4 Synthesis Report

Abb. 7 – Emissionsentwicklung bis 2030 nach Regionen



Quelle: WEO 2008

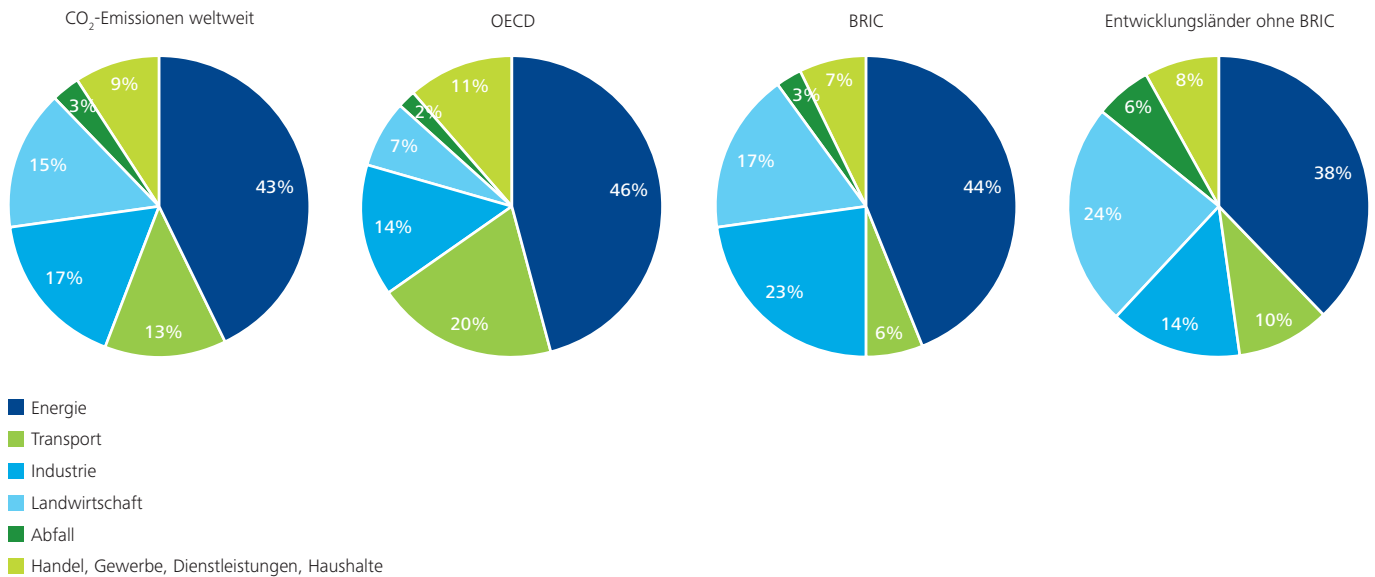
Dabei ist die Energiewirtschaft mit fast 40 Prozent der Emissionen mit Abstand der größte Emittent. Der heute bei Weitem größte Teil der Treibhausgase wird durch Verbrennung von fossilen Brennstoffen in Kraft- und Heizwerken zur Erzeugung von Nutzenergie (Strom, Wärme) freigesetzt. Weltweit folgen der Industrie- und Transportsektor, wobei sich der CO₂-Anteil mit steigender Industrialisierung der Länder vom landwirtschaftlichen Sektor hin zum Verkehrs- und Dienstleistungssektor verschiebt (siehe Abb. 8).

Unsicherheiten

Generell sind Prognosen und Berechnungen zum Klimawandel immer mit Unsicherheiten verbunden, da die Entwicklungen der Einflussfaktoren (vgl. Tabelle 3) schwer abzuwägen und vorherzusagen sind. Hinzu kommen technische Herausforderungen und limitierende Faktoren der Klimamodellierung.

Eine weitere Quelle für Unsicherheiten sind biologisch verursachte Treibhausgase. Sie sind derzeit noch Gegenstand der Forschung und ihre Messung deshalb mit großen Unsicherheiten belastet. Die Werte für das wichtigste Treibhausgas Kohlenstoffdioxid können hingegen gut quantifiziert und deswegen als aussagekräftig angesehen werden. Sie bilden die solide Basis für Klimaszenarienanalysen.

Abb. 8 – CO₂-Emissionen in 2005 nach Sektoren



Quelle: CAIT, CO₂-Emissionen 2005 ohne Forstwirtschaft

Globaler Handlungsbedarf

Das Besondere an der Wirkung von Treibhausgasen ist, dass sie in der Mehrzahl nicht unmittelbar toxisch sind und nur global mit einer langen zeitlichen Verzögerung (etwa 100 Jahre) wirken. Zudem treten sie, anders als „gewöhnliche“ Schadstoffe, in sehr großen Mengen auf. Mit der Einführung des Kyoto-Protokolls 1997 wurden CO₂ und andere Treibhausgase wie Methan erstmals offiziell als Schadstoff erkannt.

Nach jahrelanger Diskussion und globalem Tauziehen haben sich führende Klimaexperten auf ein gemeinsames Ziel geeinigt: die Beschränkung der Erderwärmung auf maximal +2 °C gegenüber der langjährigen Durchschnittstemperatur vor der Industrialisierung. Damit verbunden ist der Richtwert einer stabilisierten Treibhaus-

gas-Konzentration in der Atmosphäre von ca. 450 ppm CO₂ eq (siehe Tabelle 3). So sollen unumkehrbare Klimaänderungen vermieden werden. Das 2-°C-Ziel ist gegenwärtig Basis der politischen Diskussion und wird gegen andere Optionen abgewogen (550 ppm bzw. „Business as usual“).

Dimensionen des Klimawandels

Der Klimawandel ist ein globales Problem. Ein gemeinsames Handeln der internationalen Staatengemeinschaft ist unbedingt notwendig. Damit verbunden sind auch Zugeständnisse der industrialisierten Welt gegenüber Schwellenländern, die wichtige Entwicklungsstufen noch vor sich haben. Nur so wird es möglich sein, die vom Menschen verursachten Klimaveränderungen auf ein für alle akzeptables Maß zu senken. Aktuell treffen vier wesentliche

Entwicklungen aufeinander und treiben im positiven Sinne den „Sturm“ der weltweiten Besinnung auf Nachhaltigkeit an: Wir befinden uns sozusagen im „Auge des Sturms“ (siehe Abb. 9).

Umweltverschmutzung

Umweltverschmutzung war schon ein Problem, lange bevor Treibhausgase und der Klimawandel ins öffentliche Bewusstsein traten. Die Schäden an Mensch, Tier und Umwelt, verursacht durch die Industrialisierung, sind massiv und unmittelbar sichtbar. Politik und Wirtschaft sind sich weitgehend einig in der Notwendigkeit zur Bekämpfung dieses Trends, der heutzutage dank technologischer Fortschritte in den OECD-Ländern weitgehend unter Kontrolle ist.

In aufstrebenden Nationen wie China ist Umweltverschmutzung heute noch massiv und vergleichbar mit dem Stand der 60er bis 80er Jahre in den entwickelten Ländern. Dazu kommen globale Probleme wie der Plastikmüll auf den Weltmeeren, verschmutztes Trinkwasser und andere Umweltgifte. Auf oberstem Level – und als Stellvertreter auch für andere Umweltschäden – stehen CO₂-Emissionen im Vordergrund.

Quantitatives und qualitatives Bevölkerungswachstum

Die Konzentration von CO₂ in der Atmosphäre ist ein Mengenproblem, verursacht durch Bevölkerungswachstum und gleichzeitigen Anstieg des Mittelstandskonsums. Denn es findet heute neben dem absoluten Wachstum der Weltbevölkerung beschleunigt auch eine Wohlstandsverbesserung statt. Diese aus volkswirtschaftlicher Sicht willkommene Entwicklung (Erhöhung des Lebensstandards in aufstrebenden Nationen, vor allem in Asien) ist aus klimatechnischer Perspektive jedoch ein Problem, und zwar ein größeres als das Bevölkerungswachstum an sich.

Von weltweit 6,5 Mrd. Menschen in 2005 lebten ca. 1,8 Mrd. in Ländern mit mittlerem bzw. hohem Einkommensstandard („Upper-middle-Income“ und „High Income“). Bis zum Jahr 2050 soll die globale Bevölkerung auf über 9,0 Mrd. ansteigen. Davon werden 2,1 Mrd. Menschen in Ländern mit mittlerem bzw. hohem Einkommensniveau leben⁵. Es wird also um ca. 20 Prozent (300 Millionen) mehr „Standardkonsumenten“ geben als heute – vor allem in Indien und China.

Abb. 9 – Der perfekte Sturm



Quelle: Deloitte

⁵ World Bank HNP Database, Population Projections

Die Lebensweise eines „Standardkonsumenten“ ist unter anderem geprägt von:

- Eigenheim mit mindestens 20 qm je Person
- Mindestens ein Auto
- Kühlschrank, Klimaanlage (wo erforderlich), Zentralheizung
- Flachbildfernseher, Computer, andere elektronische Geräte
- Mindestens eine Urlaubsreise pro Jahr

Im Jahr 2003 betrug der Pro-Kopf-Ausstoß an Treibhausgasen in den USA ca. 20 Tonnen CO₂. Im Vergleich dazu betrug der Pro-Kopf-Ausstoß in Ländern mit niedrigem Einkommensstandard („Low-income-Countries“) nur ca. 0,8 Tonnen⁶. Ein Standardkonsument in den USA verbraucht also ungefähr gleich viele Ressourcen wie 25 Mitmenschen in Regionen mit „traditioneller“ (nachhaltiger) Lebensweise. Selbst vom Extrembeispiel der USA abgesehen ist der Ausstoß eines durchschnittlichen Konsumenten in Ländern mit hohem Einkommensstandard („High-income-Country“) mit 12,8 t CO₂ ungefähr 16-Mal so hoch wie in ärmeren Regionen. Anders ausgedrückt: 100 Millionen neue Standardkonsumenten mit hohem Einkommen produzieren so viel CO₂ wie 1,6 Mrd. neue Weltbewohner mit traditioneller Lebensweise.

Die schiere Dimension des CO₂-Mengenproblems ist mit den bisherigen Methoden nicht in den Griff zu bekommen. Das Wohlstandswachstum löst ultimativ das Bevölkerungsproblem, doch bis es so weit ist, sind bereits zu viele Ressourcen verbraucht und irreversible Schäden entstanden. Ein globaler Wohlstandsgewinn kann nicht (und soll auch nicht) aufgehalten werden – der einzige Ausweg sind ressourcenschonende und alternative Verfahren, um dorthin zu gelangen. Dafür sind globale Gesamtlösungen nötig.

Politische Rahmenbedingungen

Nach drei Jahrzehnten an „Feldversuchen“ synchronisieren Politiker nun ihre Maßnahmen und setzen getestete und bewährte Verfahren ein, um die Rahmenbedingungen zur Emissionsbekämpfung abzustecken. Enorme finanzielle Mittel müssen in die richtigen Projekte und Maßnahmen kanalisiert werden. Europa und Japan waren in diesem Sinne Vorreiter, doch der Rest der Welt zieht nun nach.

100 Millionen neue Standardkonsumenten mit hohem Einkommen produzieren so viel CO₂ wie 1,6 Mrd. Menschen mit traditioneller Lebensweise.

Wirtschaftsentwicklung und Investitionen

Die Wirtschaft ist getrieben vom Gewinnstreben. Industrie und Lösungsanbieter können mittlerweile sehr profitabel zusammenarbeiten – neue Sektoren wachsen und neue Unternehmen entstehen weltweit. Fast 8,5 Mrd. US\$ wurden 2008 in neue Cleantech Unternehmen investiert – ein Anstieg von 38 Prozent gegenüber 2007 trotz Rezession und Finanzmarktkrise. Seit 2002 haben sich Investitionen in diesem Sektor verzehnfacht⁷. Weltweit ist ein Wettrennen um Standorte für Cleantech-Unternehmen entbrannt – für Umwelttechniken wird bis 2030 das höchste Wachstum aller Branchen erwartet. Finanzexperten setzen jetzt im großen Stil auf Nachhaltigkeit⁸.

Die Beste aller Zeiten dürfte gekommen sein – selbst die USA und China werden neben Japan, Korea und Europa in nächsten Jahren koordiniert vorgehen. Ein neuer gigantischer Markt entsteht und die Problemlösung wird zur Chance. Subventionen werden auf längere Sicht auslaufen können, sind aber als Katalysator aktuell unverzichtbar.

Effizienzsteigerungen nötig

Mit Blick auf den Klimawandel können die Faktoren Bevölkerungswachstum⁹ und Wirtschaftswachstum⁹ der Entwicklung von Treibhausgasemissionen gegenübergestellt werden (zu sehen in Abb. 10 global und in Abb. 11 für Deutschland).

⁶ World Resource Institute

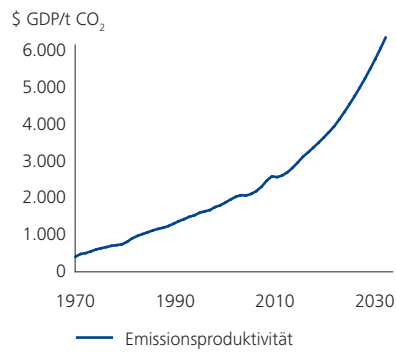
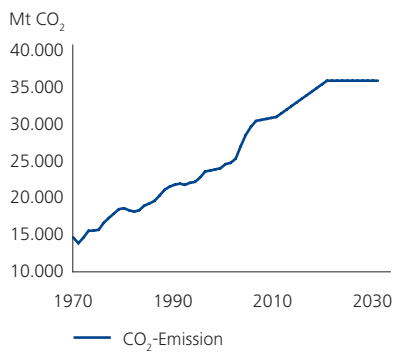
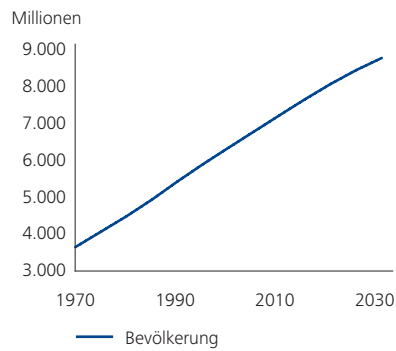
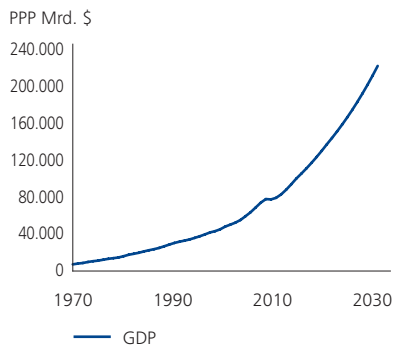
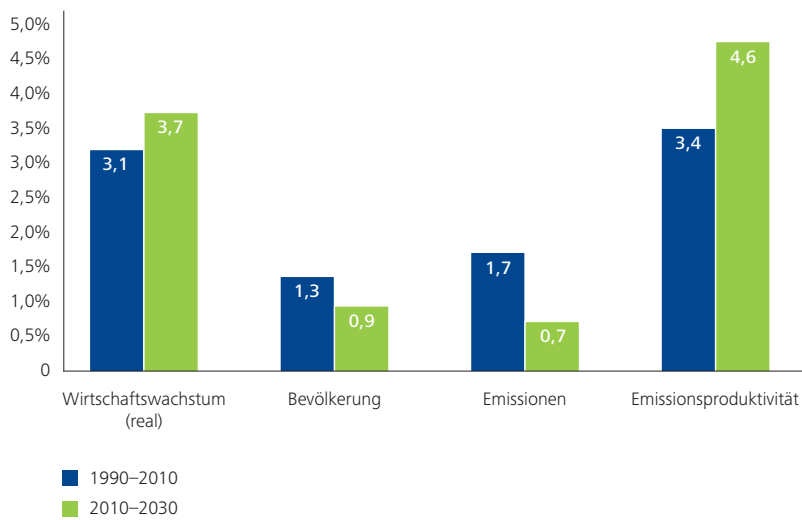
⁷ Cleantech Investment Monitor

⁸ George Soros investiert 1 Mrd. US\$ in Cleantech, Kopenhagen Oktober 2009, Project-Syndicate-Treffen

⁹ Gross Domestic Product (GDP) oder Bruttoinlandsprodukt (BIP)

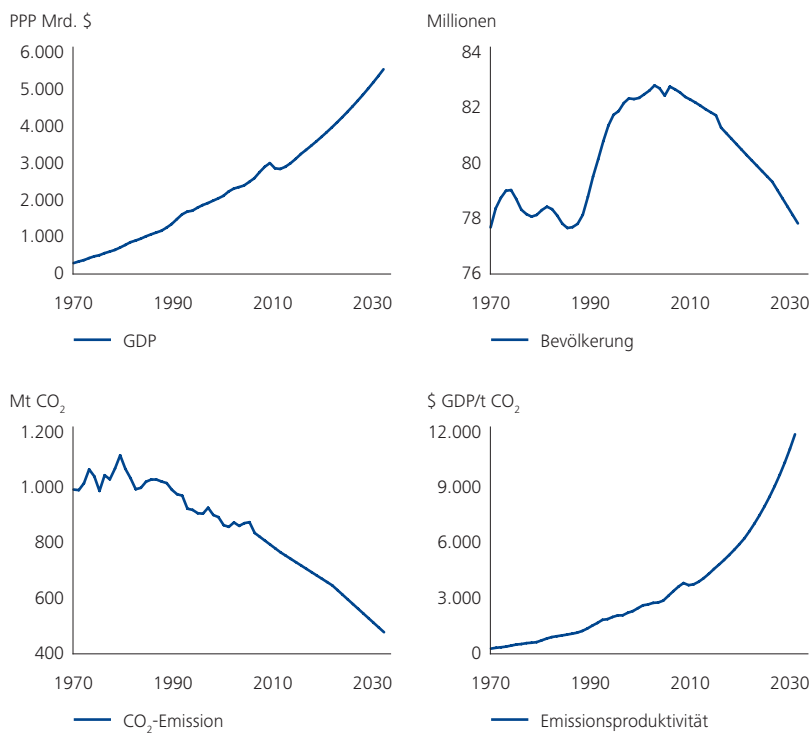
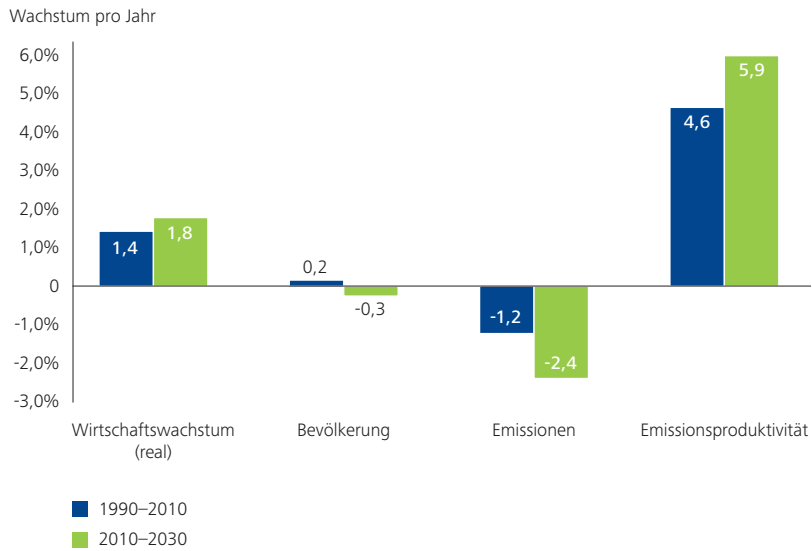
Abb. 10 – Globales Wachstum, Emissionen und Energieeffizienz

Wachstum pro Jahr



Quelle: Deloitte auf Basis von IEA (Emissionen), IMF/EIU (GDP), World Bank (Population), eigene Berechnungen

Abb. 11 – Wachstum, Emissionen und Energieeffizienz in Deutschland



Quelle: Deloitte auf Basis von BMU (Emissionen), IMF/EIU/Bundesbank (GDP), World Bank (Population), eigene Berechnungen

In den Jahren 2010 bis 2030 wird die Weltbevölkerung um ca. 20 Prozent wachsen (1 Prozent pro Jahr), das globale Wirtschaftswachstum soll pro Jahr ca. 5 Prozent betragen (real 3,5 Prozent). Gleichzeitig soll der Anstieg an umweltschädlichen Emissionen (im moderaten 550 ppm-Szenario) auf weniger als 1 Prozent pro Jahr gesenkt werden (gegenüber etwa 2 Prozent pro Jahr in den 20 Jahren zuvor). Die globale Emissionsproduktivität müsste sich selbst im moderaten 550 ppm-Szenario bis 2030 mehr als verdoppeln. Pro Tonne CO₂ müssten etwa 5.900 US\$ an Bruttoleistung erwirtschaftet werden, im Vergleich zu 2.300 US\$/t CO₂ derzeit (Produktivitätswachstum von 4,5 Prozent pro Jahr).

Die globale Emissionsproduktivität müsste sich selbst im moderaten 550 ppm-Szenario bis 2030 mehr als verdoppeln.

Für Deutschland sind die politischen Zielvorgaben noch höher: Mit bestehenden Gesetzen und Richtlinien wurde hier bereits auf das anspruchsvollere Szenario 450 ppm-Kurs genommen. 2030 sollen Emissionen nur mehr 40 Prozent des Wertes von 1990 betragen. Die jährliche Emissionsreduktion in den nächsten 20 Jahren soll -2,4 Prozent pro Jahr betragen (im Vergleich zu -1,2 Prozent pro Jahr von 1990 bis 2010). Bevölkerungswachstum ist dabei kein Hindernis – schließlich wird die deutsche Bevölkerung in den nächsten 20 Jahren um fast 4 Millionen Einwohner von 82 auf 78 Millionen schrumpfen. Trotzdem hofft man, langfristig knapp 3,5 Prozent Wirtschaftswachstum pro Jahr zu erreichen (1,9 Prozent real). Daraus ergibt sich: Die Emissionsproduktivität in Deutschland muss sich in den nächsten 20 Jahren ungefähr verdreifachen. Mit einer Tonne CO₂ müssten statt derzeit 3.600 US\$ Bruttoprodukt (dies liegt bereits 50 Prozent über dem weltweiten Durchschnitt) in 2030 11.500 US\$ erarbeitet werden. Das entspricht einem Produktivitätswachstum von ca. 6 Prozent pro Jahr.

Die Emissionsproduktivität in Deutschland muss sich in den nächsten 20 Jahren ungefähr verdreifachen.

Maßnahmen zur CO₂-Reduktion

Inzwischen hat sich weltweit ein Konsens zur Notwendigkeit von Emissionsbeschränkungen entwickelt. Mit den Zielen der „Agenda 450“ sind jedoch einschneidende volkswirtschaftliche Entscheidungen verbunden. Denn CO₂, das bei Weitem wichtigste Treibhausgas, ist unmittelbar an die Energiewirtschaft (Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen) und somit an die Produktionsleistung von Volkswirtschaften gekoppelt.

Im Gegensatz zum klassischen Umweltschutz wird der Klimaschutz zu einer ökonomischen Zentralaufgabe, die Volkswirtschaften sowohl auf Makroebene (nachhaltiger Wachstumspfad) als auch auf Mikroebene (Geschäftsmodelle) maßgeblich beeinflusst. Folgende Instrumente kommen bei der Reduktion von Treibhausgasemissionen zum Einsatz:

- Technokratische Emissionsbeschränkung (nationale und internationale Regulierung)
- Intelligenterer Energiewandel (Evolution bestehender Technologien oder Revolution, d.h. grundlegend andersartige Technologien und Methoden)
- Effizienzsteigerungen in der gesamten Energiewandlungskette
- Ausbau erneuerbarer/nicht fossiler Energien (Wind, Wasser, Biomasse, Geothermie, Kernkraft)

Die Stoßrichtung ist klar: Wirtschaft und Gesellschaft müssen zunehmend ohne Kohlenstoff in ihren Kernprozessen auskommen (Entwicklung zur „Low-Carbon Economy“). Dieser Prozess wird nicht immer reibungslos verlaufen, schließlich sind seit Beginn des Industriezeitalters fast alle Wirtschaftsprozesse maßgeblich auf Energie aus fossilem Kohlenstoff (Kohle, Gas, Öl) ausgerichtet. Ein stärkerer Fokus auf den Klimaschutz wird sich betriebswirtschaftlich bemerkbar machen:

- Geschäftsmodelle werden geprägt sein von der Suche nach Technologien und Energieträgern, die gleichzeitig ökonomisch nachhaltig und ertragreich sind
- Preise für Energie und Produkte mit hohem Energiebedarf werden im Schnittpunkt von Angebot und Nachfrage neu justiert
- Branchenverschiebungen: Nicht alle Branchen und Marktteilnehmer innerhalb der Branchen werden den Wandel überstehen
- Geschäftskulturen: Der gesellschaftliche Handlungsdruck führt mittelfristig zu einer antizipativen oder gar progressiven Haltung hinsichtlich Klimaschutz: Ähn-

lich wie der klassische Umweltschutz seit den 1970er Jahren zunehmend Bestandteil der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit von Unternehmen wurde, ist zu erwarten, dass der Klimaschutz im Geschäftsmodell der Unternehmen absorbiert wird. Viele volkswirtschaftliche Kernbranchen, wie die Energiewirtschaft, werden den Klimaschutz als maßgeblichen Treiber des Geschäfts nutzen, um wirtschaftlich ertragreich zu bleiben

Bekämpfung des Klimawandels weltweit

Kyoto-Protokoll

Beginn des gemeinsamen globalen Vorgehens gegen den Klimawandel war die Klimarahmen-Konvention in Rio de Janeiro 1992. Konkrete Aussagen wurden jedoch erst auf dem Weltklimagipfel 1997 in Kyoto getroffen (Kyoto-Protokoll):

- Bedingung für das Inkrafttreten des Kyoto-Protokolls: mindestens 55 Staaten, die zusammengerechnet mehr als 55 Prozent der Kohlenstoffdioxid-Emissionen des Jahres 1990 verursachten, müssen das Abkommen ratifizieren
- Die Ratifizierung fand zu unterschiedlichen Zeitpunkten statt (in Deutschland am 27. April 2002)
- Einige Staaten (wie die USA und Australien) hatten das Protokoll zwar zunächst unterzeichnet, dann aber nicht ratifiziert
- Die Vorgabe der 55 Prozent wurde mit der Ratifizierung Russlands erfüllt: Dort trat das Protokoll am 16. Februar 2005 in Kraft

- Die USA haben es bis heute nicht ratifiziert – sie sind als einziges bedeutendes Industrieland nicht völkerrechtlich verbindliches Mitglied des Kyoto-Protokolls

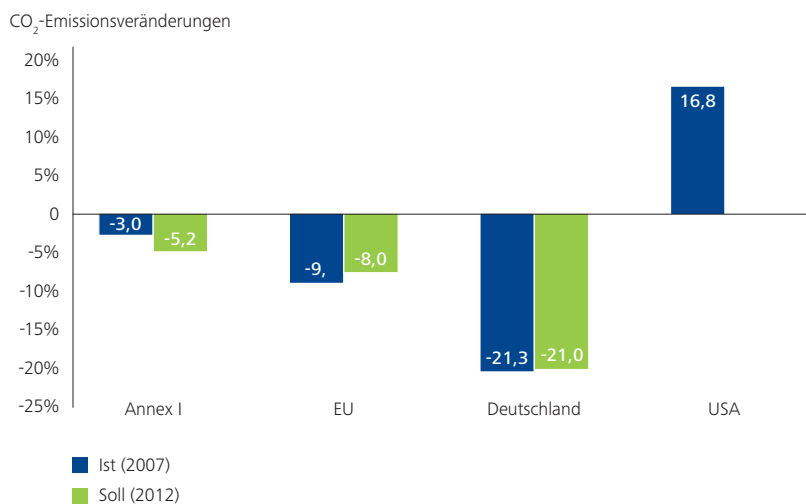
Wirtschaft und Gesellschaft müssen zunehmend ohne Kohlenstoff in ihren Kernprozessen auskommen (Entwicklung zur „Low-Carbon Economy“).

Ziel des Kyoto-Protokolls ist die Reduktion der Treibhausgasemissionen in den Vertragsstaaten bis 2012 um durchschnittlich 5,2 Prozent unter das Niveau von 1990. Einzelne Länder haben dabei unterschiedliche – ihrer wirtschaftlichen Entwicklung entsprechende – Vorgaben. Die Emissionen in Deutschland liegen 2012 voraussichtlich schon mehr als 20 Prozent unter dem Niveau von 1990. Für Schwellenländer wie China, Indien und Brasilien sowie für alle Entwicklungsländer sind aufgrund ihrer geringen Pro-Kopf-Emissionen keine Beschränkungen vorgesehen.

Als Mechanismen zur Zielerreichung stehen zur Verfügung:

- Emissionsrechtehandel (Emission Trading): Unternehmen erhalten Emissionszertifikate, jedoch weniger als sie benötigen (Anreiz zur Modernisierung); die Zertifikate können gehandelt werden

Abb. 12 – Bisherige Kyoto-Zielerreichung



Quelle: UNFCCC

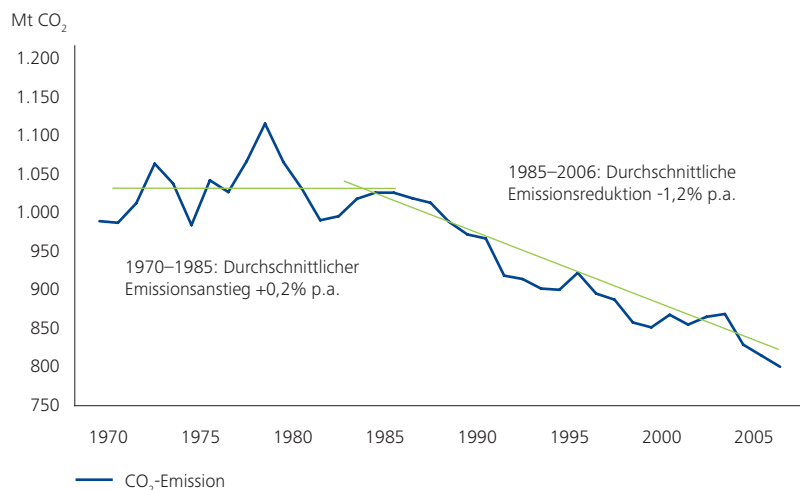
„Business as usual“, das heißt eine Fortführung der traditionellen Wirtschaftsweise ohne Klimaschutzüberlegungen, gibt es in diesem Sinne in Deutschland nicht mehr.

- Gemeinsame Umsetzung (Joint Implementation): Modernisierungsmaßnahmen, die ein Industrieland in einem anderen Industrieland durchführt
- Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung (Clean Development Mechanism): Modernisierungsmaßnahmen zur CO₂-Reduktion, die ein Industrieland in einem Entwicklungsland durchführt

Abbildung 12 zeigt die erreichte Emissionsreduktion im Vergleich zum Soll für verschiedene Länder und Regionen. Annex I sind Länder, die das Kyoto-Protokoll unterzeichnet haben und somit das gemeinschaftliche Ziel einer Reduktion von 5,2 Prozent anstreben. Aus der Grafik ist ersichtlich, dass die Kyoto-Vereinbarung Wirkung zeigt. Trotzdem wird das gemeinsam angestrebte Ziel wahrscheinlich nicht erreicht, da die Emissionen in den letzten Jahren (im Vergleich zum Zeitraum 1990–2000) wieder angestiegen sind.

Zu beachten ist weiterhin, dass epochale Sondereffekte zu diesen Emissionsreduktionen maßgeblich beitrugen. Dies wären zum einen der Einbruch der Wirtschaftsleistung in den ehemals sozialistischen Staaten ab 1990 sowie die aktuelle Weltwirtschaftskrise.

Abb. 13 – Emissionen in Deutschland



Quelle: WRI

Kopenhagen-Konferenz

Für die Zeit nach dem Ende der ersten Verpflichtungsphase, also ab 2013, streben die Vertragsstaaten des Kyoto-Protokolls eine Nachfolgereinbarung an, die oft mit Kyoto II bezeichnet wird. Dazu werden sich Industrie- und Schwellenländer in einigen wichtigen Punkten einigen müssen:

- Soll das 450 ppm-Ziel angestrebt werden?
- Wie können Schwellen- und Entwicklungsländer einbezogen werden? Welche neuen Mechanismen sind sinnvoll?
- Wie kann das Verursacher-Prinzip auf Emissionen, die im internationalen Verkehr entstehen, angewandt werden?
- Wie soll die Treibhausgas-Emission aus biologischen Wirtschaftsprozessen (Land- und Forstwirtschaft) und der Landnutzung (z.B. Waldrodung oder Trockenlegung von Mooren) einbezogen werden?

Umsetzung in Deutschland

Die Bekämpfung des Klimawandels in Deutschland hat eine längere Tradition. Seit fast 20 Jahren befinden sich CO₂-Emissionen auf einem absteigenden Pfad (siehe Abb. 13). Zum Auftakt der dritten Vertragsstaatenkonferenz des Kyoto-Protokolls in Bali wurde von der Bundesregierung im August 2007 ein integriertes Energie- und Klimaprogramm (sogenanntes „Meseberg-Programm“) mit 29 Eckpunkten beschlossen und vom Bundestag am 6. Juni 2008 verabschiedet, das die CO₂-äquivalenten Emissionen von 2008 bis 2020 um etwa 174 Mt (Megatonnen) senken soll.

„Business as usual“, das heißt eine Fortführung der traditionellen Wirtschaftsweise ohne Klimaschutzüberlegungen, gibt es in diesem Sinne in Deutschland nicht mehr. Es wird konsequent auf das 450 ppm-Ziel hingearbeitet. 2030 sollen Emissionen nur mehr 40 Prozent des Wertes von 1990 betragen. Für diese Verpflichtung gibt es gute Gründe:

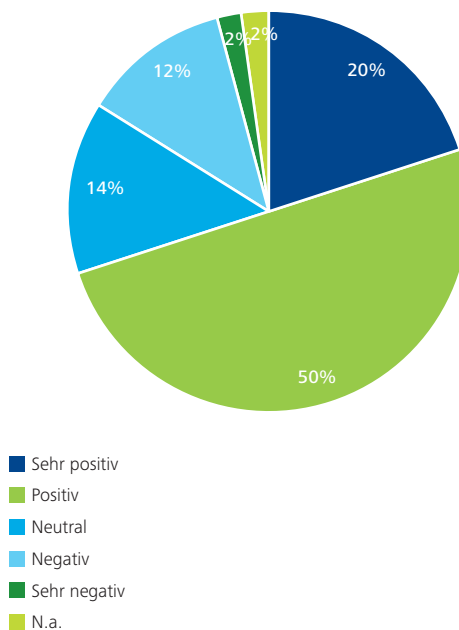
- (1) Technologieführerschaft in den Bereichen Energieeffizienz und Klimaschutz als Zukunftspfad für die deutsche Wirtschaft
- (2) Stärkung der internationalen Verhandlungsposition (Vorzeigeeffekt)
- (3) Kosteneffizienz: Zeitige Investitionen in Klimaschutz sind langfristig günstiger als die Bekämpfung des Problems später (Ballon-Effekt)

Entscheider aus unserer Umfrage sehen die Vorreiterrolle Deutschlands im Klimawandel als durchweg positiv (siehe Abb. 14).

Die wichtigsten Maßnahmen des Eckpunkte-Programms der Bundesregierung, das in die Bereiche Energieeffizienz, Erneuerbare Energien und Nicht-CO₂-Treibhausgasemissionen aufgebrochen werden kann, sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Abb. 14 – Expertenmeinung: Vorreiterrolle Deutschlands in Sachen Klimawandel

n=378



Quelle: Deloitte Management-Befragung und manager-magazin Entscheiderpanel, September 2009

Tabelle 4 – Eckpunkte des Energie- und Klimaprogramms der Bundesregierung

Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	Nicht-CO ₂ -Treibhausgasemission
<ul style="list-style-type: none"> • Novelle des KWK-Gesetzes • Förderungsprogramm für Mini-KWK-Anlagen • Intelligente Zähler (Änderung des EnWG) • Energieleitungsausbaugesetz • Novelle der Energieeinsparverordnung (EnEV) • Förderungsprogramm für Gebäudesanierungen • Novellierung der Heizkostenverordnung (HKVO) • Bundesimmissionsschutz-Verordnung (BImSchV) • Leitlinien für die Beschaffung energieeffizienter Produkte und Dienstleistungen • Erhöhung der Lkw-Maut • Umstellung der Kfz-Steuer 	<ul style="list-style-type: none"> • Neufassung des Erneuerbare-Energie-Gesetzes (EEG) • Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) • Marktanreizprogramm für erneuerbare Wärme • Novelle Gasnetzzugangsverordnung (GasNZV) • Anpassung der Ausbauziele im Biokraftstoffquotengesetz (BioKraft-QuG) 	<ul style="list-style-type: none"> • Chemikalien-Klimaschutzverordnung (ChemKlimaschutzV)

Ein zweites Energie- und Klimaprogramm, bestehend aus sieben Gesetzen und Verordnungen, wurde am 18. Juni 2008 vom Bundeskabinett beschlossen. Im Fokus beider Energie- und Klimaprogramme sind der Ausbau erneuerbarer Energien sowie die Steigerung der Energieeffizienz, um die Treibhausgas-Emissionen bis 2020 um 40 Prozent zu reduzieren. Langfristig (bis zum Jahr 2050) sollen Treibhausgas-Emissionen auf 20 Prozent des Wertes von 1990 reduziert werden.

Beschlossene Ziele der Energiepolitik in Deutschland sind:

- Reduktion der Treibhausgas-Emission
- Steigerung der Energieproduktivität
- Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien
- Verdopplung des KWK-Anteils an der Stromerzeugung
- Erhöhung des Anteils an Biokraftstoffen

Tabelle 5 – Ziele der Energiepolitik in Deutschland

	Ziel	Status quo
Reduktion der Treibhausgas-Emission bis 2020 (bezogen auf das Basisjahr 1990)	40%	21,3% ²
Steigerung der Energieproduktivität bis 2020 (bezogen auf das Basisjahr 1990)		40,8% ²
Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am:		
– Primärenergieverbrauch bis 2050	50%	7,1%/9,7% ^{4, 5}
– Endenergieverbrauch bis 2020	18%	7,7% ⁵
– Bruttostromverbrauch bis 2020	min. 30%	14,8% ⁵
– Wärmeenergiebedarf bis 2020	14%	7,7% ⁵
Verdopplung des KWK-Anteils an der Stromerzeugung bis 2020	25%	12,2% ⁶
Erhöhung des Anteil EE im Verkehrssektor	10% ¹	5,1% ⁵

¹ EU-Ziel für EE im Verkehrssektor

² Stand: 2007

³ Stand: Juli 2009

⁴ Nach Wirkungsgradmethode: 7,1%, nach Substitutionsmethode: 9,7 %

⁵ Stand: 2008

⁶ Stand: 2007 (Bruttostromerzeugung)

Quelle: BMU

Nach Berechnung führender Forschungsinstitute (FhG-ISI, BSR, PIK und ECF) können mit den verabschiedeten Maßnahmen des ersten Energie- und Klimaprogramms bis 2020 ca. 34 Prozent gegenüber dem Basisjahr 1990 eingespart werden. Das entspricht einer Einsparung von über 170 Mt CO₂ eq, von denen der größte Beitrag im Umwandlungssektor erreicht werden soll (siehe Abb. 15). Den geringsten Beitrag leistet der Sektor Handel, Gewerbe, Dienstleistungen und Haushalte (HGDH), da die größten CO₂-Verursacher dort – das Heizen und die Autos – in dieser Definition in andere Sektoren fallen (Gebäude und Verkehr & Transport).

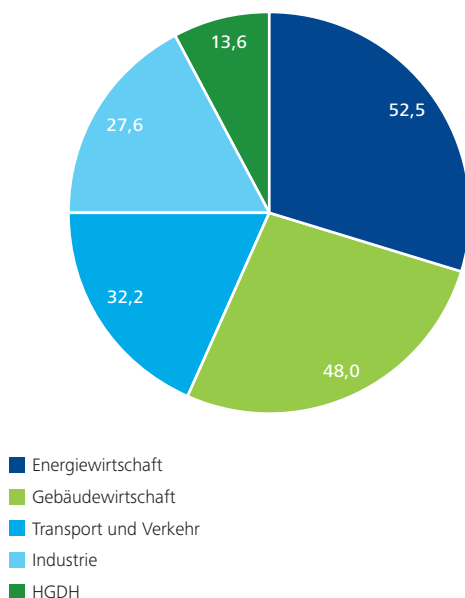
Auf Maßnahmenebene sollen allein mit der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und den Gebäudemaßnahmen ca. 55 Prozent der erwarteten Emissionsreduktion bis 2020 realisiert werden. Ein Vergleich der spezifischen Vermeidungskosten zeigt, dass viele Maß-

nahmen des Programms einen negativen Wert haben und damit 2020 bereits einen Gewinn erwirtschaften. Maßnahmen, die noch mit Vermeidungskosten belastet sind (positive Werte), heben sich oft durch andere Maßnahmen im gleichen Sektor auf (beispielsweise im Verkehrssektor). Durchschnittlich erwirtschaften die Investitionen in Emissionsreduktion 2020 pro Tonne CO₂ bereits € 32 Gewinn.

Vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und der bereits verabschiedeten Beschlüssen wurde vom BMU Anfang 2009 eine „Roadmap Energiepolitik 2020“ veröffentlicht, die die Gestaltung der Energiepolitik zur Zielerreichung anhand von zehn Leitsätzen formuliert. Bereits erreichte Zwischenziele wurden zusammengefasst sowie zukünftiger und notwendiger Handlungsbedarf aufgezeigt.

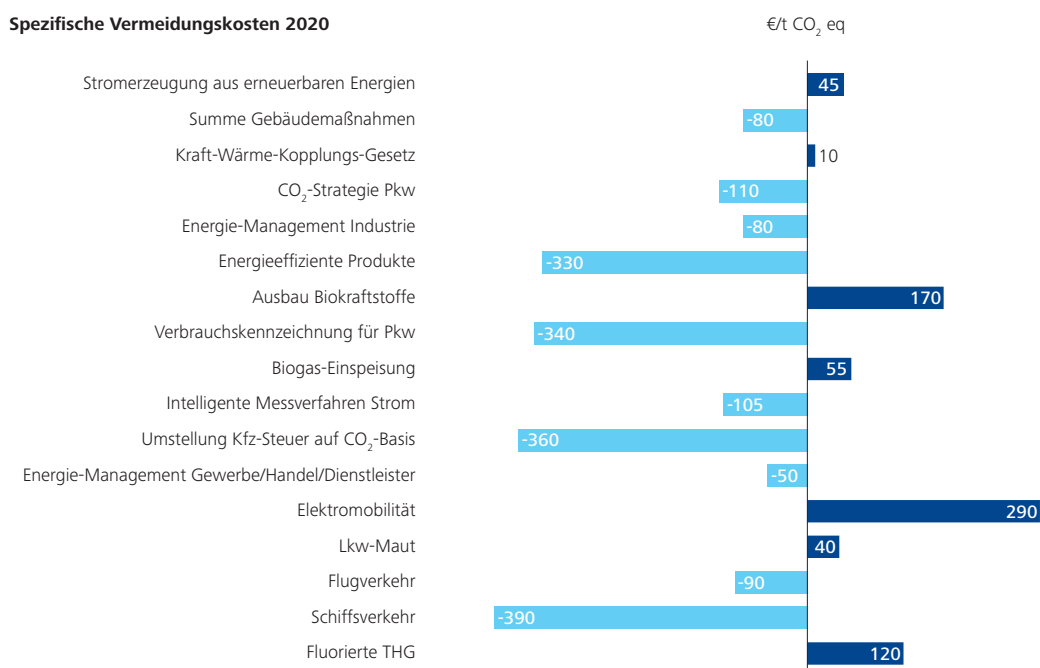
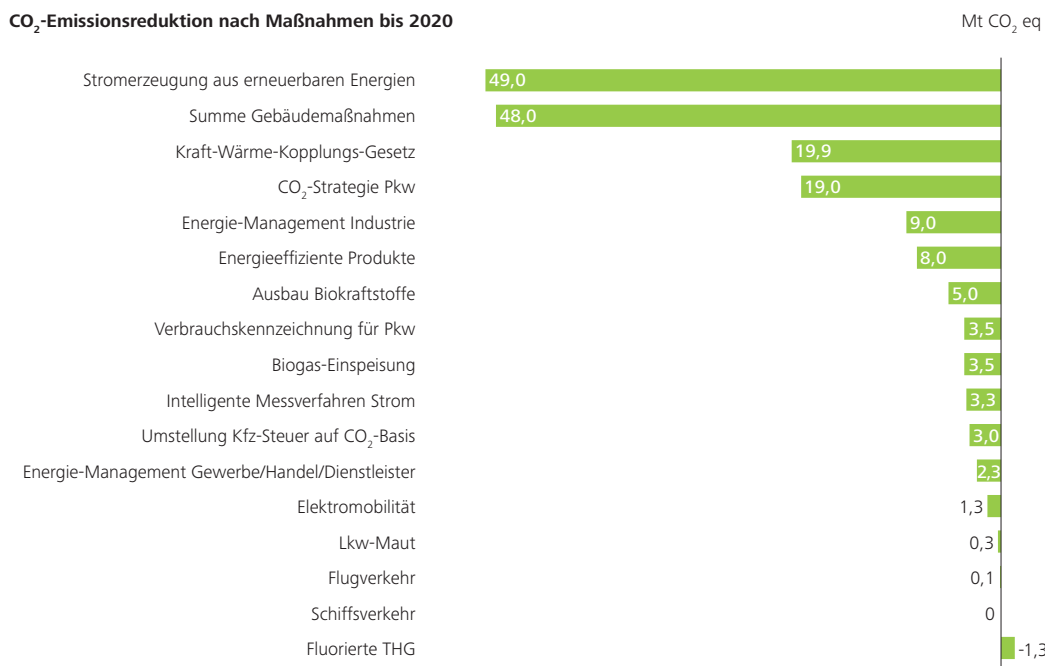
Abb. 15a – Energieprogramm der Bundesregierung (sog. Meseberg-Programm)

CO₂-Emissionsreduktionsmaßnahmen nach Sektoren bis 2020 in Mt CO₂ eq



Quelle: Bundesumweltministerium (Hintergrundpapier Meseberg-Programm), Zusammenstellung Deloitte

Abb. 15b – Energieprogramm der Bundesregierung (sog. Meseberg-Programm)



Quelle: Bundesumweltministerium (Hintergrundpapier Meseberg-Programm), Zusammenstellung Deloitte

Betroffene Wirtschaftssektoren

Die Energiewandlungs- und Emissionskette

In der Diskussion zu Maßnahmen der Emissionsbeschränkung erweist sich die Aufteilung der Emissionen auf einzelne Wirtschaftssektoren als sehr komplex. Denn Emissionen – und damit die nötigen Maßnahmen zur Senkung der Emissionen – sind je nach Sichtweise oft mehr als einem Sektor zuzuordnen. So haben sowohl Verbraucher als auch Erzeuger von Energie strategische Handlungsmacht hinsichtlich der Emissionsreduktion.

In der Betrachtung von Treibhausgasemissionen müssen prinzipiell drei Arten unterschieden werden:

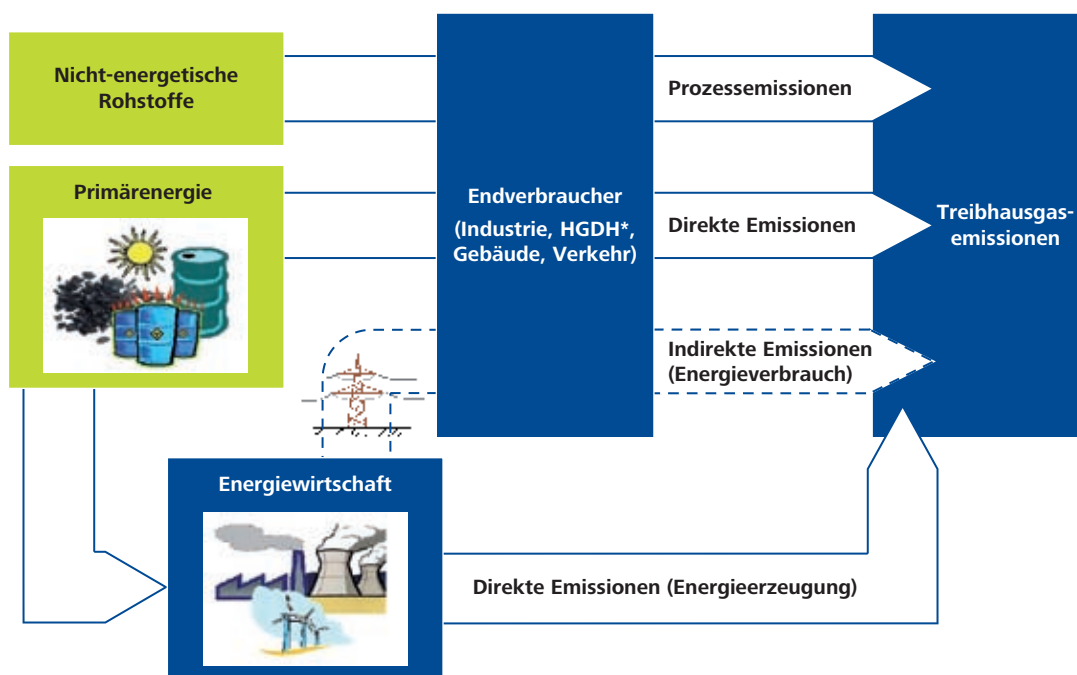
- (1) Direkte Emissionen, die bei der Erzeugung von Energie entstehen,
- (2) Prozessemissionen, die in chemischen Prozessen aufgrund des Rohstoffeinsatzes der Industrie entstehen, und
- (3) Indirekte Emissionen, die durch den Verbrauch der (in der Energiewirtschaft erzeugten) Energie auf Abnehmerseite entstehen.

In vielen Fällen werden Emissionen durch das Zusammenwirken von zwei Sektoren (z.B. Energiewirtschaft und Industrie) verursacht. Emissionsreduktion erfordert daher häufig bilaterale Lösungswege.

In vielen Fällen werden Emissionen durch das Zusammenwirken von zwei Sektoren (z.B. Energiewirtschaft und Industrie) verursacht. Emissionsreduktion erfordert daher häufig bilaterale Lösungswege.

Am Anfang der Energie-Wertschöpfungskette steht die Primärenergie, die in Form von Kohle, Öl, Wind etc. zur Verfügung steht. Diese Primärenergie wird entweder direkt durch einen Endverbraucher umgesetzt (direkte Emission des Straßenverkehrs oder Gasheizungen in Gebäuden) oder sie wird in Kraftwerken in thermische und elektrische Energie umgewandelt und dann an den

Abb. 16 – Energiewandlungskette



*HGDH = Handel, Gewerbe, Dienstleistung, Haushalte
Quelle: Deloitte

Endverbraucher weitergeleitet (indirekte Emissionen des Verbrauchers).

Indirekte Emissionen des Energieverbrauchers sind folglich die direkten Emissionen der Erzeuger. Der Abnehmer der Energie hat jedoch maßgeblichen Einfluss auf den Bezug der Energie und damit auf die Emissionen und eventuelle Emissionsreduktionen.

Zusätzlich zu direkten und indirekten Emissionen des Energieverbrauchs entstehen direkte Prozessemissionen (vor allem in der Industrie) als Abfallprodukte bei der Umwandlung von Rohstoffen (Abb. 16).

Es ergeben sich in Sachen Emissionen somit zwei fundamentale Sichtweisen: die der Abnehmer (Wirtschaftssektoren) und die der zuliefernden Energiewirtschaft. Auf der Seite der Abnehmer entstehen:

- (1) Direkte Emissionen aus selbst erzeugter Energie (zum Beispiel Gasheizungen in Gebäuden oder Eigenstromerzeugung in der Industrie) und im Straßenverkehr (Verbrennungsmotor)
- (2) Prozessbedingte Emissionen durch Umwandlung von Rohstoffen (zum Beispiel chemische Industrie, Mineralölverarbeitung)
- (3) Indirekte Emissionen durch den Verbrauch zugekauften Stroms bzw. Wärme. Über ihren Verbrauch beeinflussen Abnehmer die direkten Emissionen der Energiewirtschaft.

In der vorliegenden Studie werden die beiden Sichtweisen, die der Energieerzeuger und die der Energieabnehmer, getrennt voneinander reproduziert und dargestellt. Um die Darstellung der Abnehmer-Sicht in einer realistischen Sektorenbetrachtung zu ermöglichen, wurden in dieser Studie die direkten Emissionen der Energiewirtschaft als indirekte Emissionen auf Abnehmerseite aufgeschlüsselt (siehe Abb. 17). Die Maßnahmen des Klimaprogramms der Regierung wurden dieser Einteilung zugeordnet.

Als Wirtschaftssektoren-Cluster wurden – entsprechend dem Meseberg-Programm – gewählt:

- Energieintensive Industrie (chemische Industrie, Stahl, Zement etc.)
- HGDH (Handel, Gewerbe, Dienstleistungen und private Haushalte)
- Gebäudewirtschaft (privater und gewerblicher Hochbau)
- Transport und Verkehr (Automobilindustrie, Logistik und Verkehr)

Emissionen der Sektoren

Im Jahre 1990 (Basisjahr fast aller Emissionsszenarien) betragen die Gesamtemissionen in Deutschland knapp über 1.000 Mt CO₂ eq, davon entfielen etwa 45 Prozent auf die Industrie, 17 Prozent auf Handel, Gewerbe, Dienstleistungen und Haushalte (HGDH), 21 Prozent auf Gebäude und 17 Prozent auf Transport. Im Jahr 2006 waren die Emissionen zwar um 16 Prozent gesunken, die Verteilung nach Wirtschaftssektoren zeigt jedoch, dass die Reduk-

Abb. 17 – Aufschlüsselung der Emissionen nach Sektoren

	Industrie	HGDH	Gebäude	Verkehr	Energiewirtschaft
Direkte Emissionen	X		X	X	Summe der umrandeten Einträge
Indirekte Emissionen	X	X	X	X	
Prozessemissionen	X				

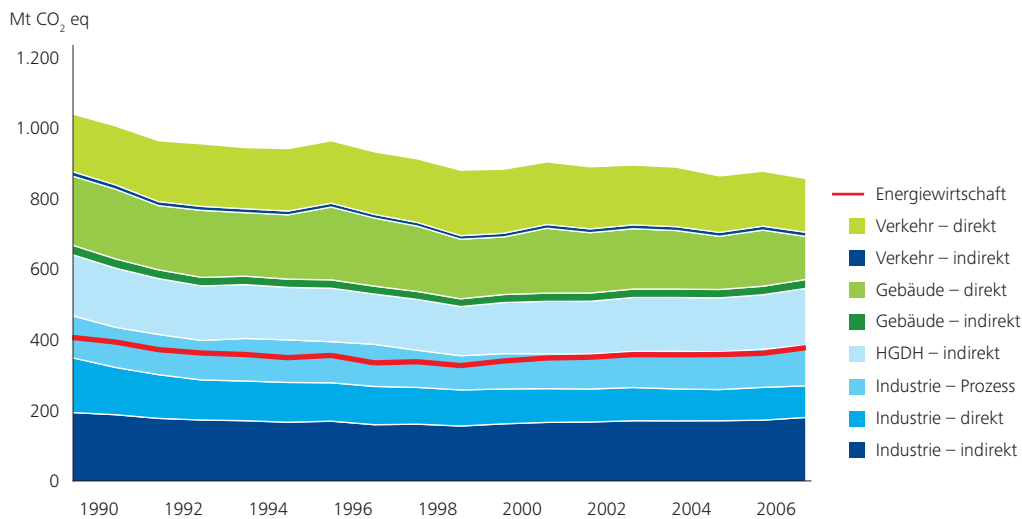
Quelle: Deloitte

tion nicht gleichmäßig verteilt war. Direkte Emissionen der Industrie sowie des Gebäudesektors trugen am meisten zur Senkung der Emissionen bei (siehe Abb. 18).

Aufgeschlüsselt nach Primärenergieträgern (siehe Abb. 19) entsteht der Großteil der Emissionen in Deutschland

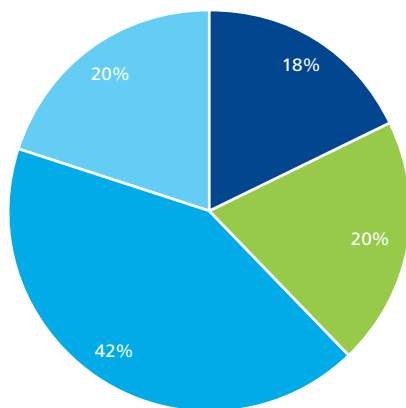
durch Mineralölverbrennung (42 Prozent), gefolgt von Kohle (28 Prozent) und Erdgas (20 Prozent). Verkehr ist dabei der größte Verursacher von Emissionen auf Basis von Mineralöl, in der Stromerzeugung ist Deutschland immer noch hauptsächlich von Kohle abhängig (siehe nächstes Kapitel).

Abb. 18 – Emissionsentwicklung nach Sektoren



Quelle: Deloitte auf Basis des nationalen Inventarberichts Deutschlands an UNFCCC

Abb. 19 – Emissionen nach Primärenergieträgern (2008)



■ Braunkohle
■ Steinkohle
■ Mineralöl
■ Erdgas

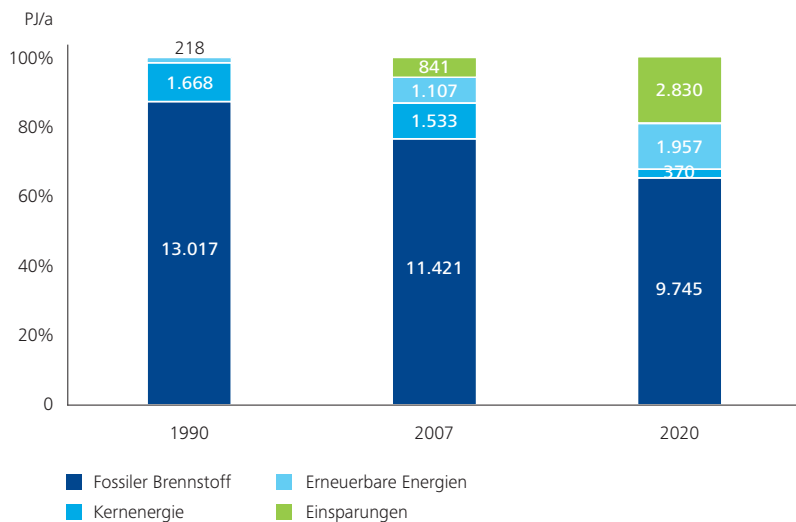
Quelle: AGEB

Die Emissions-Minderungsziele des Meseberg-Programms der Bundesregierung richten sich immer an einen gesamten Sektor (also sowohl an direkte als auch an indirekte Emissionen). Somit müssen die Ziele des Meseberg-Programms in zwei Kategorien unterteilt werden:

- (1) Emissionsreduktion durch Einsparung von Primärenergie
- (2) Emissionsreduktion durch Veränderung des Strommixes

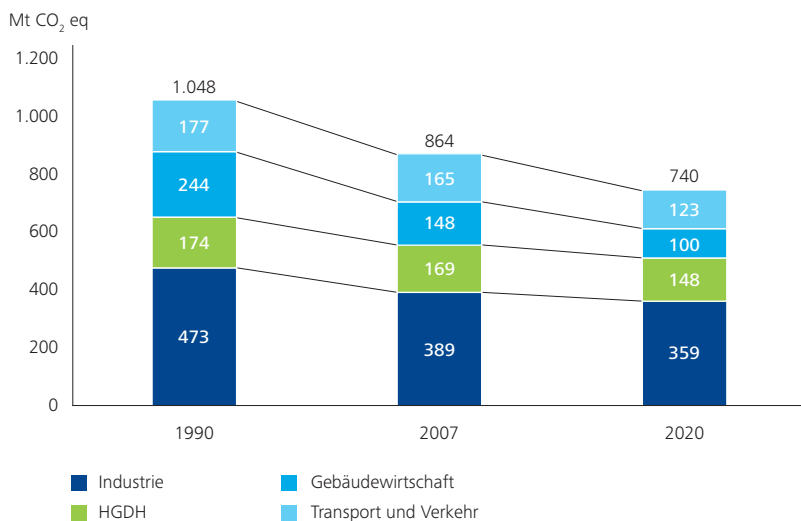
So soll der Stromverbrauch bis zum Jahr 2020 um etwa 20 Prozent gesenkt werden. Weitere Emissionsminderung wird durch den Ausbau erneuerbarer Energien erreicht (siehe Abb. 20). Umgelegt auf Wirtschaftssektoren erfolgt in der Industrie absolut die größte Reduktion (siehe Abb. 21), prozentual sind die Meseberg-Ziele zur Emissionsreduktion jedoch im Bereich Gebäudewirtschaft und Transport am ambitioniertesten.

Abb. 20 – Veränderung des Strommixes (Primärenergieverbrauch)



Quelle: AGEB (1990–2008), BMU (Leitszenario 2008)

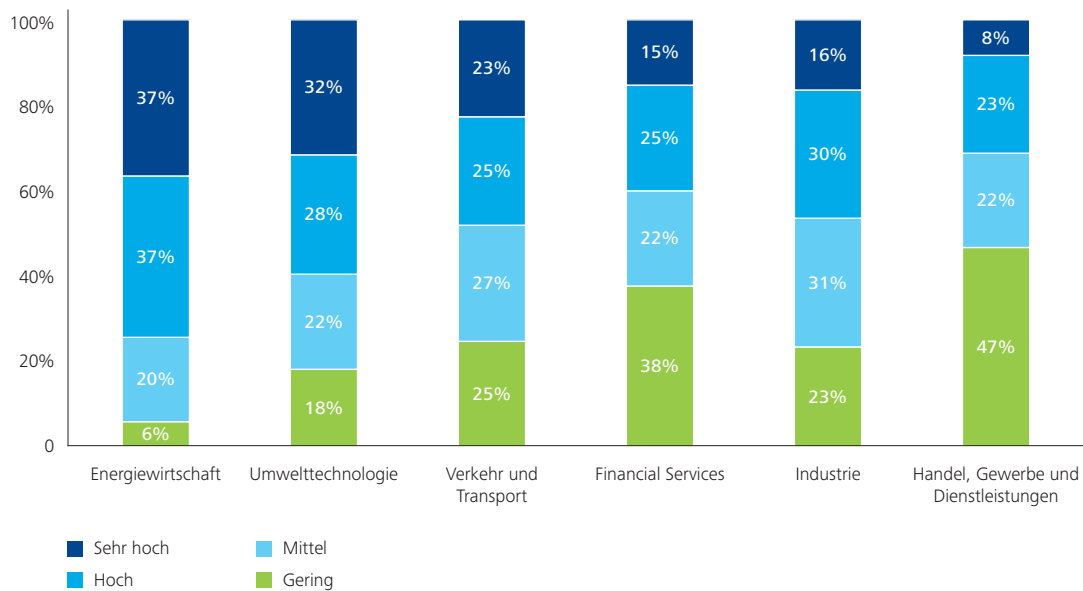
Abb. 21 – Angestrebte Emissionsminderung 2020 nach Sektoren



Quelle: AGEB, BMU, UNFCCC, Deloitte-Berechnungen

Den Emissionszielen entsprechend sehen auch Entscheider aus der Wirtschaft den höchsten Einfluss der Entwicklung zur Low-Carbon Society im Energiesektor, gefolgt von Unternehmen im Cleantech- und Transport-Bereich (siehe Abb. 22).

Abb. 22 – Einfluss von Klimaschutz auf Unternehmen verschiedener Branchen



Quelle: Deloitte Management-Befragung und manager-magazin Entscheiderpanel, September 2009

Auswirkung auf einzelne Sektoren

Ökonomische und ökologische Nutznießer sind aus Sicht direkter Emissionen nicht identisch.

Energiewirtschaft

Randbedingungen

Der Energiesektor als Lieferant von Strom und Wärme ist Dreh- und Angelpunkt vieler Diskussionen zum Thema Klimawandel – schließlich entstehen die bei der Energieerzeugung produzierten direkten Emissionen aufgrund der Nachfrage aus anderen Sektoren. Die Branche beschäftigt in Deutschland zirka 230.000 Arbeitnehmer (Energieerzeugung und -versorgung) und erwirtschaftete in 2007 einen Umsatz von € 120 Mrd.¹⁰. Die Gesamtemissionen Deutschlands im Jahr 2007 beliefen sich auf 865 Mt CO₂ eq, wovon etwa 44 Prozent der Energiewirtschaft zugeschrieben werden (siehe Abb. 23).

Aus Endverbraucher-Sicht sind diese direkten Emissionen des Energiesektors jedoch indirekte Emissionen der einzelnen Wirtschaftssektoren: 48 Prozent gingen in die Industrie, 42 Prozent in den Sektor Handel, Dienstleistungen, Gewerbe und Haushalte; die Gebäudewirtschaft verbrauchte das Energie-Äquivalent von 7 Prozent dieser Emissionen, im Verkehr kamen noch einmal 3 Prozent dazu.

Was also dem Energiesektor an Emissionsminderungsmaßnahmen zugeschrieben wird, wird eigentlich in anderen Sektoren „konsumiert“. So senkt ein steigender Anteil erneuerbarer Energie die Emissionen per Kilowatt-Stunde Strom – die indirekten Emissionen in der Wirtschaft sinken. Umgekehrt wirkt sich eine durch Energieeffizienz in der Wirtschaft erarbeitete Stromersparung auf die direkten Emissionen der Energiebranche aus. Ökonomische und ökologische Nutznießer sind aus Sicht direkter Emissionen nicht identisch.

In der Diskussion zu Maßnahmen der Emissionsreduktion ist es daher wichtig zu unterscheiden, ob aus Abnehmer- oder Lieferantensicht argumentiert wird. In der Literatur finden sich immer wieder Darstellungen, die direkte und indirekte Sichtweisen nicht klar trennen.

Klimaschutz-Zielbeitrag der Branche

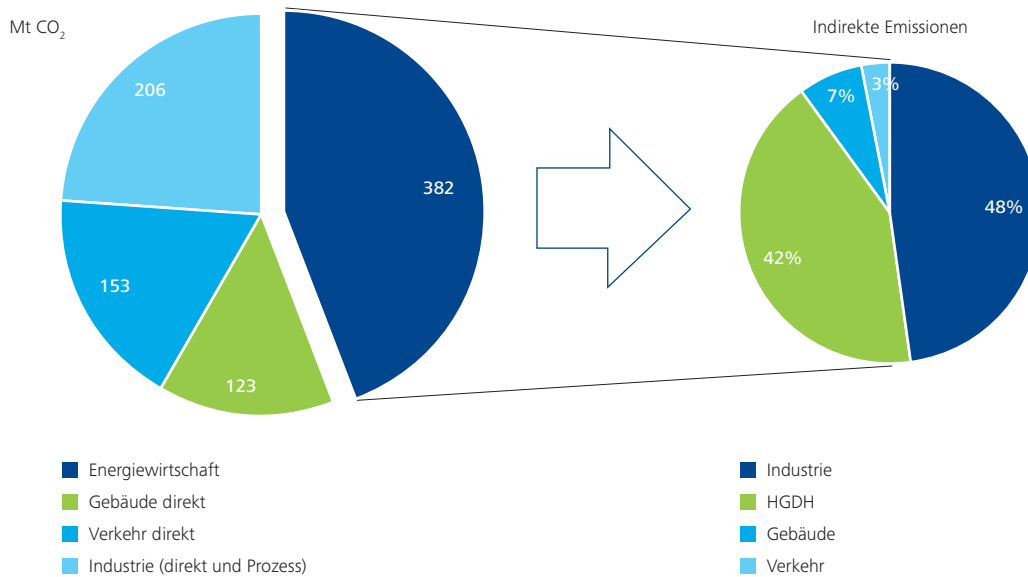
Die Emissionen der Energiewirtschaft in Deutschland beliefen sich 2007 auf 382 Mt CO₂ oder 44 Prozent des gesamten Ausstoßes. Bis zum Jahr 2020 sollen sie um ca. 87 Mt auf 303 Mt reduziert werden. Diese Reduktion setzt sich zusammen aus Maßnahmen im Umwandlungssektor (hauptsächlich die Erhöhung des Anteils erneuerbaren Energien und Biogas-Einspeisung, im Äquivalent von etwa 52,5 Mt CO₂ eq) und Maßnahmen in anderen Wirtschaftssektoren (Reduktion des Verbrauchs, im Äquivalent von etwa 34 Mt CO₂ eq). Die Gesamtreduktion ist in Abb. 24 in der blauen Linie ersichtlich.

Dem Umwandlungssektor direkt zugeschrieben werden können jedoch nur die Maßnahmen zur Emissionsreduktion durch Änderung des Strommixes (grüne Linie in Abb. 24). Deshalb werden sich die Ausführungen in diesem Kapitel auf Technologien und Möglichkeiten zur Erzeugung eines emissionsärmeren Stroms konzentrieren. Auf Maßnahmen zu Energieeffizienzsteigerungen (Reduktion des Verbrauchs) wird in den Kapiteln der einzelnen Wirtschaftssektoren näher eingegangen.

Mit der angestrebten Reduktion durch die Änderung des Strommixes ergibt sich aus dem Programm der Bundesregierung eine Vorgabe zur Emissionsreduktion im Energiesektor von ca. -1,0 Prozent pro Jahr für die Periode 2008 bis 2020. Im Vergleich zu einer durchschnittlichen Emissionssenkung von -0,4 Prozent pro Jahr von 1990 bis 2007 bedeutet das für die nächsten zwölf Jahre eine Beschleunigung der Klimamaßnahmen um mehr als das Doppelte (siehe Abb. 25).

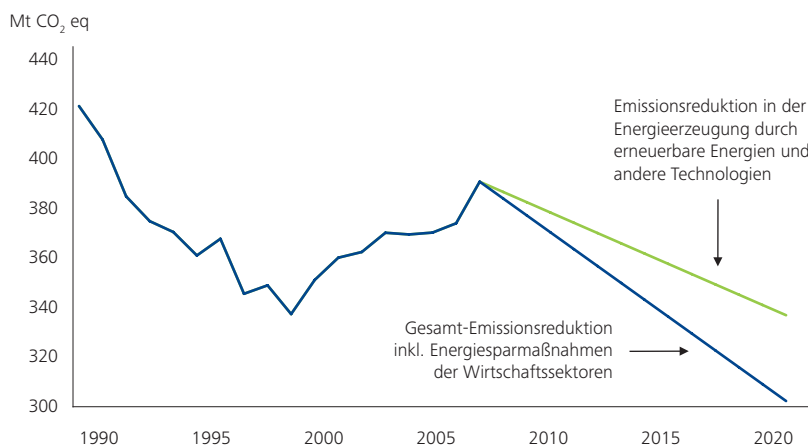
¹⁰ Statistisches Bundesamt, Strukturstatistiken

Abb. 23 – Emissionsanteile der Wirtschaftssektoren 2007



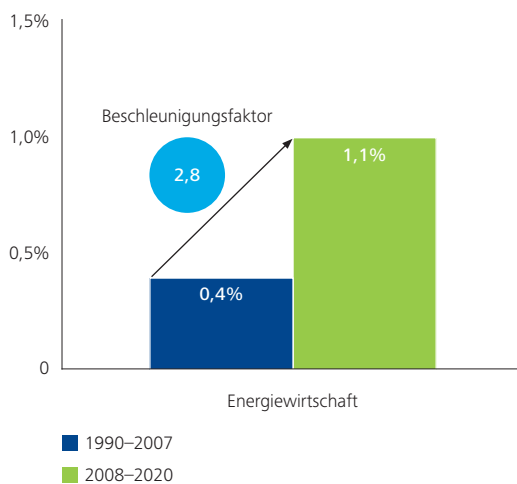
Quelle: Deloitte auf Basis von AGEB und UNFCCC

Abb. 24 – Emissionen der Energiewirtschaft 1990–2020



Quelle: Deloitte auf Basis von UNFCCC, BMU

Abb. 25 – Emissionsminderungsraten in der Energiewirtschaft



Im Vergleich zu einer durchschnittlichen Emissionsenkung von -0,4 Prozent pro Jahr von 1990 bis 2007 bedeutet das für die nächsten zwölf Jahre eine Beschleunigung der Klimamaßnahmen um mehr als das Doppelte.

Quelle: Deloitte

Verfügbare Technologien und Methoden

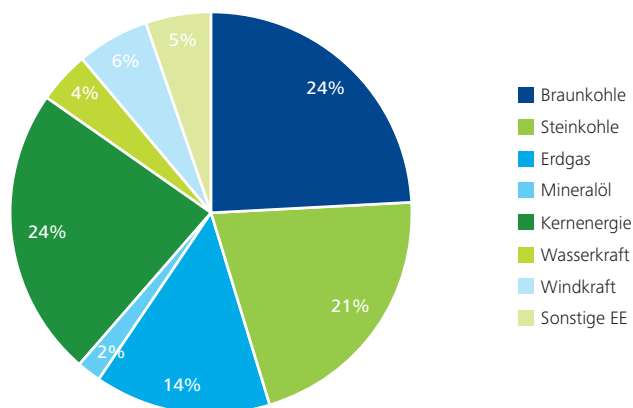
Die Energiewirtschaft steht vor einem Umbruch. Mit bereits beschlossenen und noch zu verhandelnden Maßnahmen zur Emissionsreduktion werden im nächsten Jahrzehnt massive Veränderungen im Strom-Mix einhergehen. Mit der Atomkraft haben Energieversorger bereits einen solchen Umbruch hinter sich. Die nächsten Jahrzehnte stehen im Zeichen erneuerbarer Energien.

2008 wurden noch mehr als 60 Prozent des gesamten Stroms aus fossilen Brennstoffen gewonnen (45 Prozent aus Kohle, 14 Prozent aus Erdgas und 2 Prozent aus Mineralöl). Kernenergie lieferte weitere 23 Prozent. Der Anteil erneuerbarer Energien am Energiemix war mit 15

Prozent noch relativ gering (siehe Abb. 26). Bis zum Jahr 2020 wird sich dieses Bild grundlegend ändern: Dann sollen bereits 30 Prozent der deutschen Bruttostromerzeugung (178 TWh von 584 TWh gesamt) auf erneuerbaren Energien basieren, bis zum Jahr 2030 werden 50 Prozent (282 TWh von 558 TWh gesamt) angestrebt, (siehe Abb. 27).

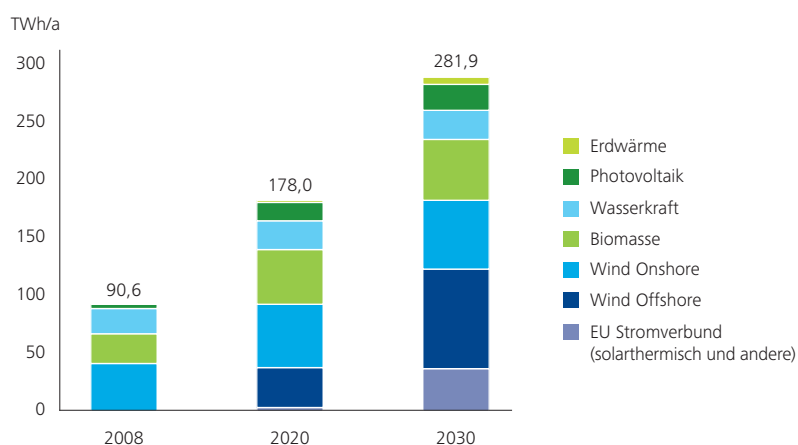
Gleichzeitig stehen jedoch auch einige Technologien zur Verbesserung der Emissionseffizienz konventioneller Erzeugung auf dem Prüfstand der Technik. Schließlich wird auch in Zukunft noch ein großer Teil der Energie aus fossilen Brennstoffen gewonnen werden.

Abb. 26 – Bruttostromerzeugung in Deutschland nach Energieträgern (2008)



Quelle: BDEW

Abb. 27 – Strom aus regenerierbaren Quellen, 2020 und 2030



Quelle: BMU Energiestatistiken und Leitszenario 2008

Konventionelle Erzeugung

Bei Kohlekraftwerken, die in Deutschland derzeit fast die Hälfte des Stroms liefern, stehen Technologien zur Effizienzsteigerung (z.B. 700 °C-Technologie) und Kohlenstoffabscheidung (Carbon Capture & Storage, CCS) zur Diskussion. Beide sind für die Energieversorger sowohl aus technischer wie auch aus wirtschaftlicher Sicht ungewiss. So ist CCS beispielsweise ohne Effizienzsteigerung der Kraftwerke nicht realistisch, weil durch den Prozess der Abspaltung wiederum ein höherer Bedarf an Brennstoff besteht.

Auch die mit diesen Technologien verbundenen Investmentkosten sind ein wesentliches Kriterium aus Sicht der Energieversorger. Der erreichbaren CO₂-Reduktion werden die zusätzlichen Investment- oder Nachrüstkosten, Betriebskosten für Abscheidung, Transport und Speicherung sowie Zertifikatskosten gegenübergestellt und bewertet: Um beispielsweise die abgeschiedene Kohlenstoffmenge eines 1.000-MW-Kraftwerkes zu transportieren, bedarf es ca. 250.000 Lkw oder ca. 5.000 Zugladungen oder 300 Schiffsladungen. So fallen allein für den Transport von abgeschiedenem Kohlenstoff ca. 5 Mio. Tonnen CO₂ pro Jahr an. Dazu kommen Bedenken über Sicherheit (Speicherung/Leckrate) und Einsatzfähigkeit (Analysen sehen geringe Chancen vor 2020, viele gehen von einem kommerziellen Start frühestens ab 2025 aus). Die weitere technische Entwick-

lung und Erprobung wird auch deren Einsatzfähigkeit als Schlüssel- oder Back-up-Technologie klären.

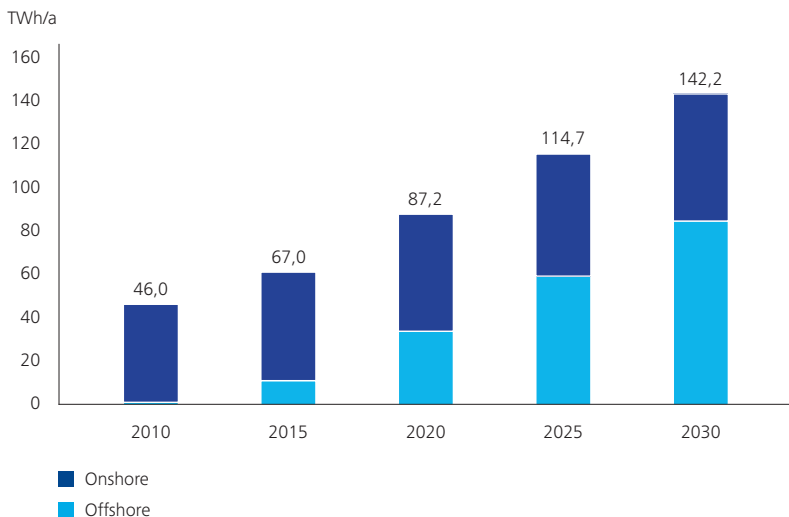
Auf Seiten der Politik besteht – wie vor dem Hintergrund des jüngst gescheiterten Gesetzesentwurfs zur Regelung von Abscheidung, Transport und dauerhafter Speicherung von Kohlendioxid ersichtlich – weiterer Handlungsbedarf. Gleichzeitig steht das Thema der Atomkraft weiter im Raum. Obwohl technisch CO₂-neutral, gehen Expertenmeinungen zur langfristigen Umweltfreundlichkeit dieser Technologie auseinander. Trotzdem gibt es Überlegungen, ob man durch die Verlängerung von Laufzeiten bestehender Atomkraftwerke nicht den Ausbau erneuerbarer Energie finanzieren könnte.

Zusammenfassend ist das Potenzial zur Emissionsreduktion durch Weiterentwicklung konventioneller Technologien insgesamt nur mäßig. Die Technologien sind teilweise noch nicht getestet und die nötigen Investitionen dabei relativ groß (hohes Risiko).

Erneuerbare Energien

Das weitaus größere Potenzial in der CO₂-Einsparung wird im Ausbau erneuerbarer Energien gesehen. Einen wichtigen Beitrag dazu liefert mittelfristig die Windenergie – und hier vor allem Offshore-Erzeugung (siehe Abb. 28).

Abb. 28 – Stromerzeugung aus Windenergie, 2010–2030



Quelle: BMU Leitszenario 2008

So soll Strom aus Windenergie bis 2020 alleine 15 Prozent zur gesamten Bruttostromerzeugung beitragen, bis 2030 wird ein Anteil von 25 Prozent angestrebt (siehe Abb. 29). Derzeit sind in der Nord- und Ostsee vier Windparks in Betrieb/Bau, weitere 21 genehmigt (erste Baustufe) und zwölf im fortgeschrittenen Genehmigungsverfahren. Fertigung, Transport und Montage stellen jedoch teilweise noch Engpässe dar, die erst überwunden werden müssen.

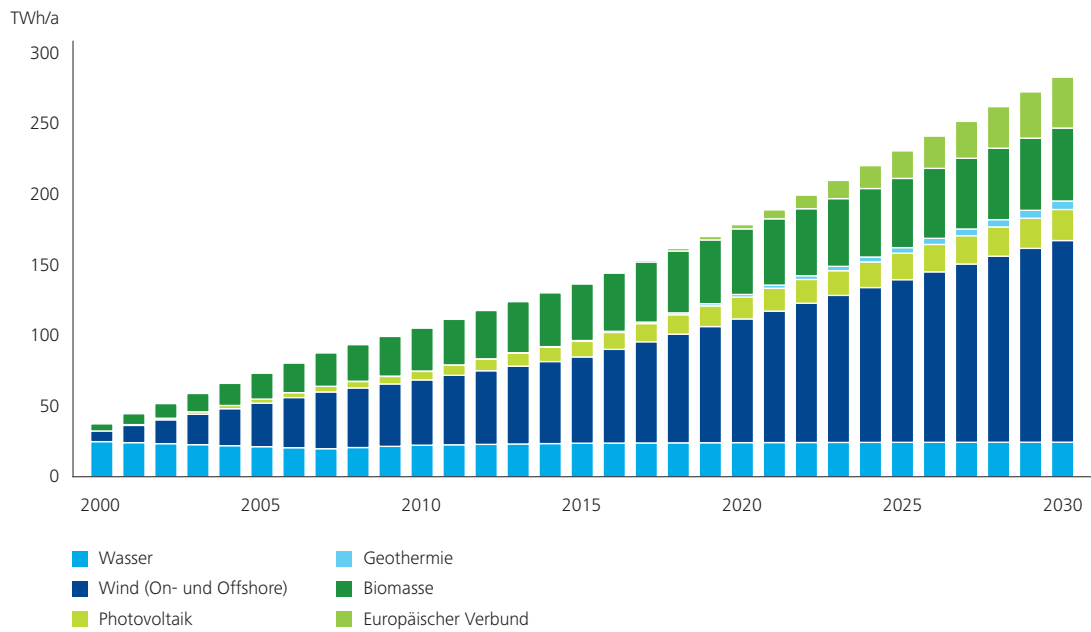
Interessanterweise klaffen der Technologiefokus auf Seiten der Energiebranche und das von der Wirtschaft gesehene Technologiepotenzial leicht auseinander. Während die Mehrheit der für diese Studie befragten Manager aus der Energiebranche die Zukunft in der Windtechnologie sehen, bekunden Entscheider aus anderen Wirtschaftssektoren der Solartechnik das größte Potenzial für Deutschland. Hier könnte sich auch die Hoffnung widerspiegeln, dass deutsche Expertise im Feld der Solartechnik zunehmend im Ausland zum Einsatz kommt (etwa in Projekten wie Desertec¹¹). Außerdem sind die Wachstumsraten im Solarbereich – relativ gesehen – zumindest in den nächsten zehn Jahren höher als im Windenergiebereich: der Anstieg an Bruttostromerzeugung aus Sonnenenergie liegt mit 10 Prozent p.a. von 2010 bis 2020 deutlich über dem Anstieg an Windenergie (+7 Prozent p.a.), siehe Abb. 31.

Konventionelle Module mit Siliziumzellen sind derzeit in der Photovoltaik die dominierende Technologie (62 Prozent der installierten Leistung in 2007), dazu kommen für Spezialanwendungen Dünnschichtmodule. Neben der stetigen Steigerung der Effizienz der konventionellen Siliziumzellen gehen die wichtigsten technologischen Weiterentwicklungen in Richtung Oberflächenstrukturierung zur Verminderung von Reflexionsverlusten, konzentrierte Photovoltaikzellen, Tandem- oder Stapelzellen und MIS-Inversionsschicht-Zellen sowie in neue Dünnschicht-Materialien.

Auch in Biomasse und Geothermie steckt Potenzial. Wachstumsraten für Geothermie sind aufgrund des derzeit noch sehr geringen Anteils an der Bruttostromerzeugung von unter 1 TWh/a jedoch nicht aussagekräftig (deshalb in Abbildung 31 nicht angeführt). Derzeit wird hauptsächlich auf zwei Techniken zur Stromerzeugung aus geothermischer Energie gesetzt (Organic Rankine Cycle, ORC, und Kalina-Prozess), das Potenzial zur Wärmenutzung ist im Bereich der Geothermie jedoch noch um ein Vielfaches höher als das Potenzial zur Stromerzeugung (Wärmepumpen im Gebäudebereich).

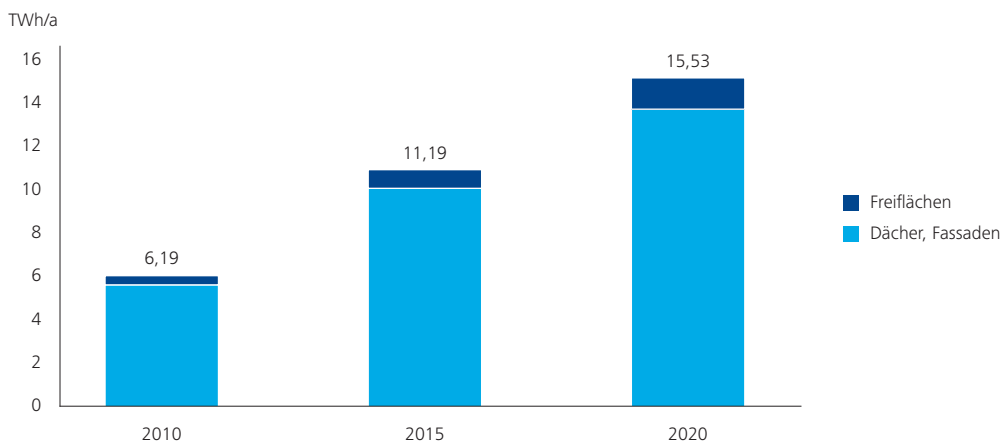
¹¹ Das Desertec-Konzept sieht vor, Strom aus erneuerbaren Energien im Nahen Osten und in Nordafrika zu erzeugen und mittels Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung bis nach Europa zu leiten.

Abb. 29 – Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, 2000 bis 2030



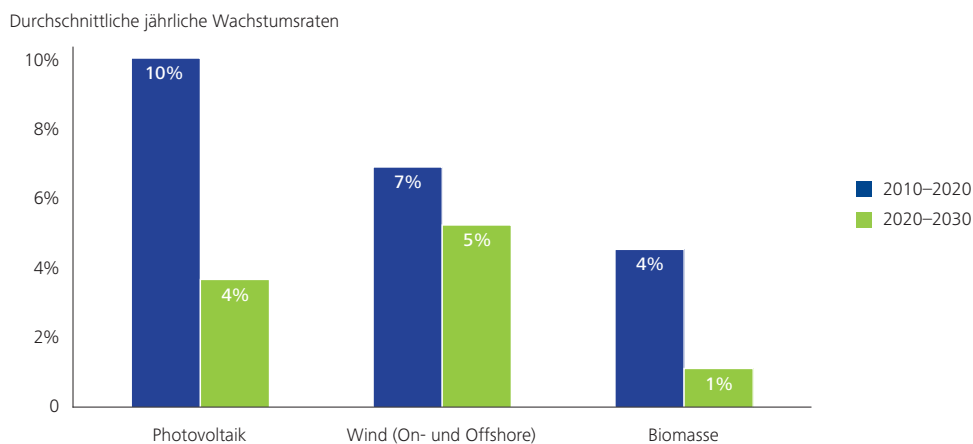
Quelle: Deloitte, BMU Leitszenario 2008

Abb. 30 – Stromerzeugung mit Photovoltaik



Quelle: BMU Leitszenario 2008

Abb. 31 – Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien



Quelle: Deloitte, BMU Leitszenario 2008

Biomasse ist mittlerweile neben Wind mit ca. 24 TWh/a bereits der zweitwichtigste Energieträger in der Stromerzeugung. Bis 2030 soll sich die Leistung in diesem Sektor verdoppeln. Dabei muss zwischen biogenem Festbrennstoff, Biogasen und flüssigen Bioenergieträgern (Pflanzenöl) unterschieden werden. Letzere stellen den geringsten Anteil dar und werden hauptsächlich in der dezentralen Energieerzeugung von Privatpersonen eingesetzt. Festbrennstoffe (biogener Abfall, feste Biomasse) und Biogase halten sich in der Energieerzeugung etwa das Gleichgewicht (siehe Abb. 32).

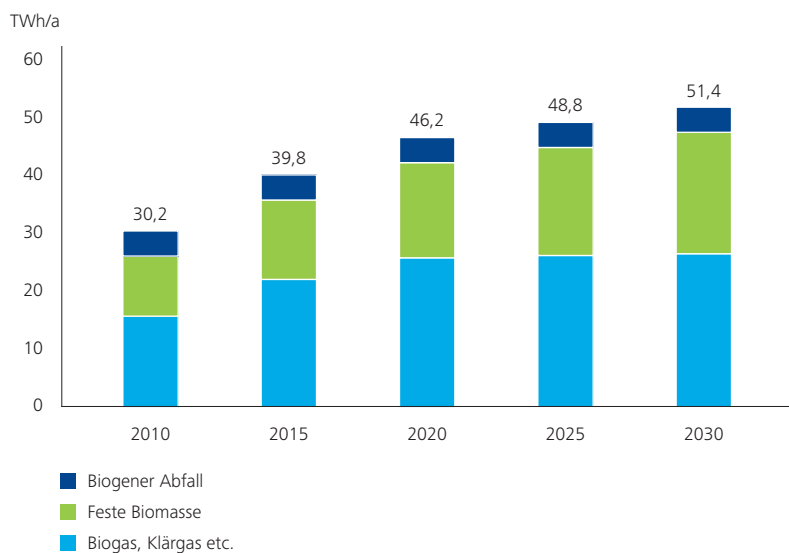
Industrieunternehmen haben mit 48 Prozent der Anlagen den höchsten Anteil an der Stromerzeugung aus Biomasse (vor allem Unternehmen der Holzbe- und verarbeitenden Industrie, aber auch Abfall- und Reststoffverwertung), weitere 32 Prozent finden sich im Bereich

von Energieverbänden bzw. regional tätigen und städtischen Energieunternehmen. Investoren, Kommunen und Privatpersonen betreiben den Rest der Anlagen.

Auch beim Thema Biomasse gibt es neben Stromerzeugung noch ein weiteres Anwendungsgebiet in der Nutzung von Biotreibstoffen im Bereich Transport und Verkehr, das Potenzial scheint im Vergleich zum Elektroantrieb jedoch geringer.

Erneuerbaren Energien wird zur Emissionsreduktion in der Energieerzeugung das höchste Potenzial eingeräumt. Die Risiken sind dabei mäßig, viele Technologien sind schon erprobt, werden laufend verbessert und versprechen daher in kommenden Jahren kostengünstiger zu werden.

Abb. 32 – Bruttostromerzeugung aus Biomasse



Quelle: BMU Leitszenario 2008

KWK/Dezentrale Erzeugung

Eine weitere Säule im Klimaschutz stellen die öffentliche und die dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) – die simultane Produktion von Strom und Wärme – auf Basis fossiler und erneuerbarer Energien dar.

Eines der wichtigsten Anwendungsgebiete von KWK ist die Erhöhung des Wirkungsgrades von Energieumwandlungsanlagen. In einem Kraftwerk, das gleichzeitig Strom und Wärme erzeugt, kann ein Wirkungsgrad von bis zu 90 Prozent erreicht werden¹².

Verbunden mit dem Thema KWK ist die dezentrale Stromerzeugung direkt beim Verbraucher. Wichtige Anwendungsgebiete kleinerer KWK-Anlagen sind Industrie und private Haushalte. Tatsächlich testieren Teilnehmer unserer Umfrage aus dem Bereich Industrie dem Thema KWK hohes Zukunftspotenzial (siehe nächstes Kapitel).

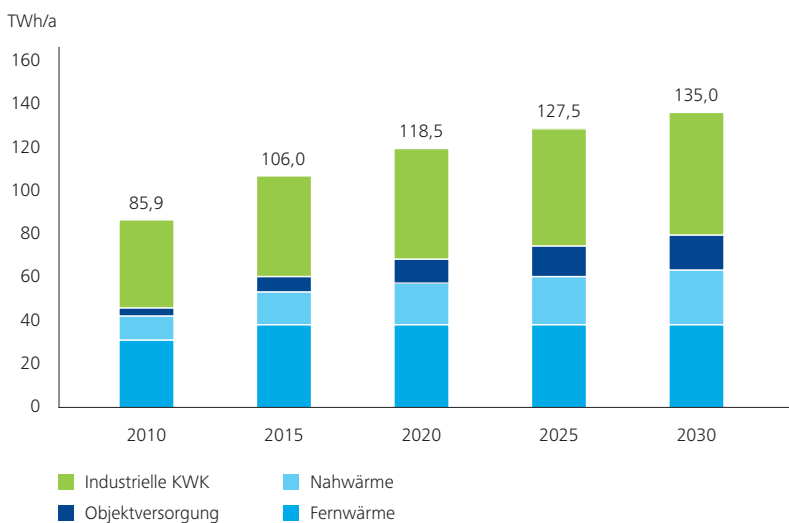
Die Bundesregierung hat sich im Rahmen des Integrierten Energie- und Klimaprogramms darauf verständigt, den Anteil der Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung bis 2020 auf etwa 25 Prozent zu verdoppeln. Durch die Wärmeeinspeisung wird eine Emissionsreduktion vor allem in der Gebäudewirtschaft erzielt: „Zweck des Ge-

In einem Kraftwerk, das gleichzeitig Strom und Wärme erzeugt, kann ein Wirkungsgrad von bis zu 90 Prozent erreicht werden.

setzes ist es, einen Beitrag zur Erhöhung der Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung in der Bundesrepublik Deutschland auf 25 Prozent durch den befristeten Schutz, die Förderung der Modernisierung und des Neubaus von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen), die Unterstützung der Markteinführung der Brennstoffzelle sowie die Förderung des Neu- und Ausbaus von Wärmenetzen, in die Wärme aus KWK-Anlagen eingespeist wird, im Interesse der Energieeinsparung, des Umweltschutzes und der Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung zu leisten.“ (§1 KWKG 2009)

Technologisch besteht noch Nachholbedarf bei der Verlegetechnik mit ihren im europäischen Vergleich zu hohen Kosten. Durch den Einsatz flexibler Duo-Röhren, in denen der Vor- und der Rücklauf verlaufen, sollen Kostensenkungen erzielt werden. Auf Seite der Erzeuger spielen vor allem Wirkungsgraderhöhungen eine be-

Abb. 33 – Stromerzeugung mit Kraft-Wärme-Kopplung/dezentrale Erzeugung



Quelle: BMU Leitszenario 2008

¹² Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Energiesparen durch Kraft-Wärme-Kopplung

Speichertechnologien in der Stromerzeugung sollen die Bereitstellung von Regelenergie bei unvorhergesehenen Lastspitzen, bei Lastspitzen-glättung sowie zur Frequenz- und Spannungsstabilisierung ermöglichen.

deutende Rolle, beispielsweise durch integrierte Vergasung (IGCC). Darüber hinaus kann Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung zur Erhöhung des Nutzungsgrads eingesetzt werden, indem BHKW um eine Absorptionskältemaschine (AKM) ergänzt werden.

Das Potenzial zur Emissionsreduktion durch KWK/dezentrale Erzeugung ist hoch, jedoch sind die nötigen Technologien teilweise noch relativ teuer.

Netze

Im Zuge des Ausbaus erneuerbarer Energie und der Steigerung von Energieeffizienz durch KWKs ergibt sich ein wichtiges Themenfeld im Bereich der Stromnetze. So ist zum Beispiel zum Transport von Offshore-Windstrom (zu einem späteren Zeitpunkt vielleicht auch Solarstrom aus anderen Ländern) in die Verbrauchszentren in Deutschland der Neubau von Hochspannungsfreileitungen erforderlich. Expertenberechnungen zufolge sind bis 2015 ca. 850 km neue Hochspannungsleitungen (380/220 kV) notwendig¹³.

Die Integration der dezentralen Anlagen ist eine weitere Herausforderung. Früher waren die Stromnetze geprägt von der zentralen Stromerzeugung. Mit dem Ausbau erneuerbarer Energien wird der Trend zur dezentralen Stromerzeugung in Deutschland fortgesetzt. Smart Grids oder auch intelligente Netze zielen darauf ab, Stromverbraucher, Stromerzeuger und Stromspeicher intelligent zu verknüpfen. Voraussetzung von Smart Grids ist die Kommunikationsfähigkeit aller Beteiligten.

Ein wesentlicher Bestandteil ist die zukünftige Kommunikationsfähigkeit der Verbraucher durch sogenannte Smart Meters. Mit deren Hilfe und ihrer bidirektionalen Kommunikation können beispielsweise Verbrauchsdaten zeitnah ausgelesen oder die Nachfrage durch dynamische Tarife gesteuert werden. Letztlich sollen durch

die intelligente Vernetzung und Steuerung Spitzenlasten abgebaut und der Stromverbrauch gesenkt werden. Mit der gesetzlich beschlossenen Einführung intelligenter Messverfahren wurde ein wesentlicher Grundstein gelegt, der Auswirkungen auf alle Wertschöpfungsstufen hat.

Die Herausforderung für Energieversorgungsunternehmen ist es, eine kosteneffiziente Strategie für den Rollout der Smart Meters zu finden sowie eine sichere und verschlüsselte Datenübertragung zu gewährleisten. Die Liberalisierung neuer Schnittstellen soll mit der sogenannten „Multi-Utility Communication“ (MUC) standardisiert werden.

Offen ist, wie der Verbraucher auf die Einführung reagieren wird. Dynamische Tarife, die den Verbrauch steuern sollen, hängen einzig und allein von Verhalten, Akzeptanz und Einstellung des Verbrauchers ab.

Als Baustein zu höherer Effizienz liefern Smart Grids einen mäßigen Beitrag zur Emissionsreduktion. Risiken liegen im effizienten Rollout, in dem Verbraucher und Versorger zusammenarbeiten müssen.

Speichertechnologien

Neben dem Netzausbau nehmen Speichertechnologien eine Schlüsselfunktion im Zuge des Ausbaus erneuerbarer Energien und deren fluktuierender Erzeugung ein. Anwendung finden die Speichertechnologien in den Bereichen Stromerzeugung, Wärme und Verkehr.

Speichertechnologien in der Stromerzeugung sollen die Bereitstellung von Regelenergie bei unvorhergesehenen Lastspitzen, bei Lastspitzenglättung sowie zur Frequenz- und Spannungsstabilisierung ermöglichen. Anforderungen an die Speicher im Stromnetz richten sich nach der gewünschten Länge der Speicherung: Sekundenreserve, Tageslastausgleich, Wochenlastausgleich oder Jahreslastausgleich. Dabei sind Zugriffsgeschwindigkeit, Energiedichte, Selbstentladerate und Lebensdauer entscheidende Faktoren¹⁴.

Größter Energiespeicher im Stromnetz sind die Pumpenspeicherkraftwerke, die fast 99 Prozent der Speicherkapazität zur Verfügung stellen. Weniger leistungsfähig sind Bleibatterien sowie Nickel-Cadmium-, Natrium-Schwefel- und Redox-Flow-Batterien. Als Zukunftstechnologie gilt

¹³ Deutsche Energie-Agentur

¹⁴ Fraunhofer Institut: Anforderungen an Energiespeicher

die Umwandlung von elektrischer Energie in Wasserstoff zur Einspeisung in das Erdgasnetz oder zum mobilen Einsatz in Fahrzeugen.

Speichertechnologien im Bereich der Wärmeerzeugung und -verteilung hängen von Einsatzbereich und geforderter Speicherdauer ab. Eingesetzt werden Speicher beispielsweise im Bereich der Raumheizung, Brauchwassererwärmung, Speicherung von Prozesswärme oder beispielsweise in solarthermischen Kraftwerken.

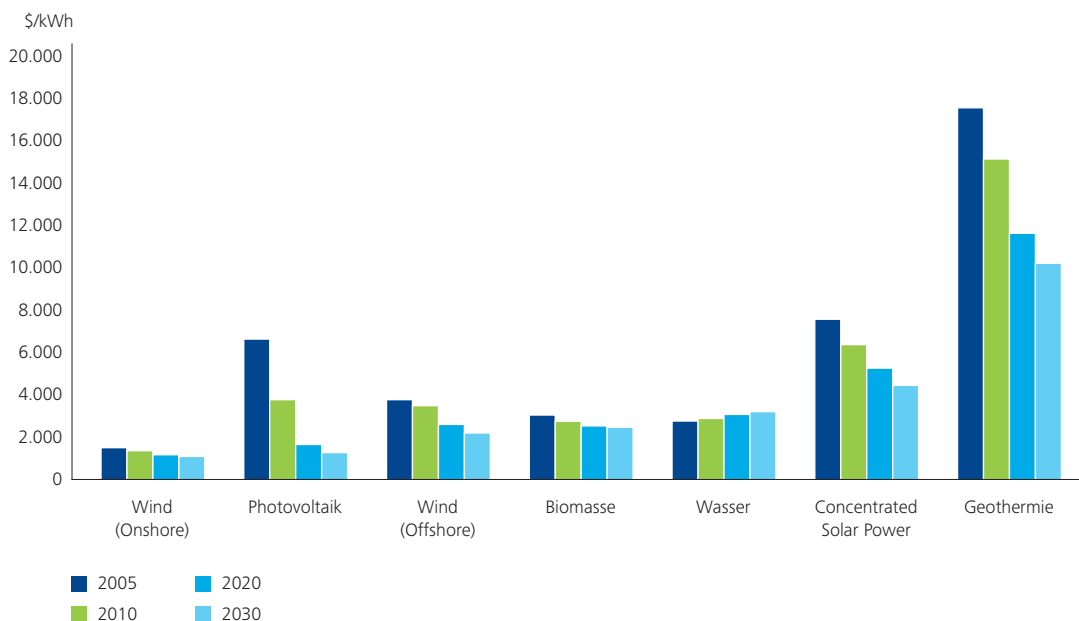
Im Verkehr ist der Einsatz von Speichertechnologien besonders im Bereich der Elektrofahrzeuge aktuell. Interessant dabei ist nicht nur die Batterie als Kernelement des Elektroantriebs, sondern auch die Tatsache, dass sowohl reine Elektrofahrzeuge wie auch Hybrid-Fahrzeuge durch ihre eingesetzten Batterien netzgebunden sind und zum Ausgleich von Lastspitzen eingesetzt werden können. Neueste Technologie sind die Lithium-Ionen-Akkus oder auch elektrochemische Kondensatoren, die auch in elektrisch betriebenen Eisen-, Straßen- und U-Bahnen eingesetzt werden können.

Der Beitrag zur Emissionsreduktion von Speichertechnologien zeichnet sich durch intelligentere Strombereitstellung aus und kann als mäßig kategorisiert werden. Risiken sind als gering einzustufen.

Marktwirkungen

Je nach Richtung der technologischen Entwicklung werden sich die Wettbewerbsbedingungen in der Energiebranche und der Strompreis unterschiedlich entwickeln. Basierend auf dem Stand der Technik heute und absehbaren Trends schätzt das European Renewable Energy Council beispielsweise die Kosten für CCS als zu hoch, als dass sich die Technologie langfristig durchsetzen könnte. Auch Atomkraft scheint langfristig zu teuer – Technologien hier sind ausgereizt und Kostensenkungen per kWh Strom kaum mehr möglich. Hingegen werden bei Solartechnik und Geothermie noch große Einsparungspotenziale erwartet – die Investitionskosten per kW halbieren sich in den nächsten 20 Jahren (siehe Abb. 34).

Abb. 34 – Investitionskosten zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien



Quelle: EREC (Global Energy Revolution), 2008

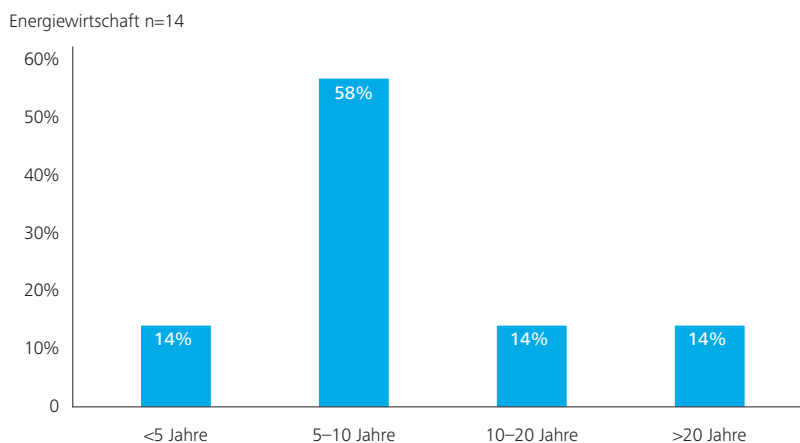
Maßnahmen zum Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bis 2020 werden etwa 67 Mrd. € kosten.

Das wichtigste Zukunftsthema der Energiewirtschaft in Deutschland ist ohne Frage der Ausbau erneuerbarer Energien. Zwar sind die für den Umbau der Industrie nötigen Investitionskosten nicht gering – Maßnahmen zum Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bis 2020 werden etwa 67 Mrd. € kosten¹⁵ –, doch bei realistischen Energiepreisentwicklungen¹⁶ werden die Erzeugungskosten von erneuerbarem Strom 2020 geringer sein als die der fossilen Strombereitstellung. Ohne Berücksichtigung der Fotovoltaik ist das schon um 2015 der Fall. Der weitere Ausbau der erneuerbaren Energie bewirkt Prognosen zufolge eine Stabilisierung der Stromerzeugungskosten bei rund 8,5–9ct 2005/kWh (Mittelspannungsebene) mit einer Tendenz zu langfristig weiterer Kostenreduktion.

Die spezifischen Vermeidungskosten der von der Energiebranche gesparten 52,5 Mt CO₂ eq pro Jahr belaufen sich im Jahre 2020 noch auf ca. 2,4 Mrd. € pro Jahr.¹⁷ Längerfristig werden sich jedoch auch Investitionen in der Energiebranche amortisieren, abhängig ist das Erreichen der Gewinnschwelle unter anderem von der Kostenentwicklung einzelner Technologien, Entwicklungen im Ölpreis und dem Preis von CO₂ (Emissionshandel).

Trotzdem zeigt sich, dass die Investitionen der Energiebranche den längsten Amortisationszeitraum aller hier betrachteter Branchen haben. Dies steht noch etwas im Gegensatz zu dem von den Entscheidern genannten Planungshorizont: Die Mehrheit der Umfrageteilnehmer aus der Energiebranche gab einen strategischen Planungshorizont von bis zu zehn Jahren an (siehe Abb. 35). Mit durchschnittlich 13,6 Jahren liegt der Planungshorizont der Energiebranche damit unter dem der Industrie, der von Entscheidern mit 15,4 Jahren angegeben wurde.

Abb. 35 – Management-Befragung: Planungshorizont der Energiewirtschaft



Quelle: Deloitte Management-Befragung und manager-magazin Entscheiderpanel, September 2009

¹⁵ Bundesumweltministerium, Meseberg-Programm

¹⁶ BMU Leitszenario 2008, Preisfad A

¹⁷ Deloitte-Berechnung auf Basis von FhG-ISI, BSR, PIK und ECF (Einsparung €/t CO₂ eq)

Ausblick und Handlungsbedarf

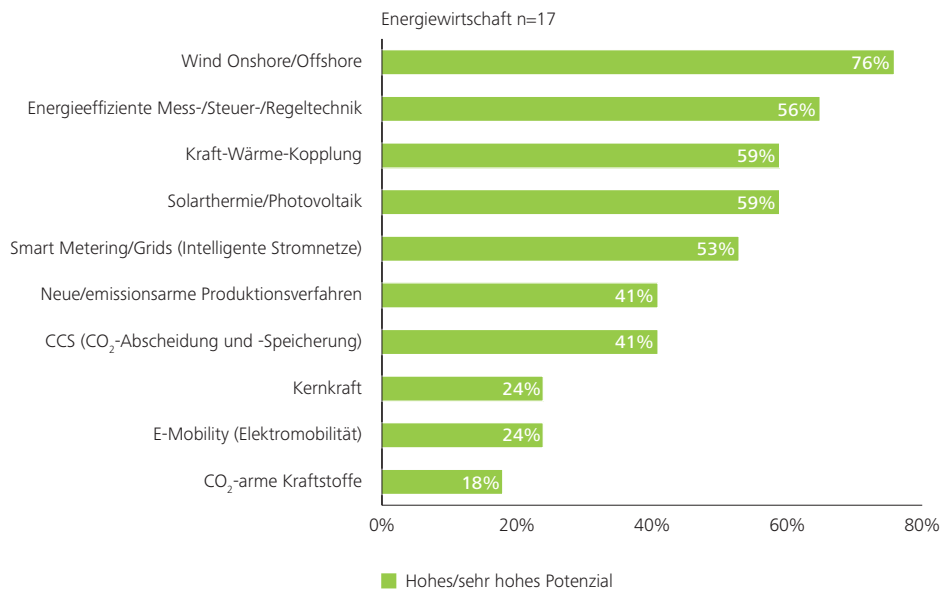
In der Energiebranche geht der Trend – neben dem Ausbau erneuerbarer Energien – weg von reiner Stromerzeugung zu Kraft-Wärme-Kopplung. Dabei müssen sich Energieversorger mit dem Thema Dezentralisierung auseinandersetzen – und damit verbunden mit Fragestellungen zu intelligenten Netzen und intelligenten Messverfahren. Auch in Energiespeichertechnologien im großen Maß zur Sicherung der Grundlastfähigkeit muss investiert werden.

Diese Zukunftstrends spiegeln sich auch in der Expertenmeinung wider: So sehen über 75 Prozent der Entscheider aus der Energiewirtschaft im Thema Windenergie hohes beziehungsweise sehr hohes Potenzial – gefolgt von energieeffizienter Mess-/Steuer- und Regeltechnik sowie Kraft-Wärme-Kopplung (siehe Abb. 36). Auch für

Solarthermie und Photovoltaik sehen mehr als die Hälfte der Befragten hohes/sehr hohes Zukunftspotenzial – hier sind Entscheider aus der Wirtschaft jedoch noch zuversichtlicher: Mit 67 Prozent Nennungen in den Kategorien hohes/sehr hohes Potenzial rangiert Solartechnik dort auf Platz 1 der Zukunftstechnologien (siehe nächstes Kapitel).

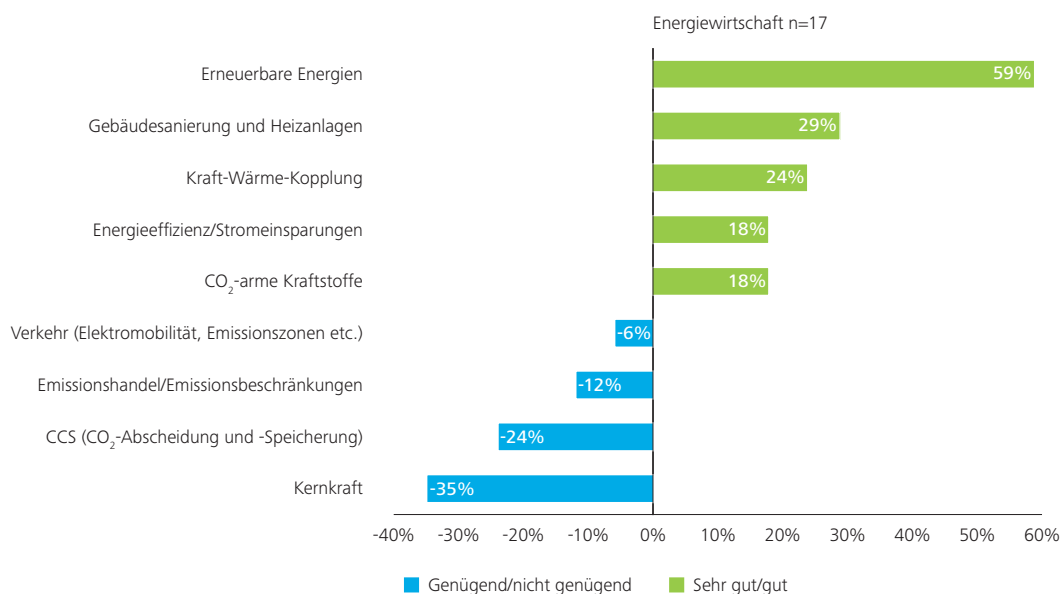
Gleichzeitig bewertet die Mehrheit der Befragten die politischen Rahmenbedingung zu erneuerbaren Energien als gut (siehe Abb. 37). Eine positive Nettobewertung (Erklärung siehe Anhang A) spiegelt die Zufriedenheit mit den Rahmenbedingungen zu einzelnen Technologien wider. Eher negativ bewertet werden jedoch das Regelwerk zum Emissionshandel und die Politik zu CCS und Kernkraft.

Abb. 36 – Expertenmeinung: Zukunftstechnologien der Energiewirtschaft



Quelle: Deloitte Management-Befragung und manager-magazin Entscheiderpanel, September 2009

Abb. 37 – Expertenmeinung: Politische Rahmenbedingungen



Quelle: Deloitte Management-Befragung und manager-magazin Entscheiderpanel, September 2009

Industrie Randbedingungen

In diesem Kapitel wird die Industrie insgesamt betrachtet, jedoch mit speziellem Fokus auf die energieintensiven Branchen: Chemie, Stahl, Mineralöl und Zement. Diese Branchen beschäftigen in Deutschland zirka 1,5 Mio. Arbeitnehmer und erwirtschafteten 2007 einen Umsatz von 550 Mrd. €¹⁸.

Zählt man auch den allgemeinen Maschinen- und Anlagenbau dazu, kommt man auf fast 3 Mio. Arbeitnehmer und 800 Mrd. € Umsatz.

Die Emissionen der Industrie umfassen direkte energiebedingte Emissionen (Verbrennung fossiler Brennstoffe in der Industrie), indirekte Emissionen (sekundäre Nutzung von bereitgestellter Primärenergie: Strom und Wärme) sowie als branchenspezifische Besonderheit die Prozessmissionen (Emissionen, die durch chemische Reaktionen unmittelbar aus dem technischen Produktionsprozess stammen).

Bei den Prozessemissionen entstehen im nennenswerten Umfang auch andere Treibhausgase als CO₂. Im Wesentlichen sind dies Lachgas (N₂O) in einigen Anlagentypen der chemischen Industrie und in geringerem Umfang perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC) in der Herstellung von Primäraluminium. Diese Treibhausgase haben einen wesentlich höheren Treibhausgaswirkungspotenzial als CO₂, wirken somit schon in geringen absoluten Mengen klimaschädlich (siehe Kapitel Betroffene Wirtschaftssektoren). In den betreffenden Bereichen werden daher statt CO₂ die CO₂-Äquivalente betrachtet, die das gesamte Treibhauswirkungspotenzial darstellen.

Klimaschutz-Zielbeitrag der Branche

Der Anteil der Industriemissionen (389 Mt CO₂ eq) an den gesamten deutschen Emissionen in 2007 betrug etwa 45 Prozent. Etwa die Hälfte dieser Emissionen (45 Prozent) fällt in den Hauptemissionssektoren an: Chemie (17 Prozent), Stahl (16 Prozent), Mineralöl (6 Prozent) und Zement (6 Prozent). Das Reduktionspotenzial der gesamten Industrie beträgt laut Integriertem Klima- und Energieprogramm der Bundesregierung bis zum Jahr 2020 etwa 27,6 Mt CO₂ eq gegenüber dem Stand von 2008.¹⁹ Hinzu

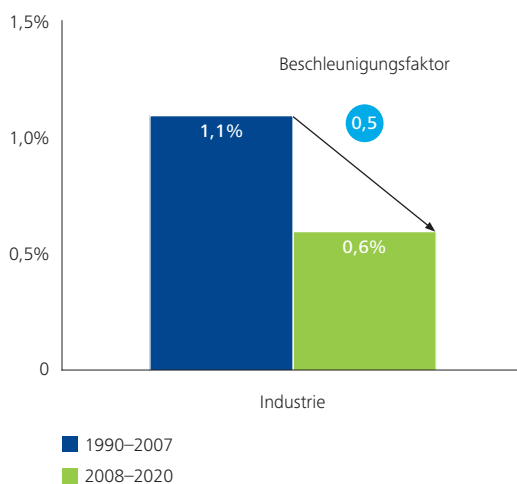
¹⁸ Statistisches Bundesamt, Strukturstatistiken

¹⁹ BMU, Hintergrundpapier zum integrierten Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung, 06/2008

kommen die in den Programmen der Bundesregierung noch nicht erfassten Reduktionen der Prozessemissionen aus der chemischen Industrie (Anlagen zur Herstellung von Salpetersäure, Adepinsäure, Glyoxal und Glyoxylsäure). Dies sind zusätzlich 6 Mt CO₂ eq, jedoch abzüglich der bereits in Joint-Implementation-(JI-)Projekten realisierten Lachgasreduktionen von zurzeit etwa 3,4 Mt CO₂ eq. Saldiert verbleiben 2,6 Mt CO₂ eq Potenzial bis 2020. Emissionsreduktionen aus PFC in der Primäraluminiumherstellung können zuzeit nur grob mit etwa 0,1 Mt CO₂ eq abgeschätzt werden²⁰.

Insgesamt beträgt damit das Emissionsreduktionspotential der Industrie bis 2020 etwa 30,2 Mt CO₂ eq. In den zwölf Jahren entspricht dies einer Reduktion von in der Summe 7,8 Prozent. Die jährliche Emissionsminderungsrate errechnet sich daraus zu -0,6 Prozent p.a. Im Gegensatz zur Periode 1990–2007 von durchschnittlich -1,1 Prozent pro Jahr ist dies jedoch eine Verzögerung (CO₂-Beschleunigungsfaktor 0,5, siehe Abb. 38). Die Industrie hat also viele Technologien mit Emissionsreduktionspotenzial bereits in den vergangenen Jahren ausgereizt. Emissionsminderungen in eigener Sache können deshalb nicht beschleunigt werden, umso größer ist jedoch das Potenzial, mit neu entwickelten Technologien und Lösungen zur Emissionsreduktion in anderen Sektoren beizutragen.

Abb. 38 – Emissionsminderungsraten in der Industrie



Quelle: Deloitte

²⁰ Mündliche Auskunft, Deutsche Emissionshandelsstelle, 15.9.2009

Verfügbare Technologien und Methoden

Industrie als Erzeuger und Verbraucher von Energie

Die Industrie hat prinzipiell drei Möglichkeiten, Treibhausgasemissionen zu einzusparen:

- Direkte Emissionen aus Energieerzeugung (Anteil an den Industrieemissionen 2007: 23 Prozent)
- Indirekte Emissionen aus dem Bezug von Primärenergie (Anteil 2007: 47 Prozent)
- Prozessbedingte Emissionen (Anteil 2007: 30 Prozent)

Die Reduktion der energiebedingten Emissionen (direkt oder indirekt) ist gekoppelt an die Einsparung des Energieeinsatzes. Energieeinsparung wiederum ist ein betriebswirtschaftlich erwünschter Effekt, der seit jeher aus Gründen der Kostenreduktion Bestandteil der Geschäfts-optimierung ist. Dazu stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung: Effizienzsteigerungen im Bereich des Primär- und Sekundärverbrauchs, besseres Energiemanagement und emissionsärmere Produktionsverfahren.

Emissionen können auch durch die Nutzung nicht fossiler Energien oder den Einsatz von CCS-Technologie in der Eigenproduktion erreicht werden. Auch Möglichkeiten zur stofflichen Weiterverwertung von CO₂ sollten erforscht werden. Letztlich ist auch der Emissionshandel ein Mittel zur Verfolgung der gesetzten Emissionsziele in der Industrie.

Effizienzsteigerung im Bereich des Sekundärenergieverbrauchs

Es gibt eine Vielzahl an Maßnahmen zur energetischen Optimierung der Verwendung von Strom und Wärme im Unternehmen. Technisch kommen vor allem Maßnahmen zur Modernisierung der Gebäudetechnik und -ausstattung (wie Klimatisierung, Energiedatenerhebung, Beleuchtungsanlagen), der Mess- und Regeltechnik der Produktionsanlagen sowie die Erhöhung der Effizienz von Antriebssystemen (Nutzung effizienterer Motoren, Reduzierung der Reibung, Reduzierung der Transportwege) in Frage.

Diese Maßnahmen haben sehr diverse Größenordnungen und erfolgen im Regelfalle aus generellen betriebswirtschaftlichen Gründen im Rahmen der üblichen Investitionszyklen der jeweiligen Branche. Die Chancen dieser Maßnahmen, zur Emissionsreduktion beizutragen, sind aufgrund des bereits breiten Einsatzes eher mäßig, die technischen und wirtschaftlichen Risiken daher auch relativ gering.

Energiewandlungsanlagen im eigenen Betrieb stellen für die Industrie meist größere oder sogar existenzielle Investitionen dar und bedürfen im Regelfalle einer intensiven Vorplanung und Ausführungsüberwachung.

Effizienzsteigerung/Emissionsreduktion im Bereich des Primärenergieverbrauchs

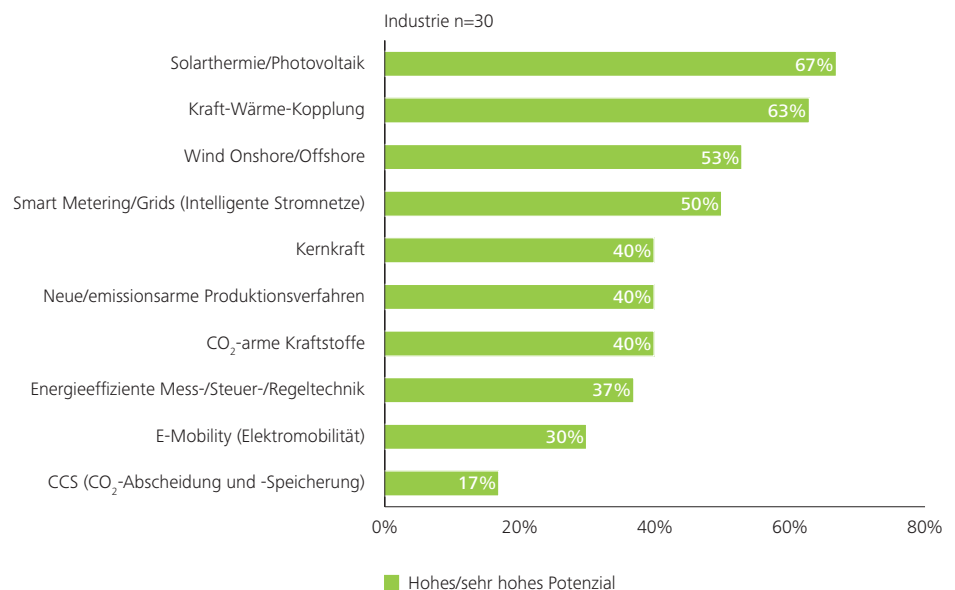
Weitere Emissionsreduktion kann durch die Optimierung der Energieerzeugung vor Ort erreicht werden. Darunter fallen Anlagen zur Heizung von Produktionsstätten und zur Wärmebereitstellung in der Produktion (Öfen, Heizkessel). Eine Entwicklung hierzu ist die Verwertung bisher ungenutzter Abwärme zur Produktion von Strom („Kraft-Wärme-Kopplung“ – KWK). Im Ergebnis wird weniger Brennstoff gebraucht und weniger emittiert. Auch der Einsatz von CCS-Technologien (Kohlenstoffabscheidung) ist für den Industriebereich im Gespräch, ihnen wird jedoch zurzeit nur relativ geringes Zukunftspotenzial attestiert.

Energiewandlungsanlagen im eigenen Betrieb stellen für die Industrie meist größere oder sogar existenzielle Investitionen dar und bedürfen im Regelfalle einer intensiven Vorplanung und Ausführungsüberwachung. In vielen Fällen können hier Fehlinvestitionen die Überlebensfähigkeit des Unternehmens massiv beeinträchtigen. Insofern tendiert die Industrie hier zum Einsatz qualitativ nachhaltiger Anlagen.

KWK-Nutzungspotenziale wurden seit der öffentlichen Bezuschussung der Nettostromerzeugung durch das KWK-Gesetz 2002 (Novelle 2009) in großem Maße genutzt, es wurden bereits viele KWK-Lösungen erzielt. Die Bundesregierung schätzt, dass 2/3 der Emissionsreduktion der Industrie aus KWK-Maßnahmen erfolgen könnten.²¹ Unsere Expertenbefragungen spiegelt etwas von dieser Zuversicht wider. Neben Solartechnik wird KWK von Entscheidern der Industrie als eine der wichtigsten Zukunftstechnologien gesehen. In CCS wird wie erwähnt wenig Zukunftspotenzial gesehen, (siehe Abb. 39).

Insgesamt sind die Chancen für Emissionsreduktionen im Primärenergiebereich der Industrie hoch bei nur mäßigem technischem und wirtschaftlichem Risiko.

Abb. 39 – Expertenmeinung in der Industrie: Zukunftstechnologien zur Emissionsreduktion



Quelle: Deloitte Management-Befragung und manager-magazin Entscheiderpanel, September 2009

²¹ BMU, Hintergrundpapier zum Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung, 06/2008

Energiemanagement

Energiemanagement ist ein Überbegriff für organisatorische und technische Maßnahmen zur Reduktion des Primär- und Sekundärenergieeinsatzes. Er umfasst eine zyklisch prozessbegleitende, permanente Energieoptimierung durch systematische Planung, Umsetzung und Kontrolle von Energieeinsparmaßnahmen. Dies setzt ein hierarchisch entsprechend hochrangig positioniertes technisches Controlling voraus, um die Durchsetzung der Maßnahmen gegen andere Einflüsse abzusichern. Aufgaben des technischen Controllings sind die umfassende Erhebung der Energiedaten und deren betriebswirtschaftliche Steuerung.

Hier besteht laut Einschätzung der Experten und auch der Bundesregierung ein hohes Potenzial zur Reduktion von Treibhausgasen. Dies setzt jedoch die Einführung eines nachprüfbaren Effizienzanreizes sowie die flächendeckende Nachrüstung der Industrie mit zeitgemäßer Regel- und Steuerungstechnik voraus.

Zurzeit gibt es nur rudimentäre Ansätze für einen Anreiz für Energiemanagementsysteme durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz. Auch fehlt ein behördlich verbindlicher Standard für Energiemanagementsysteme, der diese Maßnahmen steuern und abrechenbar machen könnte. Hier ist noch relativ großes Potenzial vorhanden.

Das Emissionsreduktionspotenzial eines effizienteren Energiemanagements ist relativ hoch bei gleichzeitig relativ niedrigen wirtschaftlichen bzw. technischen Risiken.

Nutzung erneuerbarer Energien

Prinzipiell können erneuerbare Energien auch direkt im Unternehmen genutzt werden, um den Bezug fossiler Energien zu substituieren. Aus prinzipiellen Überlegungen ist hier das Potenzial in der Industrie jedoch limitiert: Erneuerbare Energien haben im Vergleich zu fossilen Energieträgern eine sehr geringe Energiedichte, benötigen folglich viel Platz für eine nennenswerte Energiemenge. Dies ist durch die Größe des Betriebsgeländes und konkurrierende technische Anforderungen bei bestehenden Anlagen begrenzt. Bei Neuanlagen bestehen jedoch erhebliche Nutzungspotenziale, z.B. durch integrierte Solarzellenanlagen.

Erneuerbare Energien im Unternehmen selbst zu nutzen, hat überwiegend nur punktuelle Bedeutung. Die Chancen, in großer Breite Emissionsreduktionen zu erzielen,

sind mäßig, dagegen die technischen oder wirtschaftlichen Risiken erheblich.

Emissionsärmere Produktionsverfahren

Zusätzlich zur energetischen Prozessoptimierung (siehe oben) gibt es in der Industrie im Bereich der Prozessmissionen Potenzial zur Emissionsreduktion bei stofflichen Umsetzungen und physikalisch-chemischen Reaktionen in der Produktion. Dazu zählen beispielsweise die Brennstoffsubstitution in der Chemischen Industrie (Ersatz von CO₂-seitig ungünstigen Restbrennstoffen aus der Produktion z.B. durch Erdgas), das abmessungsnah Gießen in der Stahlproduktion und die Optimierung der Elektrolyseverfahren in der Nicht-Eisen-Metallindustrie hinsichtlich geringerer PCF-Freisetzung. Bei der Entwicklungsarbeit in der chemischen Industrie geht es aktuell vor allem um den Einsatz Treibhausgas-neutraler Bestandteile aus Biomasse zur Substitution fossiler Energieträger, in der Zementindustrie wird an der Reduktion des Klinkeranteils gearbeitet. Diese Maßnahmen werden üblicherweise im Rahmen der F&E-Tätigkeit zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit bearbeitet und sind hier zunehmend auf das Thema Klimaschutz fokussiert.

In vielen Fällen besteht eine durchaus hohe Chance, Emissionsreduktionen zu erzielen, die technischen und wirtschaftlichen Risiken sind insgesamt gesehen mäßig bis erheblich.

Stoffliche Weiterverwertung von CO₂

CO₂ als Rohstoff in großindustriellem Umfang, mehr als bisher weiterzuverwenden, ist zurzeit in der Praxis nicht angedacht. Die bisherigen Nutzungen von CO₂ beschränken sich auf konventionelle Spezialprozesse (Pottascheherstellung, Trockeneiserherstellung, Kohlensäureherstellung) mit vergleichsweise geringer CO₂-Relevanz. Forschungsergebnisse für neuartige Anwendungen von CO₂ als Rohstoff in großen Dimensionen gibt es zurzeit sehr wenige.

Bei einer zukünftig verfügbaren Technologie zur Rohstoff-Nutzung von CO₂ wären die Emissionsreduktionschancen immens, bei jedoch sehr hohem Entwicklungsrisiko.

Emissionshandel/Emissionsbeschränkungen

Ab 2012 sind größere Teile der Industrie dem EU-Emissionshandel unterworfen. Dies bedeutet insbesondere, dass jedem einzelnen Betrieb feste Treibhausgas-Emiss-

Einseitige Emissions-Reduktionen nur in Europa verringern die Wettbewerbsfähigkeit im globalen Maßstab und führen zu wirtschaftlichem Abwanderungsdruck in Weltregionen, die nicht von Reduktionsauflagen betroffen sind („Leakage“).

sionsbudgets zugeordnet werden, die bis 2020 sukzessive verringert werden. Überschreitungen des Budgets müssen durch finanzielle Aufwendungen zur Beschaffung von Emissionszertifikaten in Höhe von etwa 10–30 Euro/Tonne abgefangen werden.

Schon zur Einhaltung des Budgets fallen Kosten an, die insbesondere die Investitionen für die oben bereits beschriebenen Reduktionsmaßnahmen und zur Verwaltung der Zertifikate entstehen. Eine Aufspaltung der Kosten in CO₂-Reduktions- und konventionelle Maßnahmen zur generellen Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit ist schwer möglich. Die Überschneidungen dürften jedoch recht hoch sein.

Die konkrete Ausgestaltung der Emissions-Auflagen ab 2012 sind zurzeit in der politischen Diskussion und hängen ab von:

- (1) Treibhausgas-Budgetauflagen durch die Gestaltung des EU-Emissionshandels
- (2) Ergebnisse der Kopenhagen-Verhandlungen hinsichtlich globaler Vernetzung des EU-Emissionshandels mit anderen Weltregionen

Die Kosten der Reduktionsmaßnahmen und Reduktionsauflagen beeinträchtigen kurz- bis mittelfristig die globale Wettbewerbsfähigkeit. Innerhalb der EU ist die Beeinträchtigung geringer, da alle Marktteilnehmer ähnlich betroffen sind. Viele Industrien sind jedoch im weltweiten Wettbewerb aktiv. Einseitige Emissions-Reduktionen nur in Europa verringern die Wettbewerbsfähigkeit im globalen Maßstab und führen zu wirtschaftlichem Abwanderungsdruck in Weltregionen, die nicht von Reduktionsauflagen betroffen sind („Leakage“).

Anders als in der Energiewirtschaft sind die administrativen Emissionsbeschränkungen durch den Emissionshandel für die Industrie jedoch vergleichsweise moderat und folgen dem Stand der Technik. Aktuell versucht die EU-Kommission den Leakage-Effekt zu berücksichtigen: Die Reduktionsauflagen folgen dem industriellen Benchmark, also den fortschrittlichen Reduktionspotenzialen in der Branche, jedoch werden diese branchenspezifisch gemindert, um den Verlust der Wettbewerbsfähigkeit zu kompensieren. Weiterhin werden die Emissions-Zertifikate größtenteils kostenfrei ausgegeben.

Der Emissionshandel ist eher eine administrative Maßnahme, um wirtschaftlichen Druck auf eigenverantwortliche Erzielung von Emissionsreduktionen zu erzeugen. Seine Reduktionschancen sind aufgrund großer Breitenwirkung relativ hoch. Da die Prozesse zur Abwicklung des Emissionshandels seit einigen Jahren in vielen Unternehmen integriert sind, sind technische und wirtschaftliche Risiken relativ bekannt bzw. überschaubar.

Industrie als Lösungsanbieter zur Vermeidung von Emissionen

Wichtiger als die Emissionsreduktion in eigener Sache ist das Potenzial für die Industrie als Lösungsanbieter zur Emissionsminderung an anderer Stelle: Viele Technologien und Materialien, die in der Industrie entwickelt werden, ermöglichen Emissionseinsparungen in anderen Sektoren. Die Energiewirtschaft und die Gebäudewirtschaft sind zwei der wichtigsten Abnehmer dieser Lösungen. Hier liegt auch das größte Potenzial für die deutsche Wirtschaft als globaler Vorreiter in Sachen Klimawandel. Die Abschätzung der klimatechnischen Auswirkungen ist jedoch schwierig, denn dafür wäre eine gesamtwirtschaftliche CO₂-Wirtschaftsbilanz erforderlich.

BASF hat als erstes Unternehmen weltweit 2008 eine umfassende CO₂-Bilanz vorgelegt, die den gesamten Lebensweg ihrer Produkte analysiert. Dabei werden die Treibhausgasemissionen bei Rohstoffgewinnung, Produktion und Entsorgung gegen die Einsparungen in der Nutzungsphase gestellt. So dargestellt sparen Kunden und Endverbraucher mit den Produkten, Technologien und Systemlösungen des Konzerns dreimal mehr Treibhausgas-Emissionen, als bei der Herstellung und Entsorgung emittiert werden.²² Diese Relation wurde in Expertengesprächen von anderen Entscheidern der Chemieindustrie als gültig für die gesamte Branche glaubigt.

²² BASF Bericht 2008

Neben der Prozessindustrie gibt es vor allem im Bereich Technologie und Maschinenbau viele Unternehmen, die mit ihren Produkten den Weg zur Low-Carbon Society unterstützen (z.B. Hersteller von Elementen in der Solar- und Windkraftbranche). Sie werden oft unter dem Namen „Cleantech“ zusammengefasst, wobei dieser jedoch weiter reicht und auch beispielsweise Unternehmen in der Wasser- und Abfallwirtschaft oder im Dienstleistungssektor umfasst (Letztere werden in folgenden Kapiteln noch näher besprochen).

Neuen Technologien zur Emissionsreduktion bietet sich ein weites Anwendungsfeld. Die Chancen zur Emissionsreduktion sind hoch bei vergleichsweise mäßigen Risiken.

Marktwirkungen

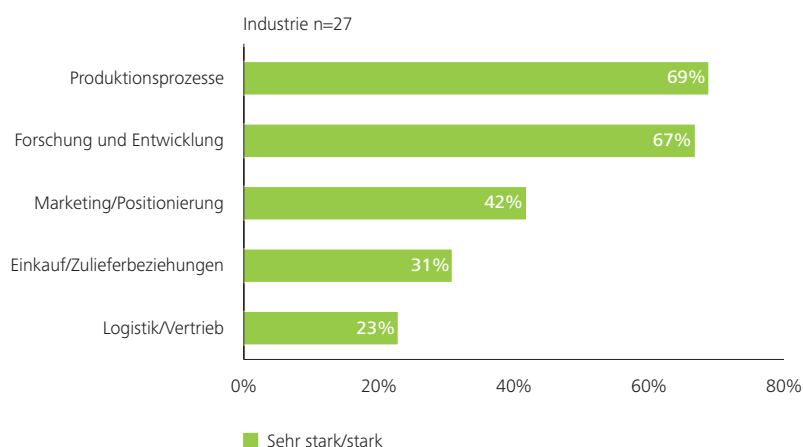
Effizienzsteigerungen in der energieintensiven Industrie, die durch Emissionsreduktionsvorgaben erzwungen werden, haben langfristig positive Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit – auch wenn vorab Investitionen nötig sind. Kosten, die einzelnen Branchen durch den Emissionshandel auferlegt werden, führen langfristig zu verbesserten und effizienteren Produktionsverfahren. Nur darf der regionale Einsatz dieser Instrumente nicht zu globalen Wettbewerbsverzerrungen führen.

Investitionen zur Emissionssenkung in der Industrie werden sich für die Jahre 2008–2020 auf etwa 19 Mrd. € belaufen.

Daneben ergeben sich aus der konsequenten Verfolgung von Klimazielen auch wichtige positive Marktwirkungen für die deutsche Industrie in der Technologieführerschaft (Lösungsanbieter für emissionsarme Technologien, siehe Kapitel zum Thema Cleantech). So sehen auch Entscheider in der Industrie die Auswirkungen der Entwicklung zur Low-Carbon-Gesellschaft fast gleichwertig im Bereich ihrer Produktionsprozesse und im Bereich Forschung & Entwicklung (siehe Abb. 40).

Das Reduktionspotenzial der Industrie bis 2020 ist etwa 30 Mt CO₂ eq²³. Daraus errechnet sich die jährliche Emissionsreduktionsrate von -0,6 Prozent p.a. Im Vergleich lag diese historisch (Jahre 1990–2007) bei -1,1 Prozent p.a. Die gesetzten Klimaschutzziele sind also vornehmlich durch Fortschreibung des bisherigen Stands der Technik zu erreichen. Investitionen zur Emissionssenkung in der Industrie werden sich für die Jahre 2008–2020 auf etwa 19 Mrd. € belaufen. Diese Investitionen sollten sich jedoch amortisieren. Der durch die Emissions-

Abb. 40 – Auswirkung Klimaschutz auf die Wertschöpfungskette



Quelle: Deloitte Management-Befragung und manager-magazin Entscheiderpanel, September 2009

²³ Meseberg-Programm

In fast allen Emissionsbereichen ergibt sich das Problem der bilateralen Problemlage, das heißt Abnehmer sowie Lieferant haben ähnliche Handlungsmacht über die Emissionsreduktion.

reduktion von 30,2 Mt CO₂ eq pro Jahr erwirtschaftete Überschuss für die Branche beläuft sich im Jahre 2020 bereits auf 680 Mio. €²⁴. Noch höheres Potenzial wird jedoch im Umsatz mit klimafreundlichen Technologien gesehen.

Ausblick und Handlungsbedarf

Die Industrie ist hinsichtlich der Emissionsreduktion im Zeitraum 2012–2020 im Produktionsbereich an die technologischen Gegebenheiten und den verfügbaren Stand der Technik gebunden. Hier wurde in den vorhergehenden Jahrzehnten bereits viel erreicht. Punktuell und in Teilbereichen werden noch größere Fortschritte möglich sein. Industriesektor-weite grundlegende Durchbrüche hinsichtlich Energieeffizienz und CO₂-Produktivität sind dagegen zurzeit nicht zu erwarten.

Erheblich größere Beiträge zur Emissionsreduktion und damit fundamentale Geschäftschancen bestehen für die Industrie als Anbieter von technologischen Lösungen zur Emissionsreduktion.

Hauptproblem für die Industrie ist die Klärung der globalen Wettbewerbsfrage aus der Einführung/Ausweitung des Emissionshandels ab 2012. Im Wesentlichen ist die Politik gefordert, das EU-Emissionshandels-System und dessen Vernetzung mit den andern globalen Kohlenstoffmärkten so zu regeln, dass ambitionierte Klimaschutzanforderungen konform mit dem Erhalt der Wirtschaftskraft der deutschen Industrie gehen. Diese Fragen sollten sich bis zum Jahr 2012 klären.

Handel, Gewerbe, Dienstleistungen, private Haushalte (HGDH)

Randbedingungen

Der Wirtschaftssektor, der hier als HGDH zusammengefasst wird, ist an sich kein großer Emittent. Er umfasst Handel, Gewerbe, Dienstleistungen und private Haushalte – jedoch ohne Verkehrs- und Gebäudeemissionen,

die in einem separaten Kapitel besprochen werden. Der Zielbeitrag zur Emissionsreduktion bis 2020 ist relativ gering und fokussiert vor allem auf Energiemanagement und Effizienz, da in diesem Bereich ausschließlich indirekte Emissionen anfallen.

Ein wichtigeres Thema in diesem Kapitel ist der Beitrag zur Emissionsreduktion, der in einige Branchen mit der Bereitstellung von Technologien (Green IT) und Dienstleistungen (z.B. Smart Traffic Solutions) erreicht werden kann.

Klimaschutz-Zielbeitrag der Branche

Im Gesamtbild der Emissionen betrug der Anteil von HGDH mit 162 Mt CO₂ eq in 2007 etwa 17 Prozent.²⁵ Wie erwähnt fallen in diesem Sektor ausschließlich indirekte Emissionen an (Strombezug für Elektrogeräte usw.). Nicht enthalten sind: Logistik-Prozesse (Treibstoffverbrauch etc.), da diese dem Bereich Transport und Verkehr zugeordnet werden, und Emissionen durch Heizmaßnahmen, die im Bereich Gebäudewirtschaft entstehen.

Damit ergibt sich wie in fast allen Emissionsbereichen das Problem der bilateralen Problemlage, das heißt Abnehmer sowie Lieferant einer Lösung bzw. eines Vorprodukts haben ähnliche Handlungsmacht über die Emissionsreduktion. Laut unseren Berechnungen müsste sich die Emissions-Einsparrate im Sektor HGDH in kommenden Jahren um ca. 50 Prozent erhöhen, um das bis 2020 das angestrebte Reduktionsziel (umgelegt ca. 13,6 Mt CO₂ eq) zu erreichen: Statt die Emissionen um 0,4 Prozent pro Jahr zu senken (Durchschnitt 1990–2007), muß pro Jahr 0,7 Prozent eingespart werden (Beschleunigungsfaktor 1,5), siehe Abb. 41.

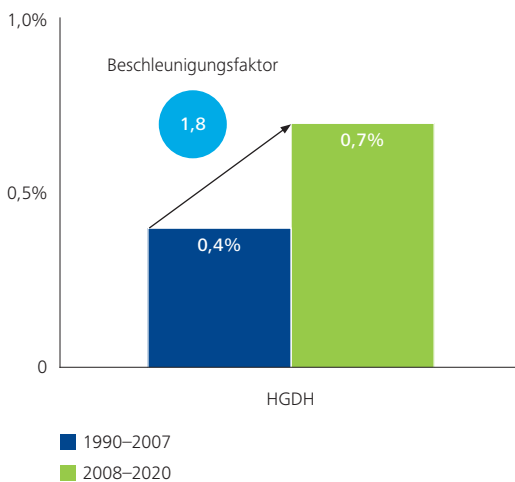
Verfügbare Technologien und Methoden

Unter Ausgrenzung der Themen energetische Gebäudesanierung und Verkehrsemissionen durch Logistikprozesse verbleibt für den Sektor HGDH vor allem ein besseres Energiemanagement als beste Möglichkeit zur Emissionsreduktion. Dies umfasst, wie schon im Kapitel Industrie besprochen, alle organisatorischen und technischen Maßnahmen zur Reduktion des Energieeinsatzes.

²⁴ Deloitte-Berechnung auf Basis von FhG-ISI, BSR, PIK und ECF (Einsparung €/t CO₂ eq)

²⁵ Nationaler Inventarbericht des UBA, 2007

Abb. 41 – Emissionsminderungsraten in HGDH



Quelle: Deloitte

Intelligente Energiemessverfahren (Smart Metering)

Traditionell werden der Strom- und der Wärmeverbrauch von Anlagen im HGDH nur analog aufgezeichnet und in großen Abständen (häufig per Hand) abgelesen. Der tatsächliche momentane Bedarf ist dagegen nur teilweise bekannt. Dies führt z.B. zur Überhitzung von Gebäuden, insbesondere nachts, und zur Überdimensionierung von Energieanlagen aus Reservegründen.

Mit Smart Meters wird der Energieverbrauch für den Abnehmer sichtbar gemacht und ihm damit ein bewusster Umgang mit Energie ermöglicht. Wie bereits beschrieben, handelt es sich bei Smart Meters um intelligente Zähler, die über eingebaute Zusatzfunktionen die erfassten Zählerstände direkt an das Energieversorgungsunternehmen übermitteln. Somit ist ein zeitnahe Abgleich zwischen Energiebedarf und -lieferung möglich. Insgesamt erfolgt die Emissionsminderung durch Reduzierung von Reservebetrieb, Verringerung von unnötigem Brennstoffverbrauch und bessere Lastermittlung.

Die Umsetzung dieser Effizienzmaßnahmen erfordert jedoch eine deutlich bessere, flächendeckende Ausstattung mit Mess-, Steuer- und Regelungstechnik. Daraus ergeben sich Marktchancen speziell für Technikfirmen in diesem Bereich.

Smart Metering ist im Wesentlichen eine Ausweitung des Einsatzfeldes bekannter bzw. moderner Technolo-

Der wichtigste Bereich zur Emissionsreduktion im HGDH Sektor ist der Einsatz energieeffizienter Produkte.

gien. Die Umsetzungsrisiken sind gering und überschaubar. Das Potenzial zur Emissionsreduktion in Deutschland bis 2020 wird mit 3,3 Mt CO₂ eq als eher mäßig eingeschätzt.

Einsatz energieeffizienter Produkte

Der wichtigste Bereich zur Emissionsreduktion im HGDH-Sektor ist der Einsatz energieeffizienter Produkte. Die EU hat seit letztem Jahr verschiedene Verordnungen zur Effizienzsteigerung in Haushalten und anderen Gebäuden verabschiedet.²⁶

Beleuchtung: Geplant ist die stufenweise Abschaffung von konventionellen Glühlampen und Halogenlampen zugunsten von Energiesparlampen, LED-Lampen und Halogen-Sparlampen bis 2016. Damit sind Energieeinsparungen von nahezu 40 TWh (in Deutschland 7,2 TWh²⁷) verbunden. Die CO₂-Emissionen können um 15 Millionen Tonnen/Jahr (in Deutschland 2,85 Mt CO₂ eq) verringert werden.

Elektrogeräte: Ab dem 1. Juli 2010 dürfen Händler nur noch Haushaltsgeräte der Energieeffizienzklasse A oder besser verkaufen. Dies gilt für Kühlschränke, Waschmaschinen, Fernsehgeräte und Ähnliches. Das Verkaufsverbot verschärft sich 2012 und 2013. Die jährlichen Energieeinsparungen liegen in der Höhe von 51 TWh (in Deutschland 9,18 TWh). Dies entspricht einer Reduktion der CO₂-Emission um 19,1 Mt CO₂ eq (in Deutschland 3,63 Mt CO₂ eq).

Stromverbrauch von Nulllast: Eine neue EU-Verordnung legt Anforderungen an externe Netzteile fest. Diese wandeln den Strom aus der Steckdose (220 Volt) in einen Niederspannungsstrom zum Betreiben von Haushalts- und Bürogeräten um (zum Beispiel Schnurlostelefone, PCs, Monitore, Notebooks und Modems). Die Netzteile ziehen allerdings auch Strom, wenn gar kein Gerät an sie angeschlossen ist. Deswegen betreffen die Anforderungen der EU sowohl die „aktive“ Effizienz bei der Versorgung beim

²⁶ Europäische Kommission: Energieeffizienz im Jahr 2020

²⁷ Berechnet auf Basis des relativen Anteils des deutschen Energieverbrauchs am Energieverbrauch von Europa

Insgesamt beträgt das Emissionsreduktionsziel für den Bereich HGDH bis 2020 13,6 Mt CO₂ eq. Dazu werden Investitionen von etwa 9,1 Mrd. € nötig sein.

tatsächlichen Betrieb als auch den Stromverbrauch bei „Nulllast“. Die Anforderungen treten in zwei Schritten bis 2011 in Kraft und sollen Energieeinsparungen von 9 TWh (in Deutschland 1,62 TWh) ermöglichen, welche die Kohlendioxid-Emissionen um mehr als drei Millionen Tonnen (in Deutschland 0,6 Mt CO₂ eq) verringern würden.

Green IT: Das Ziel von „Green IT“ ist die nachhaltige und ressourcenschonende Nutzung der Informations- und Kommunikationstechnologie, insbesondere eine effizientere Nutzung von Datenzentren. So betrug der Gesamtstromverbrauch von Servern und Rechenzentren in Deutschland in 2008 ca. 10,1 TWh (etwa 1,8 Prozent des Gesamtstromverbrauchs) mit daraus resultierenden Emissionen von ca. 3,9 Mt CO₂ eq. Hier bestehen noch wesentliche Einsparpotenziale, insbesondere durch bessere Kühlsysteme (zusätzliche Abdichtungen und Versiegelungen, intelligente Anordnung der Hardwarekomponenten zur optimierten Nutzung von Kühlluft beziehungsweise Abgabe der Warmluft) und effizienterer CPU-Auslastung. Schätzungen zufolge werden von 100 Watt Energie, die in den Betrieb von Rechenzentren fließen, nur 1,4 Watt wirklich zur Datenverarbeitung benötigt. Der Rest geht durch ineffiziente Hardwarenutzung verloren²⁸.

Energieeffiziente Produkte haben im Bereich HGDH mit geschätzten 8 Mt CO₂ eq bis 2020 ein relativ hohes Emissionsreduktionspotenzial. Die technischen Risiken sind vergleichsweise mäßig bis gering.

HGDH als Lösungsanbieter

Viele Dienstleister fungieren explizit als Anbieter von Technologien zur Reduktion von Emissionen, sie wirken also als Lösungsanbieter indirekt auf die Emissionsreduktion anderer Sektoren ein. Typische Dienstleistungen in diesem Bereich sind:

- Planungsbüros und Servicedienstleister für Energie- und Automatisierungstechnik
- Technologieentwickler, Softwareingenieure
- Betriebswirtschaftliches Consulting
- Umwelttechnische Prüfung und Zertifizierung

Eine Abschätzung der Wirkung hier ist schwierig, hierfür wäre – wie bereits angesprochen – eine gesamtwirtschaftliche Sicht auf CO₂-Emissionen erforderlich. Generell werden die Chancen für Emissionsreduktion durch neue, intelligente Lösungen als hoch eingeschätzt. Die Risiken sind sehr divers und müssen zurzeit als mäßig bis hoch eingeschätzt werden.

Marktwirkungen

Zur Senkung der Emissionen im Bereich Handel, Gewerbe, Dienstleistungen und Haushalte wird hauptsächlich auf energieeffiziente Produkte gesetzt. Intelligente Messverfahren können auch einen Beitrag leisten. Insgesamt beträgt das Emissionsreduktionsziel für den Bereich HGDH bis 2020 13,6 Mt CO₂ eq. Dazu werden Investitionen von etwa 9,1 Mrd. € nötig sein. Demgegenüber stehen die Einsparungen, die durch den geringeren Stromverbrauch erwirtschaftet werden. Der Gegenwert dieser Effizienzbemühungen schlägt im Jahre 2020 für den Bereich HGDH bereits mit einem positiven Wert von 3,1 Mrd. € zu Buche²⁹.

Ausblick und Handlungsbedarf

Zur Reduktion indirekter Emissionen im Sektor HGDH überwiegen im Zeitraum 2012–2020 Maßnahmen zur Fortschreibung/Optimierung des Standes der Technik. Die Klimaschutzanforderungen durch Markt und Regulierung werden im Rahmen der üblichen Wirtschaftsweise ins Geschäft integriert, um die Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten, und umfassen Prozessoptimierung, Produktpflege und Energiemanagement. Grundlegende Durchbrüche hinsichtlich Energieeffizienz und CO₂-Produktivität sind kurzfristig nicht zu erwarten.

Erheblich größere Beiträge zur Bekämpfung des Klimawandels und damit fundamentale Geschäftschancen bestehen für technologienahe Dienstleister als Anbieter von technologischen Lösungen zur Emissionsreduktion.

²⁸ US Environmental Protection Agency (EPA), Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency, Public Law 109–431 (2007)

²⁹ Deloitte-Berechnungen auf Basis von FhG-ISI, BSR, PIK und ECF (Einsparung €/t CO₂ eq)

Gebäudewirtschaft

Randbedingungen

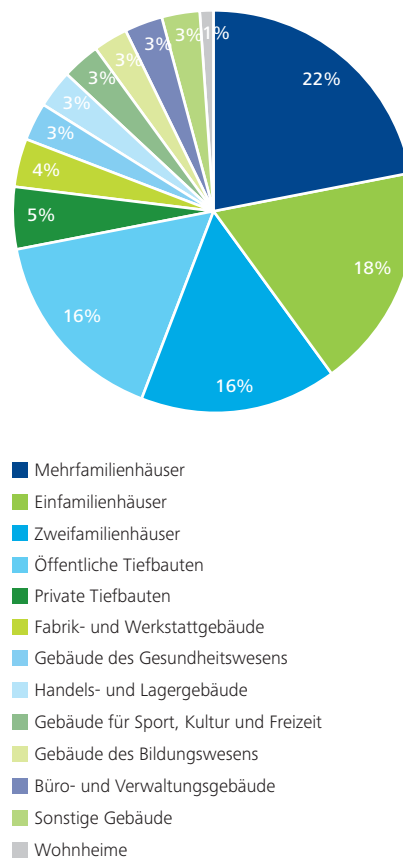
Zur Definition und Abgrenzung des Sektors Gebäudewirtschaft gibt es verschiedene Ansätze. Man kann zwischen Immobiliennutzern (z.B. Wohnen, Ressource des Produktionsprozesses) und Bereitstellern (Investoren/Kapitalanlage, öffentliche Hand) unterscheiden. In dieser Studie wird versucht, nötige Maßnahmen zur Emissionsreduktion aus beiden Gesichtspunkten zu beleuchten. Nicht einbezogen sind Emissionsminderungsmöglichkeiten, die durch geplanten Städtebau erzielt werden könnten.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht umfasst Gebäudewirtschaft in Deutschland im engeren Sinn (Bewirtschaftung von Immobilien) zirka 460.000 Erwerbstätige (Erschließung, Kauf und Verkauf von Immobilien, Vermietung und Verpachtung von eigenen und fremden Immobilien). Eine erweiterte Definition beinhaltet zusätzlich Gebäudereinigung, Handwerksdienstleistungen, Sicherheitsdienste, Architektur- und Ingenieurbüros (diese Sektoren werden in dieser Studie jedoch im Bereich HGDH abgedeckt). Schließt man auch noch etwa 600.000 Arbeitnehmer im Hochbau in die Betrachtung mit ein, so kommt man auf über 1 Mio. Erwerbstätige³⁰.

Bei Betrachtung der finanziellen Seite ist zu beachten, dass Immobilien in Deutschland eine wichtige Anlageform sind. Das Nettobauvermögen in Deutschland belief sich in 2003 auf etwa 5.533 Mrd. €. Den größten Anteil stellen Mehrfamilienhäuser mit 1.438 Mrd. €, gefolgt von Einfamilienhäusern mit 1.161 Mrd. €. Weiter folgen Zwei-Familienhäuser, öffentlicher und private Tiefbau, Fabriken und Werkstätten, Krankenhäuser, Fabrik- und Handelsgebäude und Sonstige (siehe Abb. 42).

Die Anzahl der Neubaufertigstellungen von Wohngebäuden verringert sich seit 1995 jährlich – vor dem Hintergrund des demografischen Wandels kann auch in Zukunft nicht mit einer Beschleunigung gerechnet werden. Ein Schwerpunkt des Energiesparprogramms im Gebäudesektor liegt daher auf der Sanierung des Altbestands.

Abb. 42 – Nettobauvermögen in Deutschland nach Bauwerks-/Gebäudekategorien



Quelle: Statistisches Bundesamt, VGR 2004

³⁰ Bericht Bundesregierung, Drucksache 16/13325

Klimaschutz-Zielbeitrag der Branche

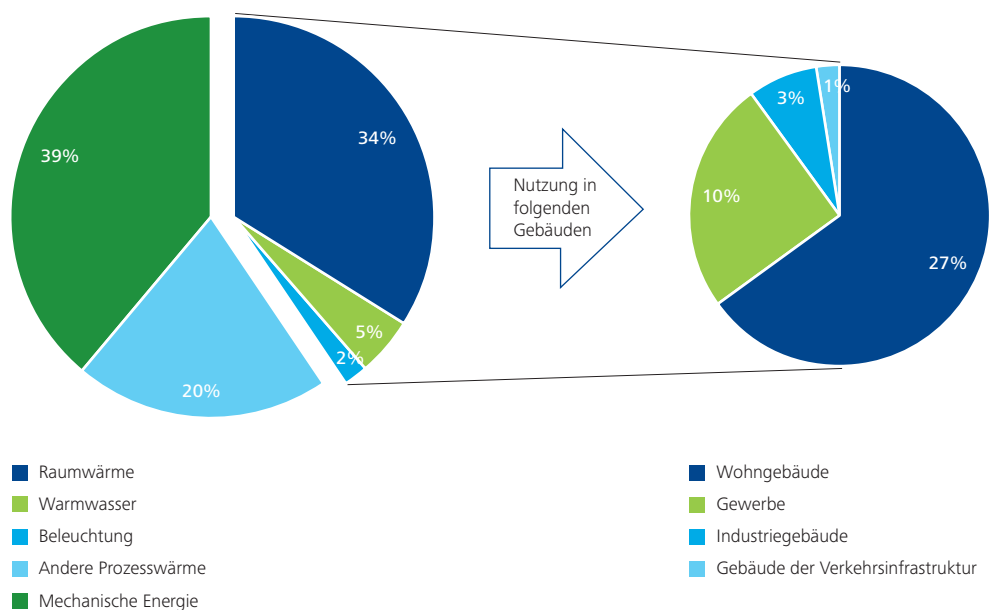
Der Gebäudebereich hat einen Anteil von rund 40 Prozent am gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland und trägt mit 17 Prozent zum CO₂-Ausstoß bei (siehe Abb. 43).

In der Emissionsreduktion im Gebäudebereich setzt man einerseits auf Maßnahmen zur energetischen Sanierung des Gebäudebestandes. Ziel dabei ist es, die Sanierungsrate in den nächsten Jahren auf jährlich drei Prozent des Wohnungsbestandes bzw. rund 390.000 Wohngebäude zu steigern. Andererseits soll bei der Erstellung neuer Gebäude auf möglichst gute Energiebilanzen geachtet werden. Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz

führt für Neubauten die Pflicht ein, einen Mindestanteil des Wärmeenergiebedarfs aus erneuerbaren Energien zu decken. Die Novelle der Heizkostenverordnung, die Anfang 2009 in Kraft getreten ist, setzt insbesondere durch eine stärkere verbrauchsabhängige Kostenverteilung Anreize zur sparsamen Energieverwendung.

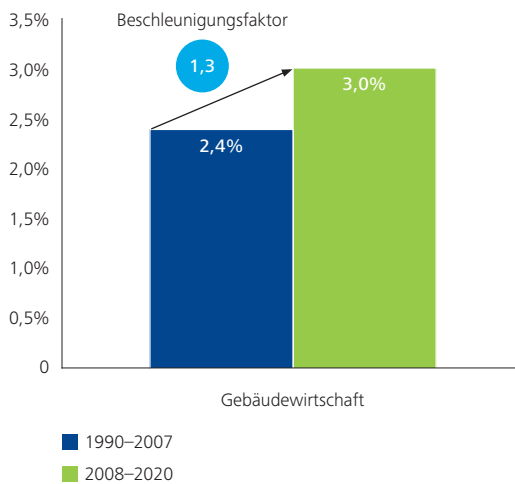
Von allen betrachteten Sektoren hat der Gebäudesektor in den letzten 17 Jahren mit durchschnittlich 2,4 Prozent p.a. die höchste Emissionsreduktionsrate erreicht. Trotzdem wird zur Erreichung der Klimaziele eine Beschleunigung auf 3,0 Prozent pro Jahr nötig sein (Beschleunigungsfaktor 1,3), siehe Abb. 44.

Abb. 43 – Energieverbrauch in Deutschland 2007



Quelle: BMVBS

Abb. 44 – Emissionsminderungsraten in der Gebäude-wirtschaft



Quelle: Deloitte

Verfügbare Technologien und Methoden

Die im Gebäudebereich in den letzten Jahren bereits erzielten und in den kommenden Jahren noch weiter erwarteten Energieeffizienzsteigerungen beruhen einerseits auf technologischen Erneuerungen im Hausbau (Dämmung, Fenster etc), der Haustechnik (Solar, Geothermie) und besserem Energiemanagement (Gebäudeautomatisierung und Nutzerverhalten).

Baustoffe und Isolierung

Grundlage des effizienten Energieeinsatzes im Hochbau ist die Wärmedämmung der Gebäudehülle zur Vermeidung von Wärmeverlusten. In neuen Energiesparhäusern sind die Außenwände, das Dach sowie die Fenster hoch wärmedämmend. Verwendet werden zum Beispiel geschäumte Kunststoffe und mineralische Dämmstoffe.

Auch bei Holz und Holzwerkstoffen gibt es noch Potenziale zur Energieeffizienz durch neue Konstruktionsmethoden (Leichtbau) und Ausweitung der Anwendungsmöglichkeiten (andere Gebäudetypen, insbesondere mehrgeschossig).

Gegenwind kommt im Bereich der Baustoffe aus Angst vor unbekanntem Langzeitwirkungen neuer Materialien (krebserregend/umweltschädliche Entsorgung/unberechenbare Lebensdauer). Damit sind sowohl die Chancen zur Emissionsreduktion durch neue Baustoffe und Isolierung

als auch Umsetzungsrisiken sind als relativ hoch zu bewerten.

Haustechnik

Die Anlagentechnik wird sich immer mehr von fossilen Endenergieträgern lösen. Im Neubaubereich erreichen erneuerbare Energiesysteme heute schon einen Anteil von ca. 20 Prozent. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Photovoltaik, Solarthermie, die Nutzung von biogenen

Brennstoffen und oberflächennaher Geothermie. Eine höhere Energieeffizienz in gewerblichen, aber auch privaten Gebäuden kann auch durch den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen erreicht werden.

Eine heute schon übliche und nachhaltige Methode zur Regulierung der Raumtemperatur ist die thermische Bauteilaktivierung. Dabei werden Bauteile (z.B. Wände, Decken, Fußböden) aktiv zur Beeinflussung des Raumklimas verwendet. Die Regulierung beruht auf der Möglichkeit, mit großen Gebäudemassen und deren Wärmespeicherkapazität die Entwicklung der Raumtemperatur zu beeinflussen. Mit wasserdurchströmten Rohrleitungen innerhalb der Bauteile kann sowohl geheizt als auch gekühlt werden.

Auch bei Umwälzpumpen besteht Emissionssparpotenzial: Ob im Heizkessel oder in der Solaranlage – sie gehören oft zu den Stromfressern im Haushalt. Deshalb beschlossen am 27. März 2009 die Vertreter der EU-Mitgliedsstaaten auf Vorschlag der EU-Kommission Anforderungen an die Mindesteffizienz von Umwälzpumpen: Ab 2013 sollen ineffiziente Umwälzpumpen stufenweise vom Markt verschwinden.

In Deutschland gibt es ca. 22 Mio. Heizungsumwälzpumpen, die im Schnitt alle zehn Jahre erneuert werden. Die bedeutet eine anteilige Stromeinsparung von etwa 4 TWh/a bis 2020 und eine Vermeidung von etwa 2,4 Mio. t CO₂/a. In Verbindung mit der korrekten Dimensionierung und einem hydraulischen Abgleich sind noch weitere Einsparungen an Strom und Brennstoffen sowie zusätzliche Emissionsminderungen möglich³¹.

Das Potenzial von Haustechnik zur Emissionsreduktion im Gebäudesektor ist hoch, bei mäßigem Risiko hinsichtlich neuester Technologien und Kosteneffizienz.

³¹ Umweltbundesamt, EG-Verordnung für die umweltgerechte Gestaltung von Umwälzpumpen

Energiemanagement

Bessere Wärmenutzung in Gebäuden ist – wie auch Stromverbrauch – einerseits eine Frage der Technologie und andererseits eine Frage des Nutzungsverhaltens. Wie lange beispielsweise belüftet und wie die Temperatur in der Nacht abgesenkt wird, beeinflusst in hohem Maße den Energieverbrauch. Mit automatisierten Systemen und effizientem Energiemanagement können hohe Energie- und Emissionseinsparungsraten erzielt werden.

Derzeit gibt es teilweise noch negative Wahrnehmungen der ersten Generation der Niedrigenergiehäuser in Form eingeschränkter Nutzungsfreiheiten bei der Lüftung, falscher Steuerung der Haustechnik oder auch falscher Bauausführung. In vielen Bereichen (z.B. Solaranlagen) ist die Technik jedoch bereits ausgereift und erprobt.

Effizienteres Energiemanagement birgt hohe Chancen zur Emissionsreduktion im Gebäudebereich bei relativ geringem Risiko.

Zur Emissionssenkung in Gebäuden sind in den nächsten zwölf Jahren geschätzte 150 Mrd. € an Investitionen nötig – jedoch rentieren sich diese relativ schnell.

Marktwirkungen

Insgesamt wird sich der Einsatz von energieeffizienten Lösungen bei Instandsetzungsmaßnahmen in den kommenden Jahren beschleunigen. Der Neubau von Gebäuden erfolgt bereits jetzt nach gültiger Regulierung (EnEV, EE-WärmG). Proaktive energetische Sanierungen werden jedoch noch immer möglichst lange verschoben. Gründe dafür liegen einerseits in der Marktstruktur (Vermieterfreundliche Teilmärkte, überschuldete Bestandhalter wie z.B. Kommunen) und der Demografie (Immobilien sind Kapitalanlagen älterer Bürger, mehr als zwei Drittel aller Rentnerhaushalte besitzen Wohnungseigentum³²).

Demografie und Verteilung des Wohlstandes sind die größten Herausforderungen in Hinblick auf den deutschen Immobilienmarkt:

- Alternde Bevölkerung (Anforderungen an Gebäude/ Wohnungsgrößen, Ausstattung)
- Schrumpfende Bevölkerung (lokale Gefahr eines Marktzusammenbruchs in einigen Regionen)
- Ärmere Bevölkerungsschichten sind von steigenden Nebenkosten bei fehlendem Zugang zu energieoptimierten Gebäuden besonders betroffen

Der Staat als großer Bestandhalter und einzelne andere Eigentümer von Immobilienportfolios (Kommunen, Private Equity) werden den energetischen Wandel treiben. Gegebenenfalls ergeben sich daraus Chancen der Differenzierung (Verkäuflichkeit/Vermietbarkeit eines Objektes), denn während Kaltmieten und Baupreise relativ stabil bleiben, steigen Warmmieten.

Facility-Management-Firmen können Wissen in den Markt tragen, Skaleneffekte nutzen und damit Lösungen ermöglichen.

Die Pläne der Bundesregierung zielen bis 2020 auf eine Einsparung von 48 Mt CO₂ eq im Gebäudesektor ab, das bedeutet eine Reduktion von 30 Prozent gegenüber 2007 und 50 Prozent gegenüber 1990. Zur Emissionssenkung in Gebäuden sind in den nächsten zwölf Jahren geschätzte 150 Mrd. € an Investitionen nötig – jedoch rentieren sich diese relativ schnell. Im Jahr 2020 liegen die Vermeidungskosten bereits bei -€ 80/t CO₂ eq, das heißt, es wird bereits ein Nettogewinn durch die Investitionen erwirtschaftet. Der Gegenwert der Einsparung von 48 Mt CO₂ eq schlägt im Jahr 2020 bereits mit einem positiven Wert von 3,8 Mrd. € zu Buche³³.

Noch größere Marktchancen ergeben sich jedoch aus dem Trend zu energieeffizienten Gebäuden auf Seite der Technologieanbieter (Haustechnik, erneuerbare Energien, dämmende Baustoffe). Ein zukunftsweisendes Projekt in diesem Bereich ist das „Plus-Energie-Haus“, das eine positive CO₂-Bilanz aufweist – also mehr Energie erzeugt, als es verbraucht. Das Plus-Energie-Haus der TU Darmstadt gewann 2007 den internationalen Wettbewerb Solar Decathlon 2007, der vom US-Energieministerium ausgeschrieben wurde. Es verwendet neueste Dämmmaterialien wie Vakuumdämmungen, hoch dämmende Fenster und Latentwärmespeichermaterialien (Phase Change Materials – PCM) und Technologien zur effizienten Bereitstellung von Raumwärme, Warmwasser

³² Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 2008

³³ Deloitte-Berechnungen auf Basis von FhG-ISI, BSR, PIK und ECF (Einsparung €/t CO₂ eq)

und Strom. Zum Einsatz kommen Mini-BHKWs (Blockheizkraftwerke zur Kraft-Wärme-Kopplung), Brennstoffzellen, Wärmepumpentechnologien und Photovoltaik in der Fassade.

Ausblick und Handlungsbedarf

Die größte Schwierigkeit, im Gebäudebereich Emissionsenkungen durchzusetzen, ist die lange Amortisationsdauer von energetischen Sanierungsmaßnahmen (einer relativ hohen Anfangsinvestition folgen jahrelange Einsparungen). Gleichzeitig wird gerade im Immobiliensektor oft sehr kurzfristig kalkuliert. Das bestätigt auch die aktuelle Expertenbefragung: Entscheider aus dem Bereich Real Estate gaben bei der Frage nach dem strategischen Planungshorizont ihres Unternehmens durchschnittlich weniger als zehn Jahre an (siehe Abb. 45).

Trotzdem wird sich im Hausbau zum Eigenbedarf der Trend zu energieeffizienteren Gebäuden weiter fortsetzen, da die Kosten der ausgereiften Technologien sinken und im Einfamilien-Bereich auch mit längeren Investitionshorizonten geplant werden kann.

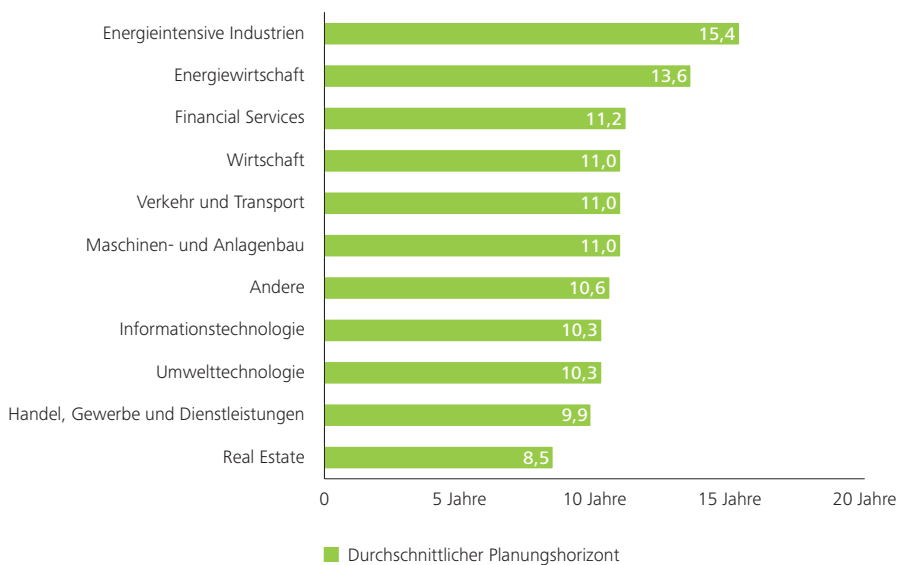
In Deutschland gibt es jedoch mehr als doppelt so viele Zwei- und Mehrfamilienhäuser als Einfamilienhäuser. Neben dem Planungshorizont kommt hier noch das Problem des Investor-Nutzer-Dilemmas hinzu: Es muss ein Anreiz geschaffen werden für Eigentümer und Vermieter, in Emissionsreduktion zu investieren. Der Nutzen, der sich für den Mieter einer Immobilie durch Optimierungsmaßnahmen ergibt (Senkung der Nebenkosten), muss sich teilweise auf den Investor/Eigentümer umlegen lassen. Hier bedarf es dringend einiger Anpassungen im Mietrecht.

Transport und Verkehr

Randbedingungen

Nach der Energieerzeugung ist der Transportsektor der wichtigste klimarelevante Sektor – ca. 15 Prozent der gesamten weltweiten Emissionen kommen vom Straßen-, Schienen- und Luftverkehr³⁴. Mehr als die Hälfte davon entfällt auf den Straßenverkehr, wobei privater Transport mit PKWs („Light Duty Vehicles“) mit dem größten Teil zu Buche schlägt.³⁵

Abb. 45 – Expertenmeinung: Kürzester Planungshorizont in der Gebäudewirtschaft



Quelle: Deloitte Management-Befragung und manager-magazin Entscheiderpanel, September 2009

³⁴ CAIT, World Resource Institute (Stand 2005)

³⁵ EREC, Energy [R]evolution, 2008

Auch die internationale Schiff- und Luftfahrt ist laut aktuellen Studien aufgrund immer engerer globaler Verflechtung zu größerem Ausmaß am Klimawandel beteiligt als zuvor angenommen. Laut Berechnungen des IPCC würde der Anteil von Emissionen des internationalen Flug- und Schiffverkehrs („International Bunker Emissions“) bei jetzigem Stand der Regulation in einem 450 ppm-Szenario 11 Prozent des weltweiten CO₂-Ausstoßes in 2050 betragen. Rechnet man außer CO₂ noch andere Treibhausgase mit ein (die gerade im Flugverkehr einen großen Anteil ausmachen), erhöht sich der Anteil auf 18 Prozent³⁶. Diese „Bunker Emissions“ sind im derzeitigen globalen Emissions-Protokoll (Kyoto) nicht reguliert. Für Kopenhagen wird in diesem Punkt ein Vorstoß erwartet. Das Hauptaugenmerk der Klimaschutzmaßnahmen im Transportsektor liegt jedoch nach wie vor im Straßenverkehr, besonders im Bereich der Personenkraftwagen, da dieser immer noch den weitaus größten Teil der Emissionen ausmacht.

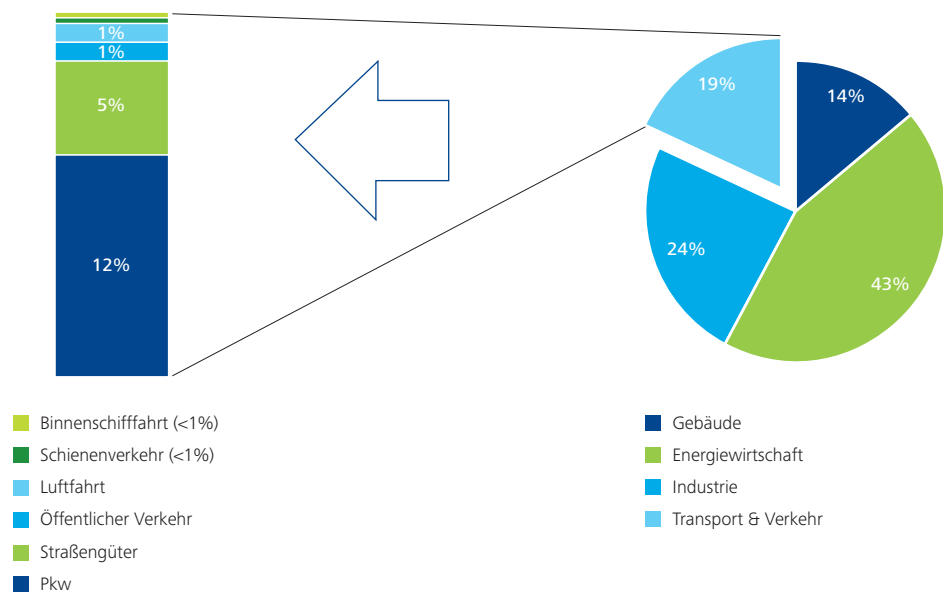
Insgesamt wirkt in den Bemühungen, die Emissionen im Transportbereich zu beschränken, ein Dreiklang von Entwicklungen zusammen:

- (1) Weniger und weniger energieintensiver Verkehr (effizientere Logistiksysteme, alternative Logistikkonzepte, Transportmodus, neue Formen der individuellen Mobilität, z.B. Carpooling)
- (2) Effizienzsteigerungen und neue Technologien (leichtere Materialien, effizientere Antriebe, Bremskraftnutzung, Elektromotor)
- (3) Alternative Energiequellen (Biokraftstoffe, Wasserstoff, E-Mobility)

Klimaschutz-Zielbeitrag der Branche

Emissionen im Bereich Transport und Verkehr in Deutschland beliefen sich in 2007 auf ca. 160 Mt CO₂ eq oder 18 Prozent der Gesamtemissionen. Davon kamen mehr als 90 Prozent aus dem Straßenverkehr. Der mit Abstand größte Emittent im Verkehrssektor ist der Personenverkehr (Abb. 46).

Abb. 46 – Emissionen des Transportsektors Deutschland 2007



Quelle: UBA, UNFCCC

³⁶ Europäische Kommission, „Regulating International Aviation and Shipping Emissions“, Mai 2007

Insgesamt sollen die CO₂ eq-Emissionen in Deutschland bis zum Jahre 2020 auf knapp unter 800 Mio. Tonnen gesenkt werden. Gegenüber dem Stand von ca. 1.100 Mio. Tonnen in 1990 bedeutet das eine 34-prozentige Reduktion. Im Transportsektor beträgt die prognostizierte Reduktion jedoch nur knappe 25 Prozent (32 Mio. t CO₂ eq): Dies liegt jedoch nicht am Mangel technologischer Erfolge, sondern an der schnell wachsenden Nachfrage nach Verkehrsleistung – vor allem im Bereich des Gütertransports. Das erwartete Volumenwachstum des Verkehrs wirkt somit dem technologischen Fortschritt entgegen.

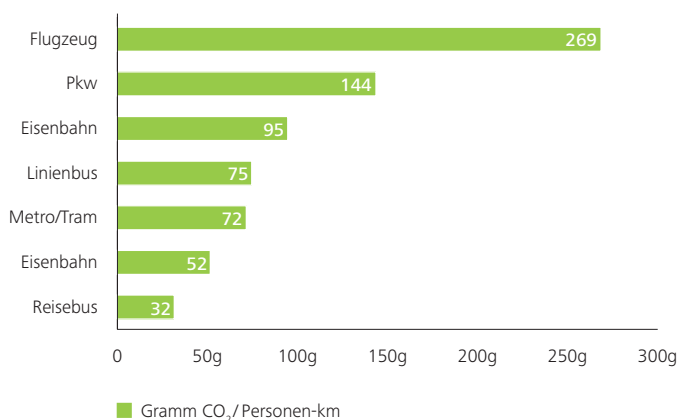
So erwartet das Deutsche Institut für Urbanstatistik (Difu) einen Anstieg im Personenverkehr von rund 9 Prozent zwischen 2005 und 2020 auf ca. 970 Mrd. pkm (Personen-Kilometer). Bei einer Bevölkerung von 80 Mio. entspricht dies einer Nachfrage von etwa 12.100 Kilometern pro Person/Jahr. Im Jahr 2005 lag der Durchschnitt in Deutschland bei etwa 10.800 Kilometern. Trotzdem liegt Deutschland damit im internationalen Vergleich unter dem Durchschnitt: In Nordamerika belief sich die Kilometerzahl pro Bürger 2005 auf 20.800 km³⁷.

Inzwischen ist der Aufwand, CO₂ zu vermeiden, in der Fahrzeugtechnik mit geschätzten 100 bis 500 € pro Tonne CO₂ deutlich höher als in anderen Sektoren.

Im Güterverkehr ist der Anstieg der Verkehrsleistung noch größer: So wird erwartet, dass der Gütertransport über Straße, Schiene und Luft von ca. 600 Mrd. tkm (Tonnen-Kilometer) 2005 um 30 Prozent auf 800 Mrd. tkm in 2020 steigen wird³⁸. Das entspricht einem Pro-Kopf-Anstieg von 7.000 Kilometern pro Jahr in 2005 auf 10.000 Kilometer in 2020.

Nachdem allen Prognosen zu Folge eine Reduktion der Gesamtverkehrsleistung in den nächsten Jahrzehnten nicht abzusehen ist, gibt es zumindest Bestrebungen, über steuerliche und gesetzliche Lenkungswirkung den Transport auf energieeffizientere Methoden zu verlagern (siehe Abb. 47). Allerdings sind die damit zu erreichenden Emissionseinsparungen relativ gering. Weltweit schätzt man, dass in den nächsten 40 Jahren maximal 5 Prozent des Pkw-Verkehrs auf Bus oder Schiene umgelenkt werden können³⁹.

Abb. 47 – Emissionen verschiedener Transportmethoden



Quelle: UBA

³⁸ DLR, Beitrag des Verkehrs zur CO₂-Reduktion: Perspektiven bis 2020, 2007

³⁹ EREC, Energy [R]evolution 2008

³⁷ EREC, Energy [R]evolution 2008

Wichtiger sind deshalb Effizienzsteigerungen und neue Technologien, um den Gesamtbeitrag des Transportsektors – besonders die des Straßenverkehrs – am Klimawandel zu begrenzen. Doch damit sind auch nicht unbeachtliche Kosten verbunden: In den letzten 30 Jahren sind die CO₂-Emissionen der weltweiten Neuwagenflotte um ca. 40 Prozent gesunken. Inzwischen ist der Aufwand, CO₂ zu vermeiden, in der Fahrzeugtechnik mit geschätzten 100 bis 500 € pro Tonne CO₂ deutlich höher als in anderen Sektoren. In der Stromerzeugung beispielsweise rechnet man mit ca. 5 € pro Tonne CO₂ und im Gebäudebereich mit 10 € pro Tonne CO₂. Deshalb sind gerade im Transportsektor Kreativität und politischer Wille gefragt, um neue umweltfreundliche Technologien wirtschaftlich zu machen⁴⁰.

Meseberg-Programm

Im sogenannten Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung wird im Verkehrsbereich das größte Potenzial bei Pkw erzielt (siehe Tabelle). Dies geschieht durch Anreize zur schnelleren Verbreitung von CO₂-armen Fahrzeugen und die verstärkte Nutzung von Biokraftstoffen (hier wird ein Anteil von 14 Prozent am gesamten Kraftstoff im Jahr 2020 angenommen). Die Maßnahmen beim Luft- und Schiffsverkehr wirken in erster Linie auf den internationalen Routen und nur in sehr geringem Umfang im Inland.

Das Reduktionsziel bis 2020 des Sektors Transport und Verkehr ist 32,2 Mt CO₂ eq. Daraus errechnet sich eine nötige jährliche Reduktionsrate im Primärenergiever-

Tabelle 6 – Meseberg-Programm im Sektor Transport & Verkehr

Treibhausgasminderungen, induzierte Investitionen und spezifische Vermeidungskosten des Meseberg-Programms bis 2020			
Emissionsbasis 1990: 1.228,1 Mt CO ₂ eq		Reduktion 1990 bis 2007: 20,1%	
Emissionsbasis 2007: 981,3 Mt CO ₂ eq			
Maßnahme	Emissionsreduktion (Mt CO ₂ eq)	Investitionsvolumen 2008–2020 (Mrd. Euro)	spezifische Vermeidungskosten in 2020 (Euro/t CO ₂ eq)
Maßnahmen im Verkehr			
CO ₂ -Strategie Pkw (mit Hybridfahrzeugen)	17	60	-130
Ausbau Biokraftstoffe	4,6	1,3	170
Umstellung Kfz-Steuer auf CO ₂ -Basis	3,1	0	-470
Verbrauchskennzeichnung für Pkw	3,5	0	-450
Elekromobilität (ohne Hybridfahrzeuge)	1,3	2,5	290
Lkw-Maut	0,5	0,5	78
Flugverkehr (Ausland 2020: 1,9 Mt)	0,4	2,7	-95
Schiffsverkehr (Ausland 2020: 0,5 Mt)	-	0,4	-390

Quelle: BMU, Hintergrundpapier zum Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung, 06/2008

⁴⁰ DLR Sonderheft Verkehr, Nov. 2007

brauch des Verkehrssektors von -1,7 Prozent p.a. bis 2020. Im Vergleich lag diese historisch (Jahre 1990–2007) bei -0,4 Prozent p.a. (siehe Abb. 48).

Die gesetzten Klimaschutzziele sind nur unter deutlicher Beschleunigung der Klimaschutzmaßnahmen zu erreichen, da die erforderliche Emissionsreduktionsrate deutlich höher liegt, als bisher mit dem aktuellen Stand der Technik erreicht wurde. Damit wird der Sektor Transport und Verkehr zu einem Haupttreiber der Emissionsminderung in Deutschland.

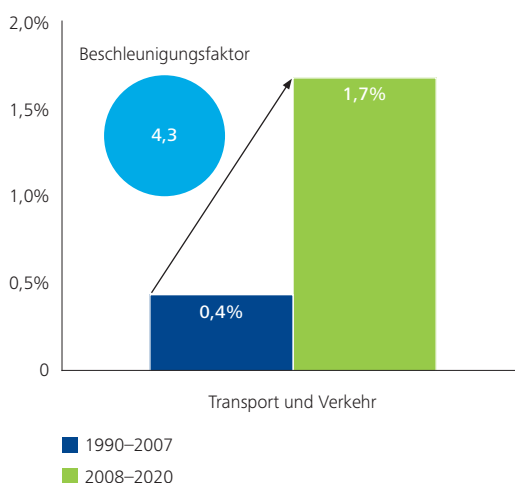
Verfügbare Technologien und Methoden

Aufgrund des sehr hohen Verkehrsanteils des Automobilverkehrs in Deutschland konzentrieren sich die Maßnahmen zur Emissionsreduktion somit auf diesen Bereich. Die wichtigsten Vorstöße zur Emissionsreduktion im Automobilbereich gliedern sich in zwei Hauptgruppen: (1) Fahrzeugtechnologien und (2) Alternative Energiequellen.

Verbesserte Fahrzeugtechnologien

Die Fortentwicklung von Fahrzeugtechnologien zielt maßgeblich auf die Energie- bzw. auf die Emissionseffizienz des Fahrzeuges ab. Dementsprechend soll der Verbrauch der antreibenden Energieträger (i.d.R. Kraftstoffe) reduziert werden. Verbesserte Fahrzeugtechnologien sollen den bedeutendsten Emissionseinsparbeitrag liefern.

Abb. 48 – Emissionsminderungsraten in Transport und Verkehr



Quelle: Deloitte

In 40 Jahren werden Erdöl und Diesel nicht mehr Hauptenergieträger im Transportsektor sein.

Die wesentlichen Handlungsfelder im Bereich der Fahrzeugtechnik fokussieren sich auf die Effizienzsteigerung des Antriebs und die Reduzierung von Fahrwiderständen. So spart ein Auto pro 100 Kilogramm Gewicht weniger bis zu zehn Gramm CO₂ pro Kilometer⁴¹. Auch der klassische Verbrennungsmotor soll noch leistungsfähiger werden. Experten erwarten Effizienzsteigerungen von bis zu 25 Prozent – in Kombination mit einem Elektromotor (Hybridfahrzeuge) sogar noch mehr.

Außerdem setzt ein Motor nur etwa 25–35 Prozent der im Kraftstoff chemisch gespeicherten Energie in mechanische Energie um. Der Rest geht über die Motorkühlung und das Abgas verloren. Diese Verlustwärmeströme können besser genutzt werden.

Die oben genannten Maßnahmen beruhen überwiegend auf der Fortschreibung bzw. Forcierung des Stands der Technik.

Ein erheblicher Teil der aktuellen industriellen Anstrengungen zielt auf die Effizienzsteigerung durch verbesserte Fahrzeugtechnologien. Die Chancen zur Emissionsreduktion hier sind relativ hoch. Zur Umsetzung besteht ein guter Wissensgrundstock, sodass die Risiken eher mäßig eingeschätzt werden.

Alternative Energiequellen

Alternative Energiequellen für den Fahrzeugvortrieb und dessen Betrieb zielen auf den zumindest teilweisen Ersatz der heute noch üblichen konventionellen fossilen Treibstoffe (Diesel, Benzin) durch klimaneutralere Energieformen. Ganz wesentlich ist hier, dass schon die Herstellung der Antriebsenergien beziehungsweise Treibstoffe in die Bewertung der Klimaneutralität mit einfließt. Zum Beispiel ist der bloße Einsatz von CO₂-freiem Wasserstoff im Fahrzeug nur dann klimafreundlich, wenn er auch klimafreundlich hergestellt wurde, denn die Herstellung von Wasserstoff ist ein sehr energieaufwändiger Prozess.

2005 wurde noch die überwiegende Mehrheit der Autos mit Benzin oder Diesel betrieben. Man kann eine Pro-

⁴¹ DLR, Sonderheft Verkehr, Nov. 2007

gnose wagen: In 40 Jahren werden Erdöl und Diesel nicht mehr Hauptenergieträger im Transportsektor sein. Eine Vielfalt von neuartigen Kraftstoffen bzw. Energiequellen ist derzeit in Diskussion: Erdgas, Biokraftstoffe, Wasserstoff, Strom (Elektrofahrzeug) und Nutzung von Brennstoffzellen werden diskutiert. Experten sehen das größte Potenzial jedoch eindeutig bei Elektrofahrzeugen (siehe Abb. 49).

CO₂-arme Kraftstoffe

CO₂-arme Kraftstoffe sind Biokraftstoffe (Biodiesel, Biomethanol u.Ä.), Erdgas und Wasserstoff. Genauer gesagt enthält hier der Kraftstoff wenig oder keinen fossilen, klimaschädigenden Kohlenstoff.

Seit Jahren wird der großflächige Einsatz dieser Kraftstoffe propagiert. Im größerem Maßstab eingesetzt wird zurzeit insbesondere Biodiesel und im weit geringeren Maße Erdgas (LPG). Der anfängliche Boom hat sich aufgrund der verstärkten Besteuerung von Biokraftstoffen, der Ressourcenkonkurrenz mit der Ernährungs-Landwirtschaft und der teilweise hohen fossilen Energieintensität der Herstellung der Kraftstoffe, die die Klimaneutralität erheblich einschränkt, beruhigt.

Weiterhin nachteilig erwiesen sich der teilweise hohe Platzbedarf bzw. die schlechte Lagerbarkeit der gasförmigen Brennstoffe Erdgas und Wasserstoff, die die Einsetzbarkeit und die Reichweite der Fahrzeuge stark begrenzen (die notwendige Verflüssigung oder Druckgaslagerung ist sehr gewichtsintensiv).

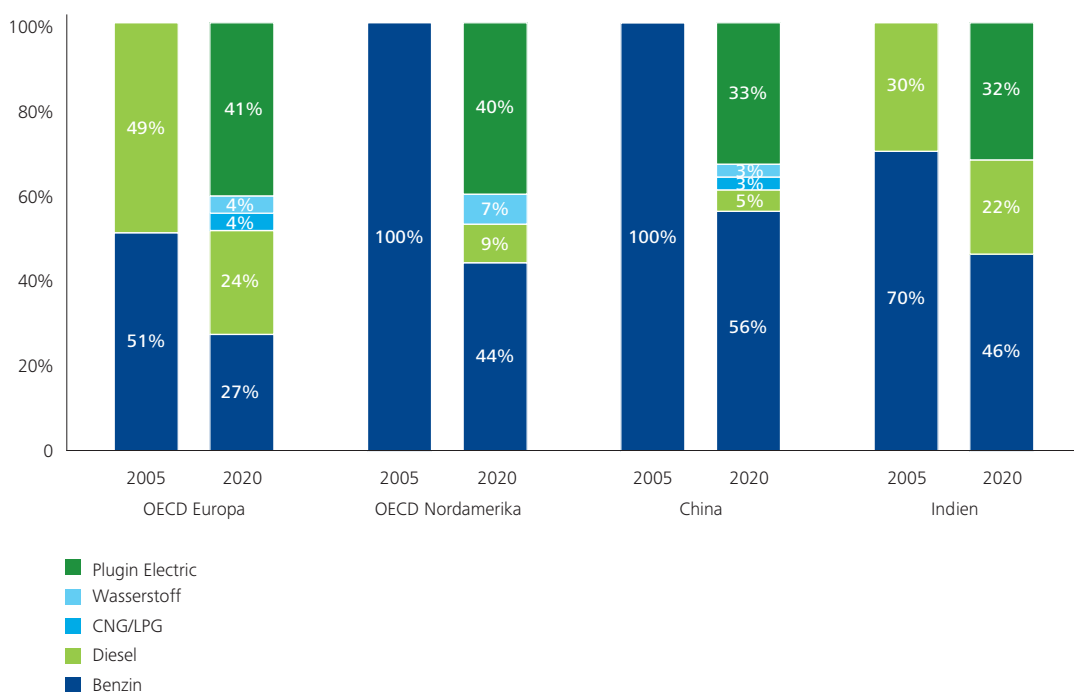
Die Akzeptanz dieser alternativen Kraftstoffe hängt maßgeblich von der Schaffung von Lösungen für ihre klimaneutrale Herstellung ab. Hierzu bietet sich die Nutzung erneuerbarer Energien an.

Die Chancen zur Emissionsreduktion durch alternative Kraftstoffe erscheinen zurzeit eher mäßig. Hier besteht noch erhebliche Unklarheit über den gesamten Carbon Footprint der Lieferkette. Die technischen und wirtschaftlichen Risiken sind dagegen recht gut bekannt und daher ebenfalls eher mäßig.

E-Mobility

E-Mobility ist die Nutzung von Strom als Primärenergiequelle für das Fahrzeug im Gegensatz zum mit chemischen Kraftstoffen angetriebenen Fahrzeug (Benzin, Diesel, Erdgas, Wasserstoff, Biokraftstoffe). Das Fahrzeug

Abb. 49 – Treibstoff von Pkw-Neuwagen 2005 und 2020



Quelle: EREC, Energy Revolution

wird hier direkt aus dem Stromnetz „betankt“. Zur Speicherung der elektrischen Energie müssen Batterien im Fahrzeug eingebaut werden.

Zurzeit ist die Entwicklung in vielen technischen Teilbereichen weit fortgeschritten und befindet sich an der Schwelle zum praktischen Einsatz, wenn auch zunächst im kleinen Maßstab. Hierbei gibt es mittlerweile verschiedenste Ansätze, die auch Übergangsmethoden vom traditionellen Verbrennungsantrieb darstellen. Dabei ist der erste Schritt oft eine Kombination aus bestehendem Verbrennungsmotor und alternativer Kraftquelle (siehe Tabelle 7). Sowohl Politik als auch Wirtschaft scheinen vorwiegend auf diese Zukunftstechnologie zu setzen.

Vor allem die hohe Effizienz mit einem Wirkungsgrad von der Batterie zum Motor von rund 90 Prozent lässt Elektromotoren immer attraktiver werden. Deren Emissionsfreiheit beinhaltet große Chancen, den angestrebten Klimazielen näher zu kommen. Zudem sind diese Motoren extrem leise und haben eine höhere Lebensdauer als andere Motoren, wodurch sie sehr ressourceneffizient sind.

Jedoch stehen eine niedrige Reichweite und hohe Kosten den Vorteilen negativ gegenüber. Auch die Ladezeit, die es nun zu beachten gilt, stellt sich als Hindernis für deren vollständige Durchsetzung heraus. Das größte technische Problem für die Einführung der Elektrofahrzeuge ist die massentaugliche Entwicklung von Batterien. Zurzeit sind die bestehenden Batterien noch sehr schwer und haben zu geringe Ladekapazitäten, sodass nur vergleichsweise geringe Reichweiten erzielt werden.

E-Mobility-Infrastruktur

Neben der Verfügbarkeit von Batterien mit hoher Speicherkapazität ist das weitere große Technologiehindernis die Bereitstellung einer großflächigen Stromversorgungsinfrastruktur für Elektrofahrzeuge. Ähnlich wie bei CO₂-armen Kraftstoffen ist hier die tatsächliche Emissionsreduzierung über die gesamte Energiewandlungskette bis zum Motor entscheidend, somit auch die Betrachtung der Stromerzeugung im Kraftwerk. Wird der Strom CO₂-neutral hergestellt (in der Regel aus erneuerbaren Energien oder Kernkraft), ist die Nutzung des Elektrofahrzeugs insgesamt relativ emissionsarm. Demzufolge muss für den emissionsarmen Betrieb von Elektrofahrzeugen die gesamte Energiewandlungsstruktur von der Primärenergie bis zum Elektromotor im Fahrzeug emissionsarm aufgebaut sein.

Diese Struktur umfasst die Kernelemente:

- CO₂-arme Primärenergieerzeugung im Kraftwerk
- Stromversorgungsstruktur („Stromtankstellen“)
- Stromspeicherung im Fahrzeug (Batterien großer Speicherkapazität)
- Das Elektrofahrzeug selbst

Durch E-Mobility bestehen insgesamt hohe Chancen zur Emissionsreduktion, diese hängen jedoch stark von der Verfügbarkeit CO₂-armer Primärenergie und der passenden Infrastruktur ab. Daher sind die technischen und wirtschaftlichen Risiken zurzeit als hoch einzuschätzen.

Marktwirkungen

Im Bereich Logistik & Transport erwirtschafteten 60.000 Unternehmen in Deutschland 2005 ca. 105 Mrd. € Umsatz. Das Wirtschaftswachstum bis zum Jahr 2020 wird mit durchschnittlich 2,0 Prozent p.a. prognostiziert. Die Erfahrung zeigt, dass sich der Bereich Logistik parallel zur Wirtschaft entwickelt – hier sind also ebenfalls 2,0 Prozent p.a. Wachstum zu erwarten. Gleichzeitig müssen Emissionen pro Jahr um ca. 1,7 Prozent reduziert werden – ein neuer Ansatz zum Thema Verkehr und Transport ist daher unumgänglich.

Im Bereich Verkehr & Transport sind Investitionen von ca. 67 Mrd. € nötig.

Die Emissionsreduktion erfordert relativ hohe technologische Anstrengungen. Bis 2020 soll die CO₂-Reduktionsrate etwa um das 4-Fache gegenüber dem Vergleichszeitraum 1990–2007 reduziert werden (32,2 Mt CO₂ eq). Dazu sind im Bereich Verkehr & Transport Investitionen von ca. 67 Mrd. Euro nötig. Jedoch rechnen sich diese Investitionen. Denn im Jahr 2020 sind die Vermeidungskosten je Tonne CO₂ dank effizienter Transporttechnologien bereits negativ (das heißt, es wird bereits ein Nettogewinn erwirtschaftet). Der Gegenwert der Einsparung von 32,2 Mt CO₂ eq schlägt im Jahr 2020 bereits mit einem positiven Wert von 3,1 Mrd. € zu Buche⁴².

⁴² Deloitte-Berechnung auf Basis von FhG-ISI, BSR, PIK und ECF (Einsparung €/t CO₂ eq)

Tabelle 7 – Elektrofahrzeugtypen im Überblick

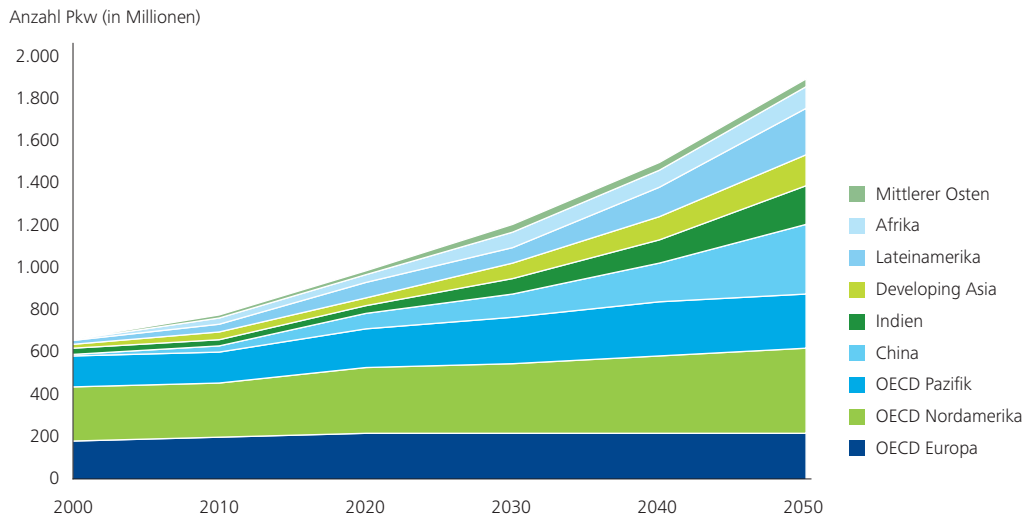
Fahrzeugtyp	Akronym	Anteil der Nutzung des Stromnetzes für die Batteriespeisung	Gegenstand des Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität	Typische Charakteristika
Elektrofahrzeug	BEV (Battery Electric Vehicle)	100%	ja	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromotor mit am Netz aufladbarer Batterie • Personenkraftwagen, aber auch Zweiräder • Hohes Potenzial zur CO₂-Reduktion durch Nutzung erneuerbarer Energien
Elektrofahrzeuge mit Reichweitenverlängerung	REEV (Range Extended Electric Vehicle)	Teilweise, abhängig von Batteriereichweite und Nutzung	ja	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromotor mit am Netz aufladbarer Batterie • Modifizierter Verbrennungsmotor kleiner Leistung oder Brennstoffzelle
Plug-in-Hybridfahrzeug	PHEV (Plug-In Hybrid Electric Vehicle)	Teilweise, abhängig von Batteriereichweite und Nutzung	ja	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromotor mit am Netz aufladbarer Batterie • Kombination von klassischem Verbrennungsmotor und Elektromotor • Pkw und auch Nutzfahrzeuge (z.B. Lieferverkehr)
Hybridfahrzeug	HEV (Hybrid Electric Vehicle)	Keine Netzanbindung	Nein, jedoch wichtige Voraussetzung für die Entwicklung von PHEV und BEV	<ul style="list-style-type: none"> • Klassischer Verbrennungsmotor plus Elektromotor • Ladung der Batterie durch Rückgewinnung der Bremsenergie • Pkw und Nutzfahrzeuge
Brennstoffzellenfahrzeug	FCHEV (Fuel Cell Hybrid Electric Vehicle)	Keine Netzanbindung	Nein (Nutzung von Synergien über den Austausch mit dem NIP)	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromotor mit Brennstoffzelle zur Energieversorgung

Quelle: BMU, Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität, 8/2009

Zusätzlich zu den Gewinnen, die durch Energieeffizienz im laufenden Verkehr erreicht werden, profitieren Unternehmen in diesem Sektor – mehr als in jedem anderen – von neuen Strategien und Geschäftsmodellen. Als Technologieanbieter bestehen große Absatz- und Exportchancen aufgrund der zu erwartenden hohen Nach-

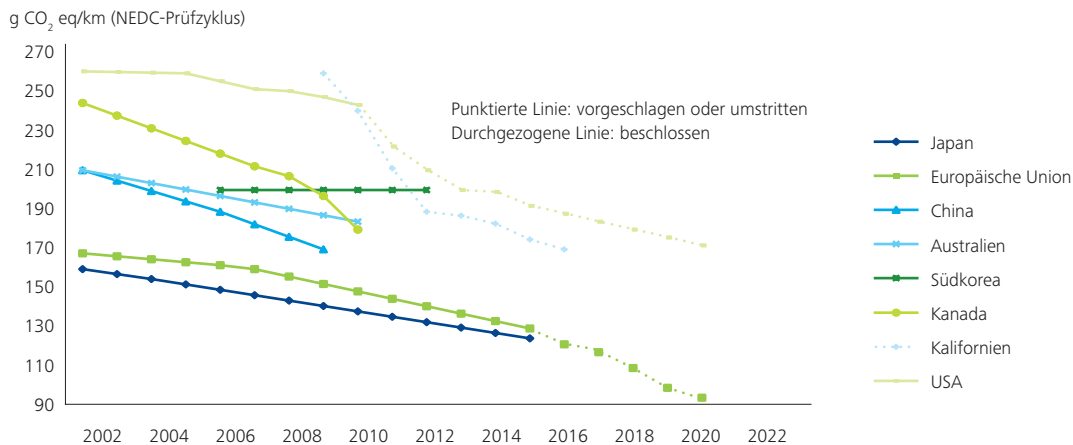
frage – vor allem in Industrieländern, zunehmend aber auch in Schwellenländern (wo in den nächsten Jahrzehnten ein rasanter Anstieg der Motorisierung vorhergesagt wird bei gleichzeitigem Anstieg der Kraftstoffeffizienz, siehe Abb. 50 und 51).

Abb. 50 – Entwicklung des globalen Pkw-Markts



Quelle: EREC, Energy Revolution 2008, S.181

Abb. 51 – Kraftstoffeffizienz neuer Pkw/CO₂-Abgasnormen



Quelle: ICCT 2009

„Strategische Kooperation bei der Elektrifizierung des Antriebsstrangs mit den traditionell gut aufgestellten deutschen Automobilzulieferern könnte einen erheblichen Innovationsschub für die deutsche Automobilindustrie bewirken, der die gesamte Volkswirtschaft stärkt.“ (BMU)

Ein weiterer Innovationsschub zeichnet sich für Deutschland durch massive Änderungen der Geschäftsmodelle und der Infrastrukturen ab. Es bilden sich neue Allianzen aus Energieversorgern, Automobilherstellern und Elektro-Technologieanbietern. Bisherige Energielieferanten für den Fahrzeugantrieb, die Mineralölindustrie, könnten zukünftig von den Energieversorgern abgelöst werden. Dementsprechend hoch sehen auch Entscheider aus den Sektoren Energiewirtschaft sowie Verkehr & Transport das Potenzial unternehmensübergreifender Kooperationen in ihrer Geschäftsstrategie zur Low-Carbon Society (siehe Abb. 52).

Aktuell baut RWE in Deutschland 500 Stromtankstellen für Daimler Elektroautos (Smart), BMW kooperiert mit Vattenfall für Stromtankstellen des Mini. Auch Siemens

Energy und RWE geben bekannt, auf dem Gebiet der Elektromobilität zu kooperieren.

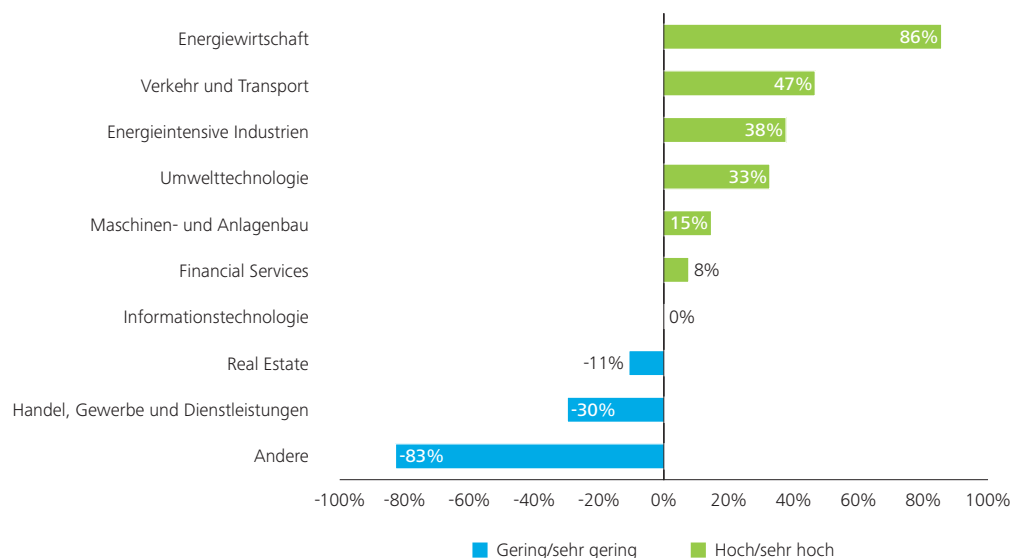
Ausblick und Handlungsbedarf

Im Hinblick auf das Erreichen der Emissionsziele im Bereich Verkehr und Transport wird sich der Wettbewerb zwischen verschiedenen Kraftstoff- und Antriebstechnologien in den nächsten Jahren entscheiden. Als Technologie mit dem höchsten Zukunftspotenzial scheint sich jedoch E-Mobility herauszukristallisieren. Voraussetzung für den Erfolg von Elektrofahrzeugen ist jedoch das Meistern dreier grundlegender Herausforderungen:

- (1) CO₂-arme Stromherstellung (neue Schnittstellen zwischen Energiewirtschaft und Verkehrssektor),
- (2) Schaffung der Verteilerstruktur (Elektroinfrastruktur fehlt noch) und
- (3) Bereitstellung von Batterien mit hoher Speicherkapazität.

Bei Batterietechnologien kämpft Deutschland noch mit Konkurrenz aus Asien. Doch bei Schlüsselfragen zum Beispiel zu Standards für Stecker zum Aufladen von Elektroautos ist Deutschland ganz vorne mit dabei. Ich kann uns nur raten: Wenn asiatische Märkte die Führungsrolle übernehmen und wir die Hoheit über die Normierung verlieren, dann gehen uns auch die Märkte verloren, sagt dazu Bundeskanzlerin Merkel.

Abb. 52 – Bedeutung von Kooperationen für die Geschäftsstrategie



Quelle: Deloitte Management-Befragung und manager-magazin Entscheiderpanel, September 2009

Tabelle 8 – E-Mobility bei den großen deutschen Automobilherstellern

	BMW	Audi	VW	Daimler
Hintergrund	E1-Versuchsfahrzeug 1990: Reichweite 140 km; Leistung 32 kW; seit 2009 500 Elektrofahrzeuge des MINI E in USA auf Alltagserprobung mit Leistung 150 kW und Reichweite 240 km, Lithium-Ionen	1997 baute Audi als erster – und nach wie vor einziger – Hersteller in Europa ein Hybridfahrzeug in Serie: Audi duo auf Basis des A4 Avant mit Elektromotor mit 29 PS und Blei-Gel-Batterie	In Kooperation mit RWE seit den 70er Jahren elektrische Varianten des Golf mit unterschiedlichen Batteriesystemen	Derzeit: 100 Smart mit Elektroantrieb in London, spätestens ab 2012 serienmäßig mit Elektroantrieb; ab 2010 Elektro-Modelle von Mercedes-Benz
Batterie	Natrium-Nickelchlorid-Zelle, Lithium-Ionen-Akku	Nickel-Metallhydrid-Batteriesystem; Lithium-Ionen-Akku		Nickel-Metall-Hydrid-Batterien; Lithium-Ionen-Akkus ab Ende 2009
Brennstoffzelle	Intensive Verfolgung seit 1997		Aktive Arbeit an neuen innovativen Konzepten	Stuttgarter arbeiten parallel an Brennstoffzellentechnik
Energiemanagement	BMW ActiveHybrid: Intelligente Form des Energiemanagements – Elektro- und Verbrennungsmotoren in Verbindung und modernste Batterien	Vorsprung durch Technik: Ganzheitliche Betrachtungsweise	Entwicklung eines entsprechenden kombinierten Elektro- und Verbrennungsmotors ohne Partner	
Aktuelles Modell	BMW Concept X6 ActiveHybrid: Verbrennungsmotor mit zwei leistungsstarken Elektromotoren: Produktionsreife zur Jahrzehntwende ist beschlossene Sache	IAA 2009: Prototyp e-tron: Hochleistungssportwagen mit reinem Elektroantrieb mit Leistung von 230 kW und Reichweite von 248 km	Prototyp space up! blue – Zero-Emissions-Van mit Hochtemperatur-Brennstoffzelle und Solarzellendach mit Reichweite von 350 km	Prototyp Mercedes SLS AMG mit vier E-Maschinen, Leistung 398 kW und Reichweite 180 km, ab 2015 Serienfertigung Tesla Roadster, Leistung von 185 kW und Reichweite von 400 km, in 3,5 Stunden wieder aufladbar

Quelle: Geschäftsberichte, Imagepublikationen und Internetauftritte

Finanzsektor

In den letzten Jahren ist das Bewusstsein rund um den Klimawandel enorm gewachsen. Auch seitens der Finanzwirtschaft ist ein zunehmendes Engagement zu erkennen: Sie unterstützt den Wandel zur Low-Carbon Society mit Geld und Expertise. Das Interesse von Banken und privaten Investoren im Bereich Emissionsreduktion und Energieeffizienz beweist, dass – zumindest nach Meinung der Geldgeber – Wirtschaft und Klimaschutz nicht im gegenseitigen Widerspruch stehen.

Dementsprechend positiv sehen auch die Entscheider unserer Umfrage in die Zukunft. Fast 90 Prozent der Befragten auf der Finanzbranche sehen die Vorreiterrolle Deutschlands in Sachen Klimaschutz als positiv oder sehr positiv (siehe Abb. 53).

Projekt- und Unternehmensfinanzierung

Zumeist handelt es sich bei Klimaprojekten um Investitionen mit hohem Volumen, bei denen Laufzeiten von 10 bis 20 Jahren keine Ausnahme sind. Vor dem Hintergrund dieses Zeithorizonts ist eine korrekte Risikoeinschätzung unverzichtbar, es sind innovative Finanzierungsmechanismen gefragt. Die Finanzwirtschaft ist deshalb bei der Umsetzung klimarelevanter Lösungen ein wichtiger Bestandteil.

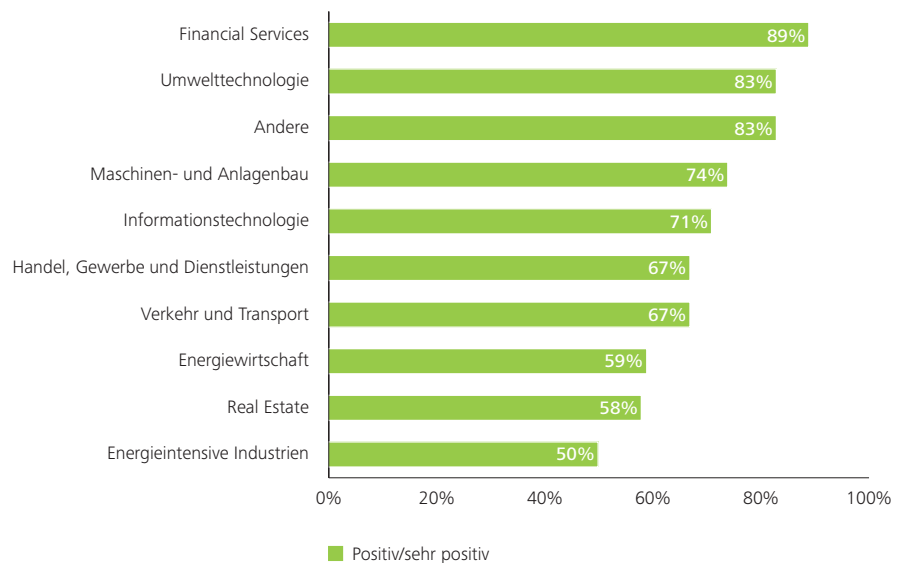
Die Finanzbranche (Investment Banking, Private Equity) verfügt über geeignete Analysten mit spezifischem Know-how, die neue Technologien und deren Auswirkungen einschätzen und den resultierenden Cashflow modellieren können. Auch in der Frühphase der Unternehmensgründung (Venture Capital) und zur Wachstumsfinanzierung von Cleantech-Unternehmen spielt der Finanzsektor eine wesentliche Rolle.

Trotz Wirtschaftskrise wurden 2008 fast 8,5 Mrd. US\$ in neue Cleantech-Unternehmen investiert – ein Anstieg von 38 Prozent gegenüber 2007. Seit 2002 haben sich Investitionen in diesem Sektor verzehnfacht (siehe Abb. 54).

Finanzinnovation

Im Kyoto-Protokoll wurden neben nationalen Maßnahmen zur Emissionsreduktion auch flexible Mechanismen eingeführt, die die Übertragung von Emissionsreduktionen aus einem Drittland auf ein Industrieland mit Reduktionsverpflichtung ermöglichen. Diese Instrumente umfassen den internationalen Emissionshandel (International Emissions Trading, IET) sowie die beiden projektbasierten Mechanismen „Joint Implementation“ (JI) und Clean Development Mechanism (CDM).

Abb. 53 – Expertenmeinung: Vorreiterrolle Deutschlands in Sachen Klimawandel



Quelle: Deloitte Management-Befragung und manager-magazin Entscheiderpanel, September 2009

Im internationalen Emissionshandel können seit 2008 Emissionsrechte (Assigned Amount Units – AAUs) zwischen Industrieländern gehandelt werden. Derzeit gibt es neben den internationalen Zertifikaten (AAUs) regionale Emissionshandelssysteme in Europa (EU-ETS), Australien (NSW Greenhouse Gas Reduction Scheme, GGAS), der Chicago Climate Exchange (CCX), im Westen der Vereinigten Staaten (Western Regional Climate Initiative) und im Nordosten der Vereinigten Staaten (Regional Greenhouse Gas Initiative, RGGI). Im Gegensatz zu den in Kyoto verankerten Verpflichtungen basieren letztere Emissionshandelssysteme auf freiwilliger Basis.

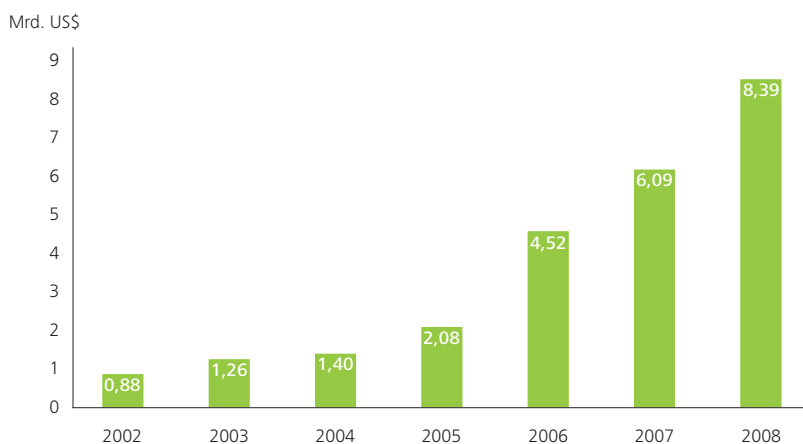
Den größten Anteil am Weltmarkt hat derzeit jedoch das 2003 implementierte EU-Handelssystem mit einem Umsatz von 91,9 Mrd. US\$ in 2008 (weltweit 92,8 Mrd.⁴³ US\$). Im Rahmen des Systems werden Treibhausgasemittierenden Unternehmen der Energiewirtschaft und Industrie für einen bestimmten Zeitraum (jeweilige Handelsperiode) Emissionsobergrenzen vorgeschrieben und Emissionsrechte (EU Allowances – EUAs) zugeteilt (jedes EUA berechtigt zur Emission von einer Tonne CO₂ eq). Diese können nach dem „Cap and Trade“-Prinzip zwischen Teilnehmern gehandelt werden. Zwischen März und September 2009 betrug der durchschnittliche Preis von EUAs 13,6 €⁴⁴.

Im Fall von Joint Implementation können Emissionsreduktionen, die in grenzüberschreitenden Projekten generiert werden, zwischen Annex-I-Ländern (Industriestaaten) übertragen werden. Die Emissionseinheiten werden Emission Reduction Units (ERUs) genannt. Ein ERU entspricht einer Tonne CO₂ eq. Bei Projekten des Clean Development Mechanism handelt es sich um Emissionsreduktionen, die durch Investition in einem Entwicklungsland (ohne Emissionsverpflichtung) generiert werden. Diese Emissionseinheiten werden Certified Emissions Reductions (CERs) genannt. Auch ein CER entspricht einer Tonne CO₂ eq.

Die Zertifikate (auch „Carbon Credits“ genannt) sind zu einer Ersatzwährung in der Projektfinanzierung in Schwellenländern geworden, ohne die viele Projekte der letzten Jahre nicht zustande gekommen wären. Im globalen Carbon-Markt können anerkannte Carbon Credits verschiedener Modelle eingelöst werden und als Finanzierungsbaustein bei Projekten eingesetzt werden. Diese Projekte müssen jedoch additiven Vorteil erbringen, die Zertifikate müssen von einem anerkannten Prüf-Haus abgenommen und von einer UN-Organisation anerkannt werden.

Die größten Märkte für CERs ergeben sich derzeit in Indien, China und Brasilien. Da es sich bei den meisten

Abb. 54 – Cleantech Venture Capital Investment



Quelle: Cleantech Group, Global Investment Monitor (2008)

⁴³ World Bank, State and Trends of the Carbon Market 2009

⁴⁴ ECX, European Climate Exchange

dieser Transaktionen um Termingeschäfte mit Zahlung bei Lieferung handelt, sind damit jedoch auch Risiken verbunden (Fertigstellungsrisiko, Bonität etc.). In Abhängigkeit von der projektspezifischen Risikostruktur sowie der Risikoverteilung zwischen Käufer und Verkäufer ergibt sich eine Preisspanne für Emissionsreduktionszertifikate im Primärmarkt. Darauf aufbauend hat sich in jüngerer Vergangenheit ein Sekundärmarkt entwickelt, auf dem CERs über Vermittler, die die Zahlungsrisiken übernehmen, gehandelt werden.

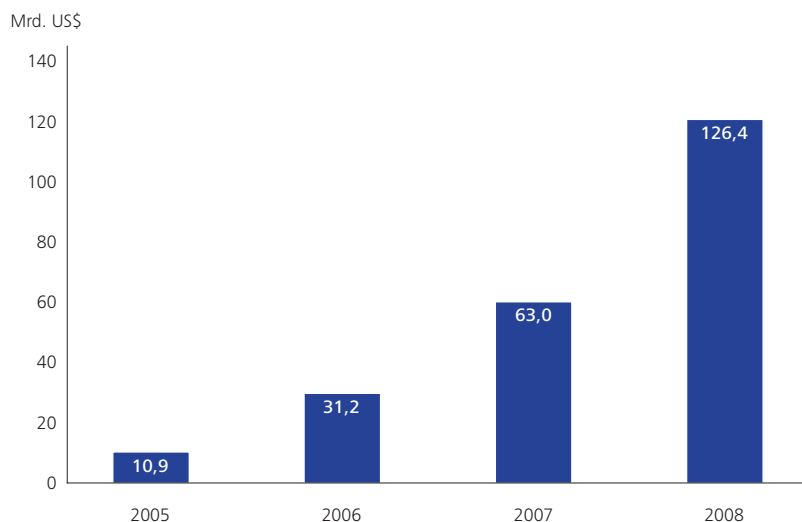
Seit 2005 können außerdem CERs aus CDM-Projekten und seit 2008 ERUs aus JI-Projekten im Europäischen System zur Erfüllung von Reduktionsverpflichtungen genutzt werden („EU Linking Directive“). Damit erhöhen sich das Spektrum der kostengünstigen Emissionsreduktionsoptionen und die Liquidität des Marktes für Treibhausgaszertifikate.

Die Finanzindustrie hat damit – neben der direkten Finanzierung von Klimaprojekten – eine weitere wichtige Rolle im Kampf gegen den Klimawandel als Vermittler

und Market Maker im globalen Carbon-Markt. Laut Weltbankbericht belief sich das Gesamtvolumen des Carbon-Marktes (Gesamtmarkt des Emissionsrechtehandels und der Projektfinanzierung auf Basis von CDM, JI und freiwilligen Projekten) 2008 auf 126 Mrd. US\$, eine Verdoppelung gegenüber 63 Mrd. US\$ in 2007⁴⁵ (siehe Abb. 55).

Als Vorreiter in Sachen Klimawandel ist Deutschland auch in damit verbundenen Finanzmarktfragen in einer führenden Know-how-Position. Deutsche Banken engagieren sich konsequent und nachhaltig bei Erneuerbare-Energien-Projekten. Das Thema Carbon Finance ist noch relativ neu und wird vor allem von den Investmentbanken vorangetrieben. Jedoch sind auch im kleinteiligen Segment innovative Finanzierungsformen entstanden, zum Beispiel in Kommanditgesellschaften für Windparks, Öko-Banken usw. In den Folgeverhandlungen zum Kyoto-Protokoll und den Bemühungen, Schwellenländer in globale Emissionsreduktionsmaßnahmen mit einzubeziehen, wird das Thema Carbon Finance in den kommenden Jahren immer wichtiger werden.

Abb. 55 – Carbon Market Volumen



Quelle: World Bank, State and Trends of the Carbon Market 2006, 2007, 2008, 2009

⁴⁵ World Bank, State and Trends of the Carbon Market 2009

Cleantech

Neue Märkte und Technologien

Die sogenannte „Cleantech“-Branche umfasst Segmente mehrerer Industrien und ist nicht immer klar abgrenzbar. Prinzipiell geht es dabei um integrierten Umweltschutz entlang der gesamten Energiewandlungskette – von Energieerzeugung, Energiespeicherung, Energie-Infrastruktur, Energie-Effizienz, Mobilität, Wasser und Abwasser, Luft und Umwelt, Werkstoffe, Fertigung, Landwirtschaft sowie Recycling und Abfall. Vorwiegend fallen unter den Begriff Cleantech Hightech-Verfahren, die Schadstoffe reduzieren, natürliche Ressourcen schonen und damit die Umwelt entlasten.

Die globale Aufteilung des Marktes für klimaschutzorientierte Anwendungen läuft gerade. Insgesamt scheint der Aufstieg von Cleantech in 2009 einen Pivot-Punkt erreicht zu haben (siehe Abb. 56):

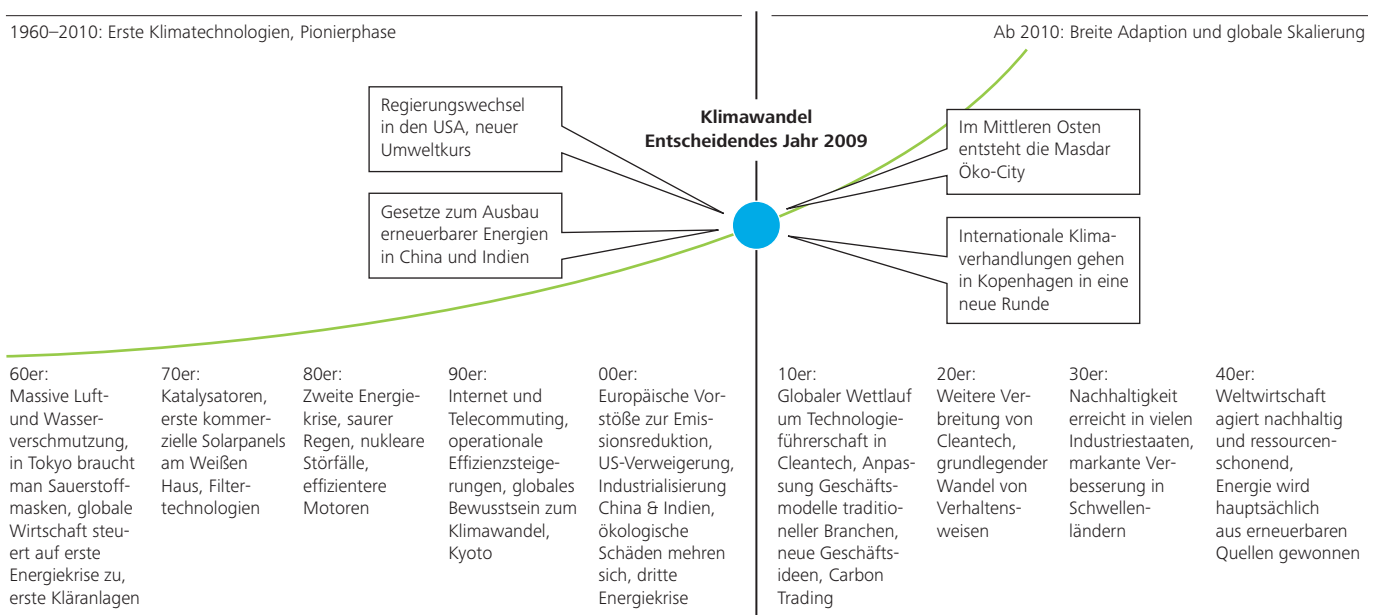
- (1) Mit dem Regierungswechsel in den USA schlägt auch eines der wichtigsten Länder im Kampf gegen den globalen Klimawandel einen neuen Kurs ein
- (2) In China und Indien wurden wichtige neue Gesetze zum Ausbau von erneuerbaren Energien erlassen
- (3) Im Mittleren Osten entsteht die Masdar Öko-City
- (4) Internationale Verhandlungen gehen in Kopenhagen eine neue Runde

Unternehmerische Strategien sind derzeit durchwegs progressiv bis antizipativ: Klimaschutz wird als wesentlicher Wachstumstreiber des Geschäfts aufgefasst. Überwiegend handelt es sich bei den Geschäftsmodellen bis jetzt um evolutionäre Abwandlungen aus traditionellen Geschäften unter dem Aspekt neuer Technologien – zunehmend werden jedoch auch komplett neue Geschäftsmodelle entwickelt.

Industrie als Lösungsanbieter für emissionsarme Technologien

In der Industrie stehen klimatechnologische Produkte stehen zum Großteil am Anfang des Produktlebenszyklus mit entsprechend hohen Erwartungen an Wachstumsrate und Gewinn. Manche Technologien sind noch im frühen Entwicklungsstadium bzw. nicht im großen Maßstab einsatzreif, zum Beispiel die Entwicklung von Großbatterien für Elektroautos und Stromnetze. Hier sind mit einer progressiven Geschäftsstrategie teilweise noch sehr hohe Risiken verbunden. Wichtige Player im Klimaschutz sind die Chemiebranche, Stahl- und Metallindustrie und der Maschinenbau.

Abb. 56 – Der Aufstieg der Cleantech-Industrie



Quelle: Deloitte

Typische Produkte aus der Chemiebranche

- Materialien zur Wärmedämmung, Isolierung
- Batterien für Elektroautos und Stromnetze
- Effizienzsteigerung bei Windkraftanlagen
- Leichtere Werkstoffe und Kraftstoffadditive für die Automobilindustrie
- stresstolerantere Nutzpflanzen
- Batterien für Elektroautos und Stromnetze
- Nanotechnologie

Typische Produkte aus der Stahl- und metallverarbeitenden Industrie

- Neue Legierungsvarianten (für Kessel, Turbinen, Flugzeuge)

Typische Produkte aus dem Maschinenbau

- Gebäudetechnik, Leittechnik, Windkraftanlagen, Kernenergieanlagen, Gasturbinen
- Motoren, Kernenergieanlagen, Filter, Lampen, Batterien
- Windanlagen, Solaranlagen, Motorentechnik

Typische Produkte aus der Elektrotechnik/IT

- LED-Leuchtmittel
- Intelligente Schalter, Stellmotoren etc.
- Steuerungs- und Regeltechniklösungen
- Spezialsoftware, Schnittstellen
- Stromtankstellen, Batterien etc.
- Brennstoffzellen

Dienstleistung und Gewerbe: Strategie und Umsetzung

Im Dienstleistungs- und Gewerbesektor ergeben sich ebenfalls enorme Chancen aus der Klimapolitik. Wissensbasierte Dienstleistungen – Beratung, Planung, Ingenieursleistungen, Wirtschaftlichkeitsanalysen, Finanzierungen werden in völlig neuer und interdisziplinärer Form gefragt sein.

Dabei werden vor allem diejenigen Anbieter im Vorteil sein, die sowohl wirtschaftliche als auch technische Aspekte integriert und lösungsorientiert bearbeiten und umsetzen können. Der IT-Sektor wird gefordert sein (Softwarelösungen, Green IT, Smart Metering, Smart Traffic Solutions etc.), aber auch spezifische und neuartige Beratungs- und Prüfungsthemen sind mit dem Klimawandel verbunden (Zertifizierung, Umweltgutachten, Umwelt-Audits, Carbon Accounting etc.).

Außerdem wird in manchen Fällen die Fortschreibung einer bestehenden Geschäftsstrategie nicht ausreichend

sein, um geänderten Marktbedingungen (Ressourcenverfügbarkeit, Konsumentenwünsche) zu genügen. So könnten sich beispielsweise im Bereich Transport und Verkehr auch ganz neue Formen der individuellen Mobilität durchsetzen (Carsharing etc.). Damit ergeben sich im Dienstleistungssektor auch bedeutende Chancen aus dem Thema Klimawandel in der Umsetzung neuer Geschäftsmodelle.

Arbeitsmarkt und Karriere

Aufgrund der Vielzahl betroffener Sektoren und der Abgrenzungsschwierigkeiten zur „traditionellen“ Industrie sind die Arbeitsmarkteffekte einer deutschen Cleantech-Strategie nicht leicht zu erfassen.

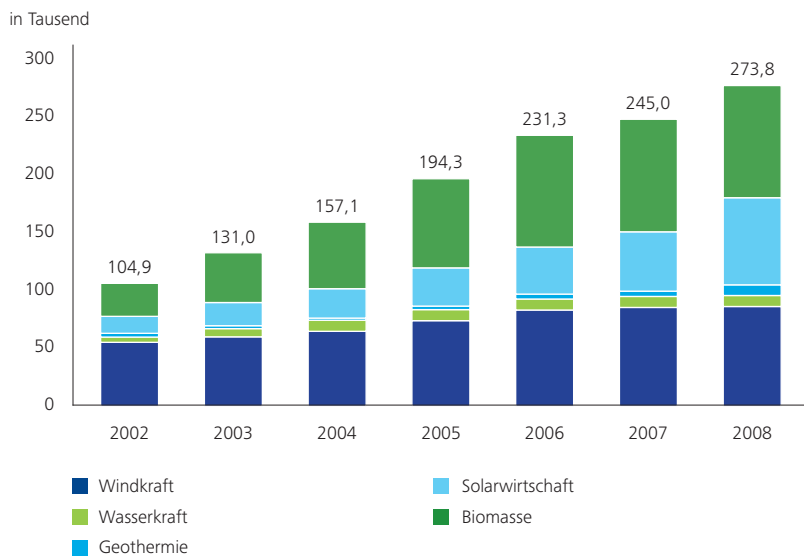
Offizielle Statistiken des Statistischen Bundesamts basieren vornehmlich auf der Gesamtheit der Arbeitsplätze in der Herstellung und dem Betrieb von erneuerbaren Energieanlagen. Dort wuchs die Beschäftigung von 105.000 Arbeitnehmern 2002 auf 274.000 Arbeitnehmer in 2007.

Jedoch gibt es auch in den „traditionellen“ Branchen viele Arbeitsplätze, die direkt oder indirekt mit Technologien oder Lösungen zur Emissionsreduktion verbunden sind. Beispielsweise betrifft dies im Maschinenbau Unternehmen im Bereich Kälte- und lufttechnische Erzeugnisse, Elektromotoren, Generatoren, Transformatoren oder der Herstellung von Akkumulatoren und Batterien. Hier entwickeln sich traditionelle Arbeitsplätze immer mehr in Richtung Hightech. Das Gleiche gilt auch für andere Branchen, beispielsweise die Chemieindustrie (neue Materialien, Nanotechnologie).

Schätzt man diese Entwicklung ab und rechnet man die entsprechenden Arbeitsplätze den offiziellen Statistiken im Bereich erneuerbare Energien zu, könnte man im Jahr 2007 bereits auf knapp eine halbe Million Beschäftigte im Cleantech-Bereich verweisen. Mit Blick in die Zukunft wird bis 2020 allein im Bereich Bau und Betrieb von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien eine Verdopplung der Arbeitsplätze erwartet (siehe Abb. 58).

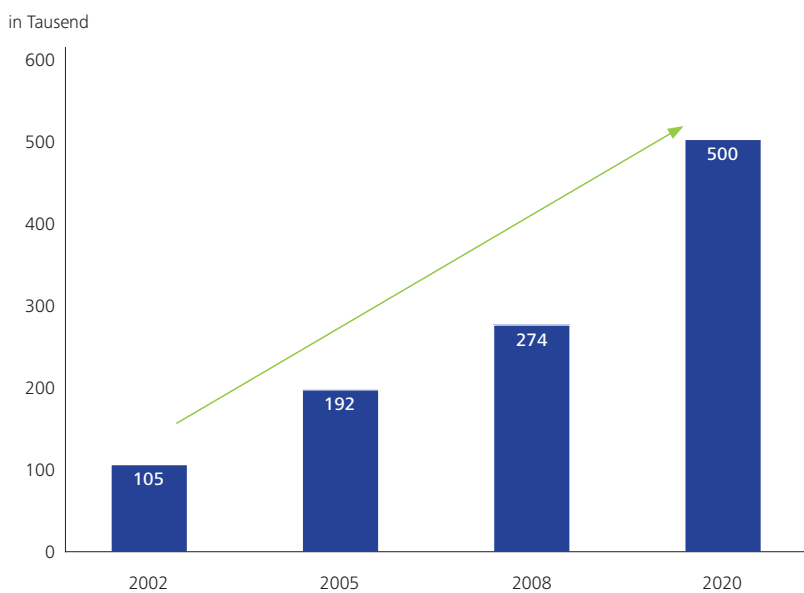
Dabei muss jedoch beachtet werden, dass es sich bei diesen Prognosen um Bruttoeffekte handelt – das heißt, es ist nicht eindeutig, wie viele neue Arbeitsplätze (netto) durch Geschäftsstrategien zur Bekämpfung des Klimawandels geschaffen werden. Ohne Zweifel kann jedoch behauptet werden, dass sich der Anteil der Jobs im Cleantech-Sektor – im Vergleich zu traditionellen Industrien –

Abb. 57 – Arbeitsplätze im Bereich erneuerbare Energien



Quelle: BMU, UBA, (AGEE-Stat Erneuerbare Energien in Zahlen, Umweltwirtschaftsbericht 2009)

Abb. 58 – Ausblick Arbeitsplätze im Bereich erneuerbare Energien

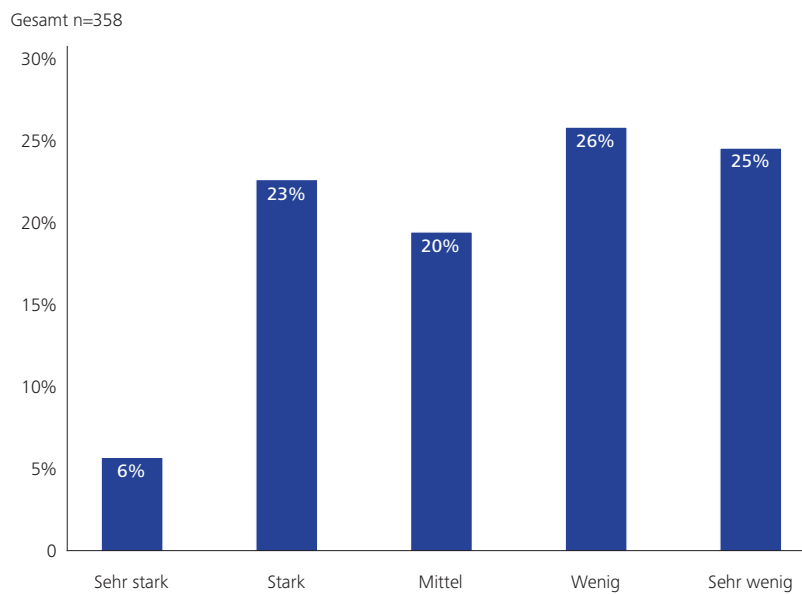


Quelle: AGEE-Stat, Erneuerbare Energien in Zahlen 2009

erhöht und weiter erhöhen wird. Schon jetzt sollte im Bildungssystem also verstärkt in diese Richtung investiert werden, damit Deutschland international wettbewerbsfähig bleibt.

Interessanterweise scheint sich diese Erkenntnis noch nicht flächendeckend durchgesetzt zu haben – oder man setzt auf eine neue Generation von Führungskräften zur Umsetzung der Klimastrategie. Die für diese Studie befragten Entscheider jedenfalls sehen den Einfluss der Entwicklung zur Low-Carbon Society auf ihre persönlichen Karrieren als eher mittelmäßig (siehe Abb. 59).

Abb. 59 – Karriere-Einfluss der Entwicklung zur Low-Carbon Society



Quelle: Deloitte Management-Befragung und manager-magazin Entscheiderpanel, September 2009

Fünf Fakten zum Thema Klimawandel

Um das vom Weltklimarat (IPCC) geforderte 2 °C-Klimaziel einhalten zu können (Kipp-Punkt, der irreversible Klimawandel-Prozesse auslöst), dürfte die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre maximal 450 ppm (parts per million) betragen. Auf derzeitigem globalem Emissionskurs muss man jedoch mit bis zu 6 °C Erwärmung rechnen. Zur Reduktion der globalen CO₂-Emissionen wird es in den kommenden Jahren intensive Verhandlungen geben.

Fakt 1 – Vorreiterrolle Deutschlands

Das Erreichen des 450 ppm-Szenarios global ist unwahrscheinlich, da die internationale Staatengemeinschaft voraussichtlich nicht schnell genug reagieren kann, um bis 2020 die nötigen Maßnahmen zu implementieren. Im besten Falle kann global mit einem 550 ppm-Szenario gerechnet werden. In Deutschland hingegen wird konsequent auf das 450 ppm-Ziel hingearbeitet. „Business as usual“ in diesem Sinne gibt es in Deutschland nicht mehr. 2030 sollen die Emissionen nur mehr 40 Prozent des Wertes von 1990 betragen.

Für diese Selbstverpflichtung gibt es gute Gründe:

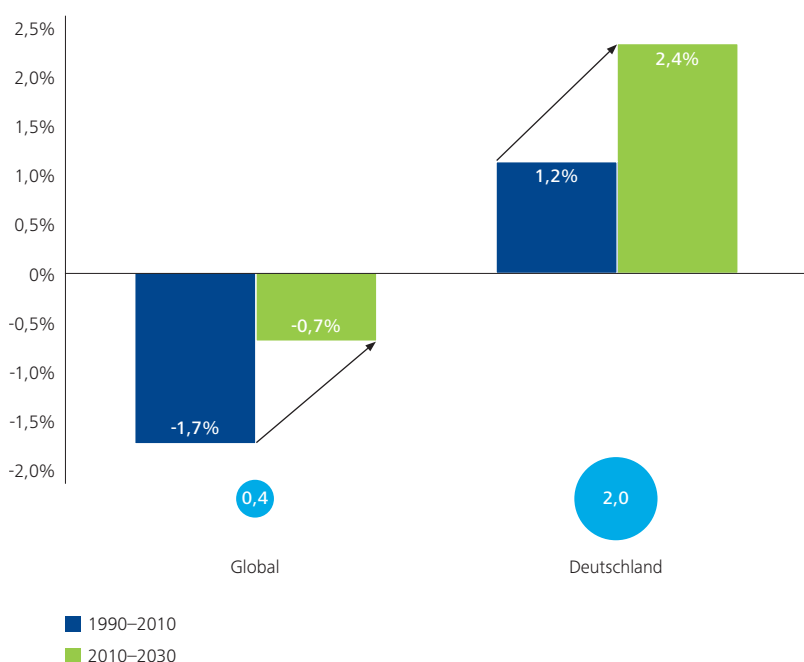
- (1) Technologieführerschaft in den Bereichen Energieeffizienz und Klimaschutz als Zukunftspfad für die deutsche Wirtschaft
- (2) Stärkung der internationalen Verhandlungsposition (Vorzeigeeffekt)
- (3) Kosteneffizienz: Zeitige Investitionen in Klimaschutz sind langfristig günstiger als die Bekämpfung des Problems später (Balloneffekt)

Die Umfrageteilnehmer sehen die Vorreiterrolle Deutschlands im Klimawandel als durchwegs positiv.

Fakt 2 – Emissionseffizienz muss sich vervielfachen

Selbst um ein eher moderates globales Klimaziel von 550 ppm zu erreichen, müsste sich das weltweite Emissionswachstum in den nächsten 20 Jahren im Durchschnitt von +1,7 Prozent p.a. in 1990–2010 auf +0,7 Prozent p.a. in 2010–2020 mehr als halbieren (Beschleunigungsfaktor 0,4). Dabei steigen globale Emissionen weiter. Es verringert sich nur die Geschwindigkeit des Anstiegs.

Abb. 60 – Emissionsveränderung global und in Deutschland



Quelle: Deloitte

In Deutschland sinken die absoluten Emissionen bereits seit über 15 Jahren. Um die gesetzten Klimaziele der Bundesregierung zu erreichen (Szenario 450 ppm), muss sich die Emissionsreduktion jedoch noch beschleunigen. Im Zeitraum 1990–2010 wurden die Emissionen durchschnittlich um -1,2 Prozent pro Jahr gesenkt. In den nächsten 20 Jahren (2010–2030) muss die Emissionsminderungsrate auf das Doppelte (-2,4 Prozent p.a.) ansteigen (Beschleunigungsfaktor 2). Die Emissionsminderungsrate liegt knapp über der erwarteten realen Wachstumsrate der Volkswirtschaft (+1,9 Prozent). Die Emissionsproduktivität in Deutschland muss sich in den nächsten 20 Jahren vervielfachen, obwohl sie schon jetzt 50 Prozent über dem globalen Durchschnitt liegt: Mit einer Tonne CO₂ müsste statt einer Bruttoleistung von 3.600 US\$ (PPP) derzeit in 2030 11.500 US\$ erarbeitet werden.

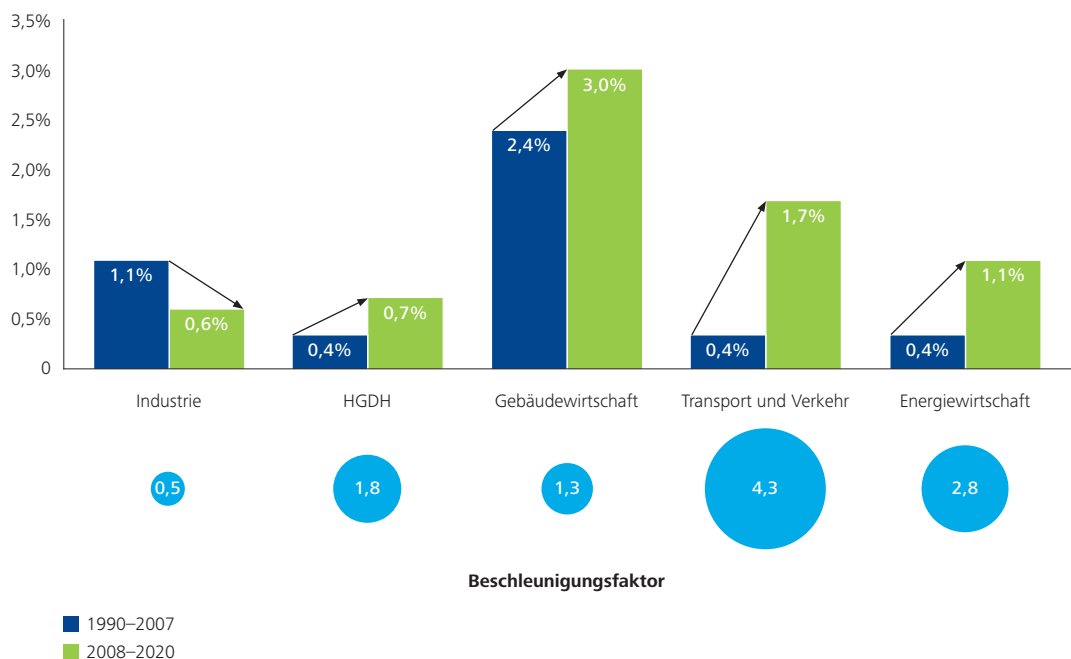
Fakt 3 – Sektoren: Besondere Anstrengungen in den Bereichen Energie, Transport und Verkehr

In der Sektorenbetrachtung wird deutlich, dass neben der Energieindustrie die Gebäudewirtschaft sowie der Trans-

portsektor absolut die größte Emissionsminderung vor sich haben. Der Sektor Transport & Verkehr hat relativ zur bisher erreichten Emissionsminderung bis 2020 die größten Anstrengungen vor sich (Beschleunigungsfaktor 4). In der Industrie wurden bereits in den vergangenen Jahren technologische Möglichkeiten so weit wie möglich ausgereizt, hier verringert sich das Potenzial zur weiteren Emissionsminderung gegenüber der Vergangenheit (Beschleunigungsfaktor 0,5). Wichtiger sind in diesem Bereich die Anstrengungen, neue Technologien und Lösung zur Emissionsreduktion für andere Sektoren zu entwickeln (Gebäudetechnik, Windgeneratoren etc.).

Zur Emissionsminderung setzen die Sektoren auf unterschiedliche Entwicklungen. Dabei steht dem Potenzial zur Emissionsreduktion auch Risiken gegenüber: Manche Technologien sind noch nicht ausgereift oder benötigen noch relativ hohe Investitionen, während andere bereits getestet und verfügbar sind. Insgesamt scheint die Zukunft vor allem in erneuerbaren Energien, Kraft-Wärme-Kopplung, Energiemanagement, Energieeffizienz und E-Mobility zu liegen.

Abb. 61 – Emissionsminderungsraten



Quelle: Deloitte

Abb. 62 – Chancen und Risiken von Maßnahmen zur Emissionsreduktion in den einzelnen Sektoren



Fakt 4 – Investitionen rechnen sich

Die zur Erreichung der Emissionsziele nötigen Investitionen von ca. 300 Mrd. € bis 2020 rechnen sich in den meisten Fällen. Im Durchschnitt bringt jede in 2020 durch diese Maßnahmen vermiedene Tonne CO₂ etwa 32 € Gewinn. In der Energiebranche ist der Amortisationszeitraum am längsten, hier entstehen auch 2020 noch Vermeidungskosten von ca. 2,4 Mrd. € pro Jahr. In allen anderen Industrien wird durch Energieeffizienz und Emissionsreduktion 2020 bereits ein Gewinn erwirtschaftet – am rentabelsten sind die Maßnahmen im Gebäudebereich (+3,8 Mrd. €).

Fakt 5 – Wachstumsmarkt Cleantech

Im Kampf gegen den Klimawandel ergeben sich große Chancen für Deutschlands Unternehmen im globalen Markt. So ermöglichen viele Technologien und Materialien, die in der Industrie entwickelt werden, Emissionsersparungen auf Anwenderseite oder sind Komponenten in Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energie.

Als wichtigste Technologien im Bereich Energiewirtschaft zeigen sich dabei die Windenergie, die konzentrierte Solarthermie, die Photovoltaik und Biomasse. Für Anwendungen im Gebäudesektor steht die Entwicklung neuer Baustoffe im Vordergrund, im Transportbereich wird eine

wichtige Kernkompetenz in der Batterietechnik gesehen. Dabei geht im Zusammenhang mit E-Mobility der Trend immer stärker in Richtung industrieübergreifende Kooperationen (Batteriehersteller/Energieversorger/Automobilbranche).

Nicht zu vernachlässigen sind auch bedeutende Verbesserungen im Agrarsektor und der Einsatz konventioneller moderner Technik als erstmalige Basisversorgung in den aufstrebenden Industrienationen der Welt (Beispiele: Kläranlagen, Wasseraufbereitung, Stromversorgung).

Im Dienstleistungsbereich ergeben sich wichtige Impulse aus Energieeffizienzgewinnen durch den Einsatz von Informations-Technologie (Green IT) und vollkommen neuen Softwarelösungen (Smart Grid, Smart Metering). Im Gebäudesektor entsteht ein neuer Markt für Unternehmen mit Fokus auf Haustechnik, aber auch Anforderungen an Architekten und Planer verändern sich. Sektorübergreifend ergeben sich in der Umsetzung komplett neuer Geschäftsmodelle große Chancen aus dem Trend zu nachhaltiger Lebensweise. Das Wachstum – und damit die Ertragschancen – der Cleantech-Branche werden für die nächsten Jahrzehnte im Vergleich zu traditionellen Sektoren überdurchschnittlich sein.

Abb. 63 – Investitionsbedarf und Vermeidungskosten

	Industrie	HDGH	Gebäude	Transport/ Verkehr	Energie- wirtschaft
Mt CO ₂	30,2	13,6	48	32,2	52,5
Nötige Investitionen 2008–2020 (Mrd. €)	19	9,1	150	67	67
Vermeidungskosten pro Jahr ab 2020* (Mrd. €)	-0,68	-3,1	-3,8	-3,1	2,4

*negative Vermeidungskosten = es wird bereits ein Gewinn erwirtschaftet
Quelle: BMU, Deloitte-Berechnungen auf Basis von FhG-ISI, BSR, PIK und ECF (Einsparung €/t CO₂ eq)

Anhang A – Datengrundlage

A.1. Daten zur Berechnung der Emissionswerte

- GDP: Welt und Deutschland: IMF, EIU (Langzeitprognosen)
- Emissionen Welt: 1990–2006 World Resource Institute, 2007–2020 World Energy Outlook 2008
- Emissionen Deutschland: 1970–2006 World Resource Institute, 2007–2020 BMU Leitszenario
- Sektorenvergleich Deutschland: Inventarbericht für UNFCCC (1990–2007), Minderungsziele aus dem Meseberg-Programm (2008–2020)
- Sektoremissionen: Umlagen und Berechnungen

Historisch (1990–2007): Direkte Emissionen und Prozessemissionen sind im Einzelnen im Inventarbericht aufgeführt (hierbei wurde der Teil direkte Emission im HGDH-Sektor der Gebäudewirtschaft zugeordnet). Die indirekten Emissionen sind als Summe aufgeführt; die Sektorenaufteilung wurde auf Basis eigener Analysen zugeordnet.

Zukünftig (2008–2020): Die Emissionsminderungszielvorgaben des Meseberg-Programms (siehe Abbildung 64) fügen sich in das obige Schema ein.

Hierbei ist der Anteil an Einsparung indirekter Emissionen in der Gebäudewirtschaft explizit gegeben, der Beitrag zur Einsparung indirekter Industrieemissionen wurde nach eigenen Analysen aus den Maßnahmen im Umwandlungssektor umgelegt.

Aus Sicht der Energiewirtschaft haben Emissions-Reduktionsmaßnahmen zweierlei Ursprung: Zum einen durch Reduktion im Umwandlungssektor (Einführung erneuerbarer Energien) und zum anderen durch Energieeffizienzsteigerung beim Abnehmer, das heißt Reduktionen durch geringere Nachfrage. Um Doppelzählungen zu vermeiden, muss der Energiesektor separat betrachtet werden (die Summe seiner Emissionen entspricht wie oben beschrieben den indirekten Emissionen anderer Sektoren).

Abb. 64 – Emissionsminderungsvorgaben – Sektorenuordnung

	Industrie	HGDH	Gebäude	Verkehr	Umwandlungssektor
Direkte Emissionen	X		X	X	X
Indirekte Emissionen	X	X			

Quelle: Deloitte

A.2. Berechnungsmethodik

Die jährliche Emissionsrate ergibt sich wie folgt:

$$ER = \frac{x \sqrt{(E_{\text{Anfang}} - E_{\text{Ende}})}}{E_{\text{Ende}}}$$

mit:

ER – jährliche Emissionsminderungsrate in % p.a.

E_{Anfang} – Emission am Anfang der Periode in t CO₂ eq/Jahr

E_{Ende} – Emission am Ende der Periode in t CO₂ eq/Jahr

x – Anzahl der Jahre der Periode

Die Beschleunigungsfaktoren – also wie sehr muss sich die Anstrengung zur Emissionsreduktion in den nächsten Jahren im Vergleich zur Erfahrung der letzten Jahre erhöhen – erwiesen sich als wesentliche Kennzahl zur Beschreibung des praktischen Managementbedarfs. Sie ergeben sich aus dem Verhältnis der Emissionsminderungsrate der Perioden 2008–2020 und 1990–2007:

$$B = \frac{ER_{2008-2020}}{ER_{1990-2007}}$$

Bei einem Beschleunigungsfaktor von 1 bleibt die durchschnittliche jährliche Emissionsminderungsrate in der Periode 2008–2020 gleich der der Vergangenheit (1990–2007). Ein Beschleunigungsfaktor von 2 steht für eine Verdopplung der Emissionsreduktion in der Periode 2008–2020 im Vergleich zur Vergangenheit (1990–2007). Ein Beschleunigungsfaktor von 0,5 würde eine Verlangsamung der Emissionsreduktion bedeuten (jährliche Emissionsminderungsrate sinkt in Zukunft zum Vergleichszeitraum 1990–2007).

Der Beschleunigungsfaktor signalisiert also das Vielfache an technischen und wirtschaftlichen Anstrengungen, das zur Umsetzung der Änderungen durch Klimaschutz zukünftig gegenüber den bestehenden Erfahrungen erforderlich sein wird. Diese Kennzahlen sind intuitiv anschaulich für Manager und können mit überschaubarem Aufwand in operative Kosten- und Erlösplanungen überführt werden.

A.3. Details zur Umfrage

Die Basis der Umfragedaten ergibt sich aus 35 Fragebögen, die im Rahmen einer Online-Management-Befragung erhoben wurden, zwölf persönlichen Interviews mit Entscheidern aus einzelnen Branchen und 331 Online-Fragebögen, die über das Entscheiderpanel des manager-magazins einliefen. Erhebungszeitraum war September 2009.

Die Entscheider kamen zu 76 Prozent aus der Wirtschaft, gefolgt von 9 Prozent Wissenschaft & Forschung und 7 Prozent Politik und öffentliche Verwaltung; 8 Prozent ordneten sich anderen Sektoren zu (Kunst/Kultur/Bildung). Unter Wirtschaft gab es Nennungen zu: Energieintensive Industrien (30), Energiewirtschaft (17), Financial Services (27), Handel, Gewerbe und Dienstleistungen (97), Informationstechnologie (52), Maschinen- und Anlagenbau (38), Real Estate (12), Umwelttechnologie (18), Verkehr und Transport (21) und andere (12) (Medien, Gesundheitswesen, Verbände etc.).

Die Umsatzverteilung reicht von < 5 Mio. € (22 Prozent) über 5 € – 50 Mio. € (16 Prozent), 50 € – 250 Mio. € (11 Prozent), 250 € – 1 Mrd. € (9 Prozent), 1 Mrd. € – 10 Mrd. € (16 Prozent) bis über 10 Mrd. € (15 Prozent). 11 Prozent der Teilnehmer aus der Wirtschaft machten keine Angaben zum Umsatz ihres Unternehmens (siehe Abb. 65).

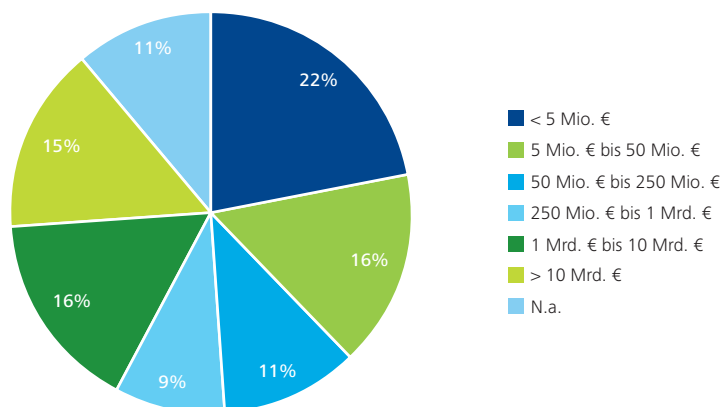
Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt meist in Prozent, wobei die Summe der zur Berechnung eingegangenen Werte angezeigt wird (n=x). Den Fragen liegt fast durchgängig eine Skala von 1–5 zugrunde, wobei 1 und 2 wie bei Schulnoten sehr gut/sehr hoch bzw. gut/hoch bedeuten, die 3 als Mittelwert/befriedigend interpretiert wird und die 4 und 5 als schlechte bzw. sehr schlechte (geringe/sehr geringe) Wertungen gelten.

Zur besseren Übersichtlichkeit wurden in manchen Darstellungen die positiven Werte (1 und 2) addiert, um so den Gesamtgrad der positiven Meinung dazustellen (z.B. Prozent der Befragten, die das Potenzial einer Technologie als hoch bzw. sehr hoch einschätzen).

Zur Nettobewertung wurde von der Summe der positiven Nennungen (gut und sehr gut) die Summe der negativen Nennungen (schlecht/sehr schlecht) abgezogen. Bei einem Nettowert von 0 halten sich positive und negative Aussagen die Waage, bei einem negativen Wert überwiegen die Nennungen schlecht/sehr schlecht, bei einem positiven Wert die Nennungen gut und sehr gut.

Abb. 65 – Befragungsteilnehmer

Unternehmen nach Umsatz n=324



Anhang B – Abkürzungen

B.1. Einheiten und Fachbegriffe

AAU	Assigned Amount Units (Internationale Emissionszertifikate)
BAU	Business as usual
BHKW	Blockheizkraftwerke
BIP	Bruttoinlandsprodukt
CCS	Carbon-Capture & Storage (Kohlenstoffabscheidung und -speicherung)
CCX	Chicago Climate Exchange
CDM	Clean Development Mechanism (Projektfinanzierung in Schwellenländern)
CER	Certified Emissions Reduction (Emissionshandelseinheit)
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₂ eq	Kohlendioxid-äquivalente Emissionen (alle Treibhausgase nach GWP gewichtet)
ERU	Emission Reduction Unit (Emissionshandelseinheit)
EU-ETS	EU-Emission Trading System
GDP	Gross Domestic Product (BIP)
GGAS	NSW Greenhouse Gas Reduction Scheme (Australien)
Gt	Gigatonnen
GWh	Gigawattstunden (1GWh = 1.000 MWh)
GWP	Global Warming Potential (Treibhauswirksamkeit)
IET	International Emissions Trading (Emissionshandel)
isotrop	in alle Richtungen gleich verteilt
JI	Joint Implementation (gemeinsame Emissionsprojekte)
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
Mt	Megatonnen (1 Million Tonnen)
MWh	Megawattstunden (Stromverbrauch)
N ₂ O	Distickstoffstoffoxid („Lachgas“)
nm	Nanometer (Wellenlänge des Lichts)
PFC	Perfluorierte Kohlenwasserstoffe
ppb	parts per billion (1 Teil pro 1 Milliarde Teile)
ppm	parts per million (1 Teil pro 1 Million Teile)
PPP	Purchasing Power Parity (Einheit zur Vergleichbarkeit globaler Wirtschaftsleistung)
ppt	parts per trillion (1 Teil pro 1 Billion Teile)
Pj	Petajoule
RGGI	Regional Greenhouse Gas Initiative (US Nordosten)
TWh	Terawattstunden (1TWh = 1.000 GWh)

B.2. Institutionen und Quellenverzeichnis

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen
AGEE-Stat	Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BSR	BSR Sustainability GmbH, seit 1.7.2009 IREES
CAIT	Climate Analysis Indicator Tool (WRI)
CDIAC	Carbon Dioxide Information Analysis Center
Difu	Deutsches Institut für Urbanstatistik
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
ECF	European Climate Foundation
ECX	European Climate Exchange
EIU	Economist Intelligence Unit
EREC	European Renewable Energy Council
FhG-ISI	Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung
HNP	Health, Nutrition & Population Statistics (World Bank)
ICCT	International Council for Clean Transportation
IEA	International Energy Agency
IMF	International Monetary Fund (Internationaler Währungsfond, IWF)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Weltklimarat)
IREES	Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
PIK	Potsdam Institute for Climate Impact Research
UBA	Umweltbundesamt
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
WEO	World Energy Outlook (IEA)
WRI	World Resources Institute

Ansprechpartner

Ihre Deloitte Marktpartner

Robert Feldmann, Cleantech & Renewable Energies
rfeldmann@deloitte.de

Joachim Ganse, Corporate Responsibility & Sustainability
jganse@deloitte.de

Hans-Günter Wolf, Consulting Energy & Resources
hgwolf@deloitte.de

Autoren

Dr. Marco Wisniewski, Climate & Energy
mwisniewski@deloitte.de

Jörg Sokoll, Consulting Energy & Resources
jsokoll@deloitte.de

Gerd Krause, Real Estate & Sustainability
gkrause@deloitte.de

Robert Feldman, Cleantech & Renewable Energies
rfeldmann@deloitte.de

Gesamtredaktion

Dr. Elisabeth Denison, Deloitte Research
edenison@deloitte.de

Unsere Standorte

10719 Berlin

Kurfürstendamm 23
Tel: +49 (0)30 25468 01

01097 Dresden

Theresienstraße 29
Tel: +49 (0)351 81101 0

40476 Düsseldorf

Schwannstraße 6
Tel: +49 (0)211 8772 01

99084 Erfurt

Anger 81
Tel: +49 (0)361 65496 0

60486 Frankfurt am Main

Franklinstraße 50
Tel: +49 (0)69 75695 01
Consulting:
Franklinstraße 46–48
Tel: +49 (0)69 97137 0

85354 Freising

Weihenstephaner Berg 4
Tel: +49 (0)8161 51 0

06108 Halle (Saale)

Bornknechtstraße 5
Tel: +49 (0)345 2199 6

20355 Hamburg

Hanse-Forum
Axel-Springer-Platz 3
Tel: +49 (0)40 32080 0

30159 Hannover

Georgstraße 52
Tel: +49 (0)511 3023 0
Consulting:
Theaterstraße 15
Tel: +49 (0)511 93636 0

50672 Köln

Magnusstraße 11
Tel: +49 (0)221 97324 0

04317 Leipzig

Seemannstraße 8
Tel: +49 (0)341 992 7000

39104 Magdeburg

Hasselbachplatz 3
Tel: +49 (0)391 56873 0

68165 Mannheim

Reichskanzler-Müller-Straße 25
Tel: +49 (0)621 15901 0

81669 München

Rosenheimer Platz 4
Tel: +49 (0)89 29036 0

90482 Nürnberg

Business Tower
Ostendstraße 100
Tel: +49 (0)911 23074 0

70597 Stuttgart

Löffelstraße 42
Tel: +49 (0)711 16554 01

69190 Walldorf

Altrottstraße 31
Tel: +49 (0)6227 7332 60

Diese Mandanteninformation enthält ausschließlich allgemeine Informationen, die nicht geeignet sind, den besonderen Umständen eines Einzelfalles gerecht zu werden. Sie hat nicht den Sinn, Grundlage für wirtschaftliche oder sonstige Entscheidungen jedweder Art zu sein. Sie stellt keine Beratung, Auskunft oder ein rechtsverbindliches Angebot dar und ist auch nicht geeignet, eine persönliche Beratung zu ersetzen. Sollte jemand Entscheidungen jedweder Art auf Inhalte dieser Broschüre oder Teile davon stützen, handelt dieser ausschließlich auf eigenes Risiko. Deloitte & Touche GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft übernimmt keinerlei Garantie oder Gewährleistung noch haftet sie in irgendeiner anderen Weise für den Inhalt dieser Mandanteninformation. Aus diesem Grunde empfehlen wir stets, eine persönliche Beratung einzuholen.

Über Deloitte

Deloitte erbringt Dienstleistungen aus den Bereichen Wirtschaftsprüfung, Steuerberatung, Consulting und Corporate Finance für Unternehmen und Institutionen aus allen Wirtschaftszweigen. Mit einem Netzwerk von Mitgliedsgesellschaften in mehr als 140 Ländern verbindet Deloitte erstklassige Leistungen mit umfassender regionaler Marktkenntnis und verhilft so Kunden in aller Welt zum Erfolg. „To be the Standard of Excellence“ – für rund 169.000 Mitarbeiter von Deloitte ist dies gemeinsame Vision und individueller Anspruch zugleich. Die Mitarbeiter von Deloitte haben sich einer Unternehmenskultur verpflichtet, die auf vier Grundwerten basiert: erstklassige Leistung, gegenseitige Unterstützung, absolute Integrität und kreatives Zusammenwirken. Sie arbeiten in einem Umfeld, das herausfordernde Aufgaben und umfassende Entwicklungsmöglichkeiten bietet und in dem jeder Mitarbeiter aktiv und verantwortungsvoll dazu beiträgt, dem Vertrauen von Kunden und Öffentlichkeit gerecht zu werden.

Deloitte bezieht sich auf Deloitte Touche Tohmatsu, einen Verein schweizerischen Rechts, und/oder sein Netzwerk von Mitgliedsunternehmen. Jedes dieser Mitgliedsunternehmen ist rechtlich selbstständig und unabhängig. Eine detaillierte Beschreibung der rechtlichen Struktur von Deloitte Touche Tohmatsu und seiner Mitgliedsunternehmen finden Sie auf www.deloitte.com/de/UeberUns.