



**Abteilung  
Gesellschaftspolitische  
Information**

**Anforderungen an ein  
nachhaltiges Energiesystem  
für Deutschland**

**Studie im Auftrag der  
Friedrich-Ebert-Stiftung**

**FRIEDRICH  
EBERT   
STIFTUNG**



## **Impressum**

### **Herausgeber:**

Friedrich-Ebert-Stiftung  
Abteilung Gesellschaftspolitische Information  
53170 Bonn

### **Autoren:**

Dr.-Ing. Kurt Berlo (Redaktion)  
Dipl.-Phys. Stefan Thomas (Koordination)  
Dr. Claus Barthel  
Dipl.-Umweltwiss. Bernd Brouns  
Dr. Manfred Fishedick  
Prof. Dr. Peter Hennicke  
Dr. Kora Kristof  
Dipl.-Geogr. Stefan Lechtenböhmer  
Dipl.-Phys. Frank Merten  
Dr. Karl Otto Schallaböck  
Dipl.-Soz.Wiss. Oliver Wagner  
*Mit Unterstützung von:*  
Marcus Voigt  
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH  
im Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen  
Forschungsgruppe Energie-, Verkehrs- und Klimapolitik  
Döppersberg 19  
42103 Wuppertal

Wuppertal im Dezember 2003

### **Redaktion für die Friedrich-Ebert-Stiftung:**

Jochen Reeh



## **Vorwort**

Mit der Umsteuerung der Energiepolitik durch die rot-grüne Bundesregierung hat dieses Thema in der öffentlichen Diskussion deutlich an Relevanz gewonnen. Auch in der politischen Bildung nimmt der Bereich der Energiepolitik einen größeren Raum ein. Gerade im Umfeld der Lokalen Agenda 21 werden Zukunftskonzeptionen und Umsetzungsstrategien vor Ort erarbeitet. Eine Aufgabe der politischen Bildung in diesem Bereich ist es, die Öffentlichkeit diskussionsfähig zu machen und inhaltliche Handreichungen zu bieten.

Es ist unbestreitbar, dass es angesichts knapper werdender Ressourcen, einem verstärkt zu beobachtenden Klimawandel und einer wachsenden Weltbevölkerung, die einen immer stärkeren Zugriff auf die Energienutzung nimmt, weiterer Maßnahmen bedarf, um ein nachhaltiges, effizientes Energiesystem zu schaffen, das den Anforderungen einer modernen Volkswirtschaft gerecht wird.

Dabei gibt es eine Vielzahl abzustimmender Interessen und Positionen. Ziel sollte es sein, dass für alle beteiligten Akteure eine sogenannte win-win-Situation entsteht. Sei es durch eine Verbesserung der Umweltbedingungen, der Schaffung neuer Arbeitsplätze in innovativen Branchen, der Stärkung der ökonomischen Rahmenbedingungen durch Investitionen in Zukunftsbereichen oder einfach durch eine Verbesserung der Lebensqualität.

Mit der vorliegenden Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie GmbH im Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen, die im Auftrag der Friedrich-Ebert-Stiftung erstellt wurde, möchten wir ein Diskussionsangebot für die politische Richtungsbestimmung der nächsten Jahre und Jahrzehnte machen. Uns ist bewusst, dass einige der von den beteiligten Wissenschaftlern vorgetragenen Forderungen und Positionen heftig umstritten sind und in der öffentlichen Meinung auf ein geteiltes Echo stoßen werden.

Dennoch denken wir, dass es wichtig ist, verschiedenste Sichtweisen in die Debatte einzubringen um eine produktive Diskussion zu ermöglichen und durch eine fruchtbare Kontroverse die Strategien und Maßnahmen einer zukunftsorientiert ausgerichteten Energiepolitik ableiten zu können.

In der konkreten Umsetzung wird es darum gehen einen Ausgleich zwischen ökonomischen und ökologischen Erfordernissen zu finden und gleichzeitig den sozialen Ausgleich zu beachten. Dies kennzeichnet die Nachhaltigkeit einer innovativen Politik und nur so kann eine gesellschaftliche Akzeptanz hergestellt werden.

Frank D. Karl

Leiter der Abteilung Gesellschaftspolitische Information

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Ziele und Potenziale für ein nachhaltiges Energiesystem in Deutschland.....</b>	<b>1</b>
1.1	Einleitung .....	1
1.1.1	Wandel der Energieversorgung – ein Klimaschutzmotiviertes Energiesystem der Zukunft.....	1
1.1.2	Weltweite Aspekte ungleicher Entwicklung .....	4
1.2	Klimawandel und Klimapolitik .....	6
1.3	Potentiale, Innovation, Arbeitsplätze, Wertschöpfung .....	8
1.3.1	Energieeffizienz .....	8
1.3.2	Effiziente Energieverwendung.....	9
1.3.3	Neue Effizienztechniken.....	11
1.3.4	Effiziente Energieerzeugung und neue Energieangebotstechniken .....	17
1.3.5	Erneuerbare Energien .....	20
1.3.6	Energiedienstleistungen .....	25
1.3.7	Clean Coal .....	26
1.3.8	Speicherung von Kohlendioxid .....	27
<b>2</b>	<b>Maßnahmen für den Auf- und Ausbau eines nachhaltigen Energiesystems .....</b>	<b>32</b>
2.1	Energiewirtschaftliche Maßnahmen.....	32
2.1.1	Leitlinien, Zielgrößen und Lösungsansätze .....	32
2.1.2	Gebäude .....	43
2.1.3	Geräte und Anlagen .....	46
2.1.4	Verkehr .....	49
2.1.5	Wirtschaft .....	52
2.2	Ressourceneffizienz.....	58
<b>3</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>63</b>

## Tabellen

Tabelle 1:	Übersicht über KWK Anlagen .....	19
Tabelle 2:	Zielsetzungen nachhaltiger Energieentwicklung .....	33
Tabelle 3:	Auftragseingang (Inland) für KWK-Anlagen vor und nach In-Kraft-Treten des KWKModG April 2002, gestaffelt nach den geförderten Leistungsbereichen .....	38
Tabelle 4:	Wichtige Komponenten dezentraler Energiesysteme .....	39

## Abbildungen

Abbildung 1:	Altersbedingte Stilllegungen und Kernenergieausstieg in Deutschland: Entwicklung der Kraftwerkskapazitäten in der allgemeinen Versorgung (Ziesing 2003) .....	4
Abbildung 2:	Volkswirtschaftliche Schäden bei großen Naturkatastrophen seit 1990 .....	7
Abbildung 3:	Beiträge der einzelnen energiepolitischen Handlungsbereiche zur CO <sub>2</sub> - Minderung im Nachhaltigkeitsszenario NH2 (in Relation zum Referenzszenario) .....	11
Abbildung 4:	Zeitliche Entwicklung der Lichtausbeuten verschiedener Lampentypen (Quelle: Haitz et al. 1999) .....	13
Abbildung 5:	Dynamische Entwicklung der Nutzungspotenziale erneuerbarer Energien in Deutschland .....	22
Abbildung 6:	Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im UBA- Nachhaltigkeitsszenario in Deutschland .....	23
Abbildung 7:	Wärmebereitstellung (Raumheizung, Warmwasser, Prozesswärme) im Szenario Nachhaltigkeit durch Fern- und Nahwärme aus fossiler und biogener Kraft-Wärme-Kopplung einschließlich Spitzenkessel (KWK) sowie aus Kollektor- und Geothermiewärme (unterer Teil der Grafik) und verbleibende Deckung durch konventionelle Versorgung (oberer Teil) .....	23
Abbildung 8:	Reduktionserfordernisse gg. Trend zur Stabilisierung der CO <sub>2</sub> -Emissionen in den USA (DOE 2003) .....	28
Abbildung 9:	Kosten der CO <sub>2</sub> -Entsorgung im Vergleich zu anderen Klimaschutzoptionen (Kostenabschätzungen der regenerativen Optionen nach .....	30
Abbildung 10:	Anteil der Materialkosten an den Produktionskosten in der Industrie .....	59
Abbildung 11:	Entwicklung der Produktivität von Energie, Material und Arbeit in den alten Bundesländern .....	60



# 1 Ziele und Potenziale für ein nachhaltiges Energiesystem in Deutschland

## 1.1 Einleitung

### 1.1.1 Wandel der Energieversorgung – ein Klimaschutzmotiviertes Energiesystem der Zukunft

Traditionelle Ziele der Energieversorgung beinhalten eine sichere Bereitstellung von Energie (um Wirtschaftswachstum zu ermöglichen) sowie eine preiswerte Bereitstellung von Energie (unter anderem aus sozialen Gründen). In Verbindung mit einer rationellen Verwendung von Energie dienen beide Ziele dem Zweck, Energiedienstleistungen (EDL) zu kostengünstigen Bedingungen bereitzustellen. Zusätzlich steht die Energiepolitik weltweit vor einer Verzweigungssituation. Szenarien, die eine Trend-Politik in die Zukunft verlängern („Business as Usual“/BAU), zeigen übereinstimmend, dass sich zukünftig mit hoher Wahrscheinlichkeit drei grundlegende Risiken eines ungebremst wachsenden Energieverbrauchs verstärken werden: globale Klimaveränderungen, geostrategische Konflikte um knapper werdendes Öl und Erdgas sowie zunehmende Risiken in Verbindung mit der weltweiten Nutzung der Kernenergie. Einen anderen Weg zeigen dagegen Szenarien und Strategien, die sich an den Leitzielen einer nachhaltigen Entwicklung orientieren und eine Energiewende in Richtung auf eine Effizienz- und Solarenergiewirtschaft begründen. Angesichts des genannten Risikopotentials ist es erforderlich, auf nationaler und internationaler Ebene eine Energiewende einzuleiten und Innovationen, Wachstum und Beschäftigung mit einer Energiepolitik des Klima- und Ressourcenschutzes zu verbinden. Mit dieser Studie wollen wir zeigen, dass dies auch möglich ist.

Auf der Basis der vorliegenden zahlreichen Projektionen des **globalen Energiesystems** bis zum Ende des Jahrhunderts lassen sich einige quantifizierte Eckpunkte für die Entwicklung eines nachhaltigen Energiesystems herauskristallisieren (Enquete-Kommission 2002):

- Als zentraler Eckpunkt für eine nachhaltige Entwicklung im Energiebereich kann die Klimapolitik mit ihrer Forderung nach einer Stabilisierung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre auf einem verträglichen Niveau von rd. 450 bis 460 ppm gelten.
- Um diese Forderung zu erfüllen, ist eine massive Verbesserung der Energieeffizienz unabdingbar. Der spezifische Energieeinsatz pro Einheit Bruttoinlandsprodukt kann bis zum Ende des Jahrhunderts auf ein Fünftel des heutigen Niveaus gesenkt werden (Jochim 2003). Dies entspricht einer Steigerung der Energieproduktivität um etwa 2,5% pro Jahr anstatt derzeit im weltweiten Durchschnitt rd. 1% pro Jahr.
- Dazu kommt der forcierte Ausbau der regenerativen Energien, der in allen verfügbaren Weltprojektionen erwartet wird, deren Anteile sich bis 2050 mindestens verdoppeln und langfristig in eine weitgehend auf erneuerbaren Energien aufbauende Energiewirtschaft einmünden muss.
- Die Energieträgersubstitution innerhalb der fossilen Energieträger von Kohle zu Erdgas wird unter Klimagesichtspunkten und auch wegen der Wirtschaftlichkeit mittelfristig eine Rolle spielen, bleibt jedoch auf Dauer in ihrer Wirkung begrenzt. Die Verringerung

rung der Kohlenstoffintensität des Bruttoinlandsprodukts wird vor allem durch Energieeffizienz und einen steigenden Anteil erneuerbarer Energien zu erreichen sein.

- Die Kernenergie spielt in den meisten Projektionen einer nachhaltigen Energieentwicklung eine nachrangige oder auslaufende Rolle. In Hinblick auf die potentiell unermesslichen Schäden von Atomunfällen und die ungeklärte Lagerung großer Mengen von Atommüll sowie mögliche Proliferationsrisiken (waffentechnischer Missbrauch und Terrorismusgefahr) ist die Kernenergie mit einem nachhaltigen Energiesystem nicht vereinbar.
- Vorreiter dieser Entwicklungen müssen die Industrieländer sein, die wegen ihrer sehr hohen Pro-Kopf-Emissionen ambitionierte absolute CO<sub>2</sub>-Reduktionsziele anstreben müssen, während den Entwicklungsländer bis etwa 2020/2030 ein weiterer, aber so weit wie möglich begrenzter Anstieg ihrer Emissionen eingeräumt werden muss. Bis zum Jahr 2050 sollten die Industrieländer ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen um rd. 80% gegenüber 1990 reduzieren und die Entwicklungsländer etwa wieder den Stand des Jahres 1990 erreicht haben.
- Auch, wenn der Übergang in ein nachhaltiges Energiesystem eine Aufgabe für Jahrzehnte ist, müssen heute wichtige Richtungsentscheidungen getroffen werden. Alle möglichen Energiepfade erfordern umfangreiche Infrastruktur-Investitionen und die Förderung von Forschung und Entwicklung (FuE), die ihrerseits über Jahrzehnte Entwicklungen und Strukturen vorherbestimmen.

Vor diesem weltpolitischen Hintergrund ergeben sich für **Deutschland und die EU klare Eckdaten für eine langfristig nachhaltige Energiepolitik:**

- Die bestehenden **Ziele der Klimapolitik** - eine Emissionsminderung um 21% bis 2008/12 sowie 40% bis 2020 (sofern die EU sich auf 30% Minderung bis 2020 einigt) - sind wesentliche Leitplanken einer nachhaltigen Energiepolitik. Daraus folgt unter anderem, dass eine grundlegende Rahmenbedingung für die anstehenden Investitionsentscheidungen im Kraftwerkssektor die langfristig angestrebten Klimaschutzpolitischen Ziele und die zu deren Realisierung vorgesehenen politischen Maßnahmen sind. Davon hängt insbesondere die künftige Rolle der Stein- und Braunkohlenkraftwerke ab. (Ziesing 2003)
- Der **Ausstieg aus der Kernenergie** ist vor dem Hintergrund der unvermeidbaren Risiken eine Voraussetzung für ein nachhaltiges Energiesystem. Ein Weiterbetrieb der Kernkraftwerke wäre zudem ein Hemmnis für den Strukturwandel hin zu zukunftsfähigen und Export orientierten Technologien.
- Die Schlüsselstrategie ist auch im nationalen Maßstab die **forcierte Steigerung der volkswirtschaftlichen Energieeffizienz**, um 3% pro Jahr anstatt um derzeit rd. 1,5% pro Jahr. Damit würde Deutschland sich in wichtigen Effizienztechnologien und auch hinsichtlich der geringen Energiekostenbelastung eine Vorreiterposition sichern bzw. erhalten und weltweit eine der effizientesten und innovativsten Volkswirtschaften werden. Hierzu gehören sowohl die effiziente Energieverwendung in Gebäuden, Geräten, Anlagen und Fahrzeugen als auch die effiziente Energieerzeugung in Kraft-Wärme/Kälte-Kopplung, in Zukunft insbesondere mit Brennstoffzellen.

- Ergänzt werden muss die Innovations- und Effizienzstrategie durch den weiterhin konsequenten Ausbau der **erneuerbaren Energienutzung** in Deutschland. Bis zum Jahr 2050 kann mindestens die Hälfte der Bereitstellung von Energiedienstleistungen aus erneuerbaren Energien erfolgen.
- Als weiteres Strategieelement kommt **die effiziente Nutzung des Erdgases**, vor allem auch in hocheffizienter Kraft-Wärme/Kälte-Kopplung, als Brücke zur Solarenergiewirtschaft hinzu.
- Im bedeutenden Bereich der Stromerzeugung muss der altersbedingte Rückgang an Kraftwerksleistung gezielt ersetzt bzw. durch Effizienzmaßnahmen kompensiert werden:<sup>1</sup>
  - Durch eine Verbesserung der Energieeffizienz im Anwendungsbereich können über die kommenden beiden Jahrzehnte bis zu 40.000 MW Kraftwerksleistung durch „Negawatts“ ersetzt werden. Es verbleiben dennoch etwa weitere 40.000 MW Ersatzbedarf an Kraftwerksleistung (UBA 2003).
  - Die Kraftwerksleistung regenerativer Erzeugungsanlagen muss weiterhin stetig ausgebaut werden.
  - Kraftwerksneubauten auf fossiler Basis können schwerpunktmäßig in dezentralen verbrauchernahen Blockheizkraftwerken, Brennstoffzellen und Mikroturbinen entstehen. Über eine intelligente Vernetzung dieser dezentralen Energiequellen miteinander und mit nachfrageseitigen Technologien entstehen innovative „virtuelle Kraftwerke“. Größere Blöcke werden als schnell regelbare Erdgas-GuD-Kraftwerke entstehen, wobei ein großer Teil dieser Anlagen in Kraft-Wärme-Kopplung gebaut werden sollte, so dass die Abwärme sinnvoll für industrielle Prozesswärme und/oder für Nah- und Fernwärmesysteme im Siedlungsbereich genutzt werden kann.
  - Kraftwerksneubauten auf Kohlebasis müssen sich auf besonders effiziente und exportfähige Technologien („Clean Coal“) stützen und ebenfalls weitestgehend in Kraft-Wärme Kopplung errichtet werden.

Insgesamt stehen das weltweite wie das deutsche Energiesystem vor grundsätzlichen Strukturänderungen. Dabei steht die deutsche Stromwirtschaft in den nächsten drei Dekaden vor der Notwendigkeit, ein Investitionsprogramm von 50 bis 60 Mrd. Euro umzusetzen (Ziesing 2003). Letztlich ist die erforderliche Investitionssumme davon abhängig, in welchem Ausmaß die vorhandenen Stromeinsparpotenziale ausgeschöpft werden können.

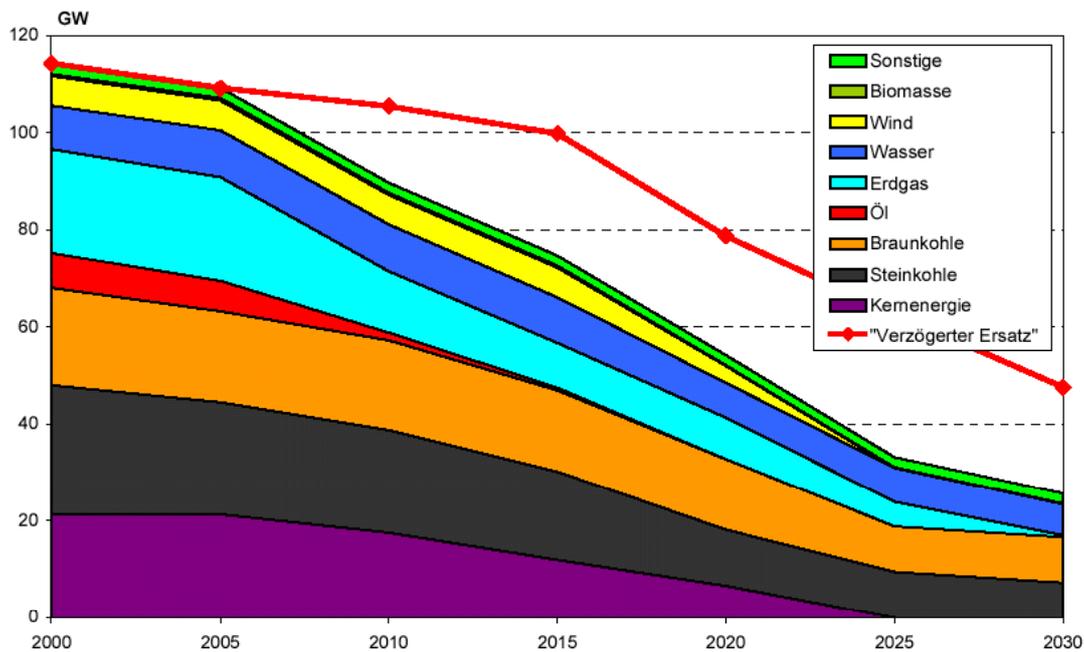
Die für eine nachhaltige Entwicklung des Energiesystems notwendigen **Richtungsentscheidungen müssen jetzt getroffen werden**, um die noch verbleibende Zeit und die sich derzeit öffnenden Handlungsoptionen entschieden und strategisch nutzen zu kön-

---

<sup>1</sup> In Deutschland werden in Folge des Gesetzes zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität, das am 24.04.2002 in Kraft getreten ist, bis zum Jahr 2025 Kernkraftwerke mit einer Gesamtleistung von etwa 22.000 MW stillgelegt. Zusätzlich sind altersbedingte Stilllegungen von Kraftwerken zu erwarten, die überwiegend mit den fossilen Energieträgern Kohle, Erdgas und Öl befeuert werden. Vgl. UBA 2003 und Abbildung 1.

nen. Daraus ergeben sich **große Chancen auch für die wirtschaftliche Entwicklung**, für die Schaffung von Arbeitsplätzen und die Herausbildung eines langfristig krisensicheren, innovativen und kostengünstigen Energiesystems. Dabei kann sich **Deutschland als innovatives Energieland** positionieren, das die entsprechenden Technologien und Systeme frühzeitig entwickelt, einsetzt und später in andere Länder exportiert. Die Szenarien der Energie-Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages haben gezeigt, dass der Weg zu einem Risiko minimierenden nachhaltigen Energiesystem volkswirtschaftlich tragbar ist, die volkswirtschaftlichen Energiesystemkosten stabil hält und eine Dynamik in Richtung ökologischer Modernisierung der Volkswirtschaft auslöst (Enquete-Kommission 2002).

Abbildung 1: Altersbedingte Stilllegungen und Kernenergieausstieg in Deutschland: Entwicklung der Kraftwerkskapazitäten in der allgemeinen Versorgung (Ziesing 2003)



### 1.1.2 Weltweite Aspekte ungleicher Entwicklung

Ganz egal, welche Weltregion wir betrachten: Angesichts der globalen Klimaproblematik sind die heutigen Strukturen der Energieversorgung nicht zukunftsfähig. Um die drohende Klimaveränderung mit ihren verheerenden Folgen abwenden zu können, ist ein grundlegender ökologischer Strukturwandel und Paradigmenwechsel auch bei der Weltenergieversorgung erforderlich. Nur so können die westlichen Industrienationen bis zum Jahr 2050 ihren CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 80 Prozent reduzieren.

Der weltweite Energieverbrauch beruht weitgehend auf den fossilen Energieträgern Öl, Kohle und Gas. Deutschland ist zu rund 60% von Energieimporten abhängig, der Verkehrsbereich sogar zu 98% von importiertem Mineralöl. Die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen sind für mehr als 70% des vom Menschen verursachten Treibhauseffekts

verantwortlich. Rund 75% des weltweiten Energieverbrauchs entfallen auf die Industrieländer, während ihr Anteil an der Weltbevölkerung nur bei 25% liegt.<sup>2</sup>

Weltweit betrachtet zeigt die derzeitige Energieversorgung folgende Nachhaltigkeitsdefizite:

1. Globale Klimaerwärmung
2. Verknappung und Verteuerung von Erdöl und Erdgas
3. Nukleare Gefährdung durch Atomkraft
4. Starkes Gefälle des Energieverbrauchs zwischen Industrie- und Entwicklungsländern

Die Kluft zwischen den reichen Ländern des Nordens und den armen Ländern des Südens droht von Jahr zu Jahr größer zu werden. Um eine größere Verteilungsgerechtigkeit beim Wohlstand herbeizuführen, steht die Menschheit vor einer großen Herausforderung. Denn zur Zeit leben 1,2 Mrd. Menschen von weniger als einem Dollar pro Tag, während 15 Prozent der Weltbevölkerung 56 Prozent der Konsumausgaben tätigen. 70 Prozent der Menschen, die in Armut leben, sind Frauen. Sie haben keinen Zugang zu bezahlbarer kommerzieller Energie. 1,5 bis zwei Milliarden Bewohner der Erde leben noch ohne elektrischen Strom, etwa zwei Milliarden bereiten ihr Essen auf völlig ineffizienten und gesundheitsschädlichen offenen Feuerstellen zu. Zur Zeit ist der Pro-Kopf-Energieverbrauch eines Nordamerikaners um den Faktor 12 höher als der eines Afrikaners. Die Menschheit braucht ein zukunftsfähiges Weltenergiesystem und muss die aufgezeigten Nachhaltigkeitsdefizite schrittweise beseitigen. Um die Energieversorgung der Menschheit in Zukunft in einem klimaverträglichen Rahmen sicherstellen zu können, benötigen wir eine weltweite Effizienzrevolution. Das heißt weniger Energieverbrauch bei wachsendem Wohlstand, wobei die vielfältigen Energieeinsparpotentiale mobilisiert werden müssen. Vielfach ist eine Reduktion um den Faktor 4 möglich. Ergänzt werden muss diese Strategie durch die effiziente Stromerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung und durch den Ausbau der regenerativen Energien wie Wasser, Wind, Sonne und Biomasse sowie den Ausstieg aus der Kernenergie (Lovins, Hennicke 2000).

Dabei ist eine solche „Faktor-Vier-Strategie“, die sich global umsetzen lässt, technisch möglich, ökologisch vertretbar und ökonomisch attraktiv. (Lovins, Hennicke 2000).

Die armen Länder des Südens werden zur notwendigen Verbesserung ihrer Lebensverhältnisse künftig verstärkt ihren Energieverbrauch steigern. Hinzu kommt, dass aufgrund des rapiden Bevölkerungswachstums im Jahr 2050 voraussichtlich neun Milliarden Menschen auf der Erde leben werden. Dies wird die globale Energieverbrauchssituation zusätzlich verschärfen, wenn es nicht gelingt, im Rahmen einer weltweiten Effizienz- und Solarenergiewirtschaft den Wohlstand zu steigern und das Bevölkerungswachstum zu verzögern oder zu stoppen. (Lovins/v. Weizsäcker 1997)

Vor dem Hintergrund der skizzierten globalen Situation stellt ein nachhaltiges Weltenergiesystem unterschiedliche Herausforderungen an Industrie- und Entwicklungsländer.

---

<sup>2</sup> Bundesregierung Deutschland: Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung

Die Industrieländer stehen in den nächsten Jahrzehnten vor der Aufgabe,

- ihren Primärenergieverbrauch absolut vom Wirtschaftswachstum (BIP) zu entkoppeln;
- ein nur noch moderates Wachstum von Energiedienstleistungen herbeizuführen;
- ein neues Wohlstandsverständnis: "Gut leben statt viel haben" und Effizienz mit nachhaltigen Lebensstilen zu verbinden.

Für die Entwicklungsländer gilt hingegen, dass

- nur eine relative Entkoppelung vom BIP stattfinden muss, dabei können die Zuwachsraten des Energiebedarfs durch forcierte Effizienzsteigerung gesenkt werden;
- ein beschleunigtes Wachstum von Energiedienstleistungen zur Verbesserung des Lebensstandards notwendig ist.

Die drei Säulen einer nachhaltigen Energieversorgung in Deutschland sind auch die Basis für ein nachhaltiges Weltenergiesystem, wenn auch je nach Weltregion in unterschiedliche Ausprägung: konsequente Umsetzung der rationellen Energienutzung (REN); Ausbau der dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und forcierter Ausbau der regenerativen Energien (REG).

## 1.2 Klimawandel und Klimapolitik

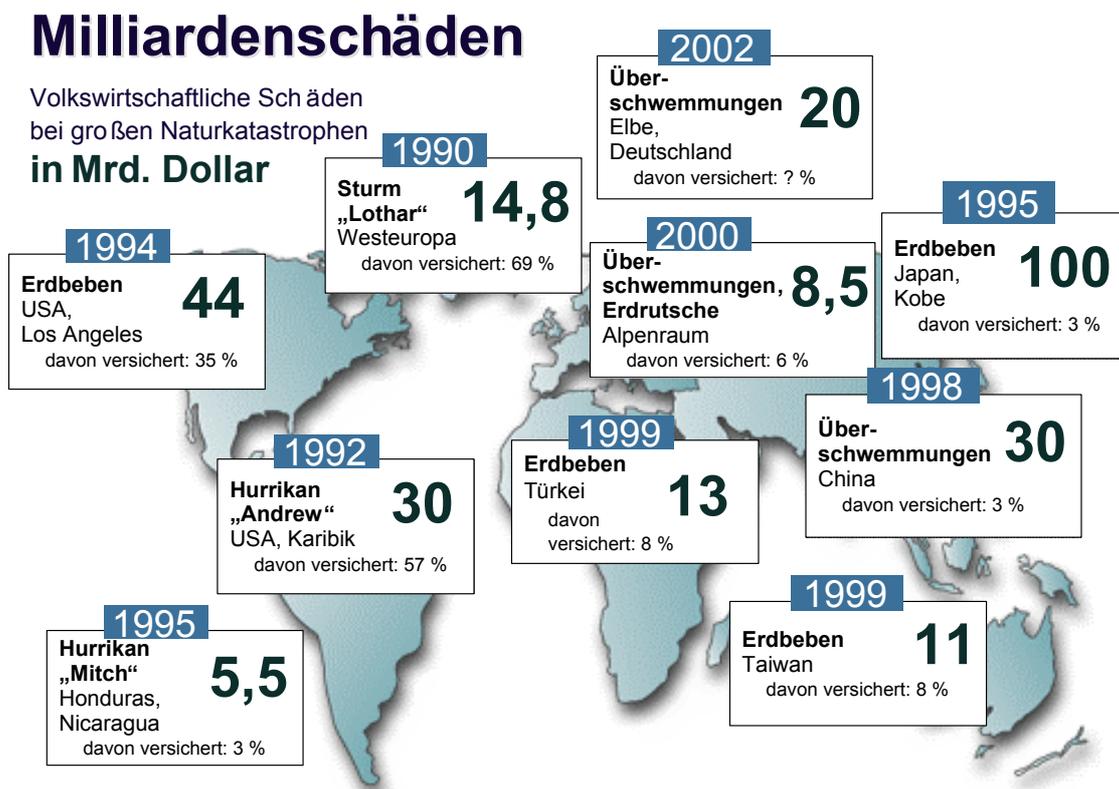
Der wissenschaftliche Kenntnisstand zum vom Menschen verursachten Treibhauseffekt hat sich in den letzten Jahren weiter gefestigt. So stellte der Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in seinem dritten Sachstandsbericht fest, dass wahrscheinlich bereits der größte Teil der in den letzten Jahrzehnten beobachteten Erwärmung auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen sei (IPCC 2001). Die globale Durchschnittstemperatur hat sich im 20. Jahrhundert um 0,6° C erhöht und die Erwärmung beschleunigt sich in den letzten Jahrzehnten zunehmend. So waren die 1990er Jahre das wärmste Jahrzehnt und die Jahre 1998 und 2001 die wärmsten Jahre seit Beginn der instrumentellen Temperaturmessung (WMO 2003). Für dieses Jahrhundert prognostiziert der IPCC einen weiteren Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur um 1,4 bis 5,8° C und korrigierte damit vorhergehende Prognosen weiter nach oben (IPCC 1996, IPCC 2001). In den meisten Teilen der Erde wird der damit einhergehende Klimawandel schwerwiegende Folgen auf die Lebensbedingungen der Menschen haben. Insbesondere ärmere Bevölkerungsschichten und viele Entwicklungsländer werden unter ihm zu leiden haben, da diese sich aufgrund mangelnder finanzieller und technischer Möglichkeiten kaum gegen die Naturgewalten schützen bzw. an sie anpassen können. Auch Europa und Deutschland werden mit großer Wahrscheinlichkeit wachsenden Risiken und erheblichen volkswirtschaftlichen Schäden von Wetteranomalien ausgesetzt werden.

Angesichts der verheerenden Folgen eines fortschreitenden Klimawandels wurde auf dem Weltgipfel für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio als zentrales Ziel der dort verabschiedeten Klimarahmenkonvention festgehalten, dass die atmosphärische Treibhausgaskonzentration auf einem Niveau stabilisiert werden müsse, das eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindere. Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung

Globale Umweltveränderung empfiehlt daran anschließend eine maximal tolerierbare Erwärmung von durchschnittlich 2° C gegenüber vorindustriellen Werten (WGBU 2003), und auch der Europäische Umweltministerrat hat im letzten Jahr diese Zielsetzung für die EU nochmals bekräftigt (EU 2002).

Einerseits bleibt festzuhalten, dass auch dieses Ziel nicht vor negativen Auswirkungen des Klimawandels schützt und somit nur als Minimalanforderung gelten kann. Auch bei einer Begrenzung der Erwärmung auf 2° C wird beispielsweise ein weiterer Anstieg des Meeresspiegels um 0,25 bis 1 m prognostiziert und viele Ökosysteme werden in ihrem Bestand gefährdet sein (IPCC 2001). Entscheidend ist zudem die Rate der Temperaturänderung. Schon bei einem Anstieg von mehr als 0,2° C pro Jahrzehnt ist mit derart hohen Klimafolgekosten für viele Regionen zu rechnen, dass die Anpassungsfähigkeit einzelner Volkswirtschaften überschritten würde (WGBU 2003). Nicht zuletzt aus diesem Grund muss das 2° C-Ziel um die Nebenbedingung einer maximale Rate der Temperaturänderung von 0,2° C pro Dekade ergänzt werden.

Abbildung 2: Volkswirtschaftliche Schäden bei großen Naturkatastrophen seit 1990



Quelle: Münchener Rück

Folgt man den aktuellen Szenarien des IPCC, müssen zur Einhaltung dieser Grenzen die globalen Treibhausgasemissionen bereits bis Mitte dieses Jahrhunderts weit unter das bestehende Niveau gesenkt werden. Da für viele Entwicklungsländer zur Erfüllung elementarer Entwicklungsbedürfnisse ein begrenzter Emissionszuwachs unabdingbar ist, muss der Großteil der Emissionseinsparungen auf Seiten der Industrieländer erbracht werden. Damit würde auch dem in der Klimarahmenkonvention verankerten Prinzip der

„gemeinsamen aber unterschiedlichen Verantwortlichkeiten“ nachgekommen, das den Industrieländern aufgrund ihres historisch und gegenwärtig hohen Emissionsaufkommens eine Vorreiterrolle im Klimaschutz zuweist. Langfristig bedeutet dies, dass der industrialisierte Norden und damit auch Deutschland bis 2050 seine Emissionen um 80% gegenüber dem Niveau von 1990 reduzieren muss (Enquete-Kommission 2002; WBGU 2003). Um einen solchen Emissionspfad zu beschreiten, ist mittelfristig eine Reduzierung der Emissionen um 40% bereits bis zum Jahre 2020 notwendig (Enquete-Kommission 2002). Nur dadurch kann der gegenwärtig ansteigende Trend der globalen Emissionen schnell umgekehrt werden, um die Erfüllung des 2° C-Ziels nicht bereits in den kommenden Jahrzehnten unmöglich zu machen – mit lebensbedrohlichen Folgen für weite Teile der Weltbevölkerung.

Die Minderungen der Treibhausgase müssen also erheblich ehrgeiziger ausfallen als im Kioto-Protokoll (KP) bisher vorgegeben. „Die Weiterentwicklung des internationalen Klimaregimes wird daher in den nächsten Jahrzehnten eine drängende Aufgabe für die internationale Politik bleiben.“ (WBGU-Sondergutachten 2003)

## **1.3 Potentiale, Innovation, Arbeitsplätze, Wertschöpfung**

### **1.3.1 Energieeffizienz**

Gemäß der ökonomischen und ökologischen Einsicht, dass eingesparte Kilowattstunden die billigste, schnellste und einfachste Möglichkeit darstellen, Primärenergieverbrauch und damit CO<sub>2</sub>-Emissionen zu vermeiden, besitzen Maßnahmen zur effizienteren Nutzung von Energie im Rahmen einer klimaschutzmotivierten Energieversorgung höchste Priorität.

Effiziente Energieverwendung und -erzeugung ist aus volkswirtschaftlicher Sicht vorteilhaft, weil sie

- den größten und profitabelsten Beitrag zum Klimaschutz erbringt;
- die Kosten für Produktion und Konsum senkt und so den Wohlstand mehrt und die Wettbewerbsfähigkeit verbessert;
- durch Innovation bei energieeffizienten Produkten und Dienstleistungen die Konkurrenzfähigkeit der heimischen Anbieter auf den Weltmärkten stärkt;
- (netto) Arbeitsplätze schafft, weil importierte Energie durch heimische Wertschöpfung ersetzt wird und
- die Ölpreis- und Energieimportabhängigkeit senkt und damit auch der Friedenssicherung dient.

Das technische Potenzial der effizienten Energieverwendung und -erzeugung ist enorm. Bezogen auf die benötigte Energiedienstleistung (warme und helle Räume, gekühlte Lebensmittel, Mobilität, Produktion) könnte der Energieverbrauch technisch um durchschnittlich 80 bis 85% verringert werden. Wird berücksichtigt, dass die Nachfrage nach Energiedienstleistungen mit dem Wirtschaftswachstum steigt, kann bis zur Mitte des Jahrhunderts der Primärenergieverbrauch pro Kopf in Deutschland um etwa zwei Drittel verringert werden. Diese technische Vision einer „2000-Watt-Gesellschaft“, die pro Kopf nur Energie mit einer durchschnittlichen Leistung von 2000 Watt benötigt, hat sich übri-

gens der Rat der Eidgenössischen technischen Hochschule in der Schweiz zueigen gemacht (Jochem 2003). Die technischen Mittel, um dieses Ziel zu erreichen, sind:

- erheblich verbesserte Wirkungsgrade bei der Umwandlung von Primärenergie (wie Erneuerbare Energien, Rohöl, Erdgas, Kohle) in Endenergie (z.B. Strom, Gas beim Kunden, Fernwärme, Benzin) und von Endenergie in Nutzenergie (Raumwärme, Licht, Kraft, Bewegungsenergie), z.B. durch Kraft-Wärme-Kopplung und Wärmepumpen;
- erheblich verringerter Nutzenergiebedarf pro Energiedienstleistung, z.B. durch Passivhäuser, leichte Fahrzeuge, physikalisch-chemische oder biotechnische statt thermischer Prozesse;
- verstärktes Recycling, Wieder- und Weiterverwendung von energieintensiven Werkstoffen sowie erhöhte Materialeffizienz;
- intensivere Nutzung langlebiger Güter durch Dienstleistungen wie Maschinen- und Geräte-Leasing oder Car-Sharing;
- verbesserte Planung von Industrie- und Siedlungsgebieten und bessere Durchmischung der Funktionen nach Gesichtspunkten der Energie- und Mobilitätseffizienz.

Die drei wichtigsten Säulen einer effizienten und nachhaltigen Energiewirtschaft wollen wir im Folgenden eingehender betrachten:

1. Effiziente Energieverwendung,
2. Effiziente Energieerzeugung,
3. Erneuerbare Energien.

### 1.3.2 Effiziente Energieverwendung

Effiziente Energieverwendung bedeutet, nur soviel Strom, Gas, Heizöl, Benzin und andere Endenergie für die Herstellung von Produkten, Dienstleistungen und die Befriedigung unserer Bedürfnisse aufzuwenden wie technisch notwendig und wirtschaftlich sinnvoll. Effiziente Energieverwendung ist *intelligente* Energieverwendung, sie ersetzt Energieverbrauch durch Know-how und Technologie. Zugleich ersetzt sie damit den Import von Energie (Erdöl, Erdgas, Importkohle) durch heimische Wertschöpfung und Innovationen.

Die Potenziale der effizienten Energieverwendung sind enorm, wie die folgenden heute schon realisierten Beispiele verdeutlichen:

- Kühl- und Gefriergeräte verbrauchen heute im Durchschnitt ein Drittel weniger Strom als vor zehn Jahren, aber kosten im Kaufkraftvergleich eher weniger als damals. Die heute sparsamsten Geräte verbrauchen nur halb soviel Energie wie der heutige Durchschnitt, und technisch ist noch mehr Einsparung möglich.
- Passivhäuser<sup>3</sup> brauchen nur 20% der Heizenergie eines Neubaus nach der Energieeinsparverordnung, ohne große Mehrkosten. Es gibt Passivhäuser auch als Büro- oder

---

<sup>3</sup> Das Passivhaus geht über den Standard des Niedrigenergiehauses noch deutlich hinaus. Der Heizenergiebedarf liegt nur noch zwischen 7 und 15 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr. Einschließlich Warmwasserbereitung und elektrischer Energie werden nur 30 bis 40 Kilowattstunden pro Quadratmeter

Produktionsgebäude und sogar im Gebäudebestand: so wurde kürzlich ein Wuppertaler Studentenwohnheim zum Passivhaus umgebaut.

- Bei elektrischen Antrieben sind ähnliche Einsparungen möglich. Durch eine Anpassung und Regelung der Lüftungstechnik sparte z.B. ein Telekommunikationsunternehmen in einer Vermittlungszentrale zwei Drittel beim Strom für die Klimatisierung ein – mit weniger als einem Jahr Amortisationszeit. Bei Heizungsumwälzpumpen sind bis zu 90% Einsparung möglich, durch die neue Pumpentechnologie der „Faktor 4-Pumpe“<sup>4</sup> und eine Optimierung des Heiz- oder Kühlkreislaufs.
- Mehrere Hersteller bieten bereits „3-Liter-Autos“ an. Mit Leichtbauweise, Hybridantrieb etc. können auch Mittelklassemodelle in absehbarer Zeit solche niedrigen Verbrauchswerte erreichen.

Insgesamt ist es im Rahmen der normalen Erneuerungszyklen für Geräte, Fahrzeuge, Anlagen und Gebäude volkswirtschaftlich lohnend und technisch möglich, die Energieproduktivität um zusätzlich bis zu 2% pro Jahr gegenüber bisherigen Trends zu steigern. Anstatt 1 bis 1,5% im Trend kann die Energieeffizienz in Deutschland auf Grund vorhandener Potenziale um mindestens 3% pro Jahr gesteigert werden.

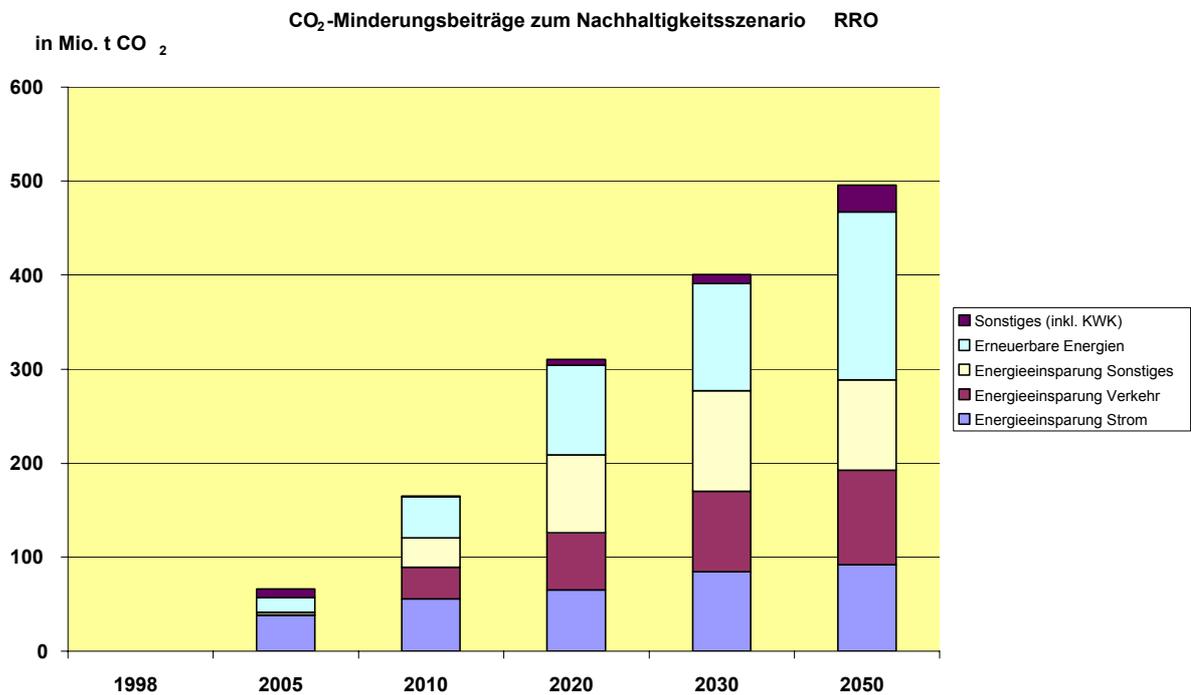
Unternehmen aus Deutschland sind in vielen Sektoren der rationellen Energieverwendungstechnik weltweit technologisch führend, z.B. im Bereich der Beleuchtungs- und Pumpentechnik. Ein Vorrang für Energieeffizienz hilft ihnen, diese Position weiter auszubauen. Aber auch durch die Umsetzung der Potenziale effizienter Energieverwendung in Deutschland können zahlreiche Arbeitsplätze gesichert oder geschaffen werden. Nach einer Studie des Wuppertal Instituts (Wuppertal Institut 1999) könnte allein eine konsequente Wärmedämmung der bestehenden Gebäude rund 400.000 Arbeitsplätze in Deutschland schaffen. Durch die Optimierung von elektrischen Geräten und Anlagen könnten weitere Arbeitsplätze in ähnlicher Größenordnung entstehen.

---

im Jahr verbraucht. Ein Haus nach diesem Standard benötigt also nur noch 7 bis 15 Prozent der Energie eines Durchschnittshauses von heute. Das Ziel wird im Wesentlichen dadurch erreicht, indem die Außenhülle des Hauses stark gedämmt wird (bis 30 cm Dämmung) und dreifachverglaste Wärmeschutz-Fenster eingesetzt werden; eine Komfortbelüftung mit Wärmetauscher eingebaut und die traditionelle Beheizung durch einen hocheffizienten Wärmetauscher mit Nachheizregister ersetzt wird.

<sup>4</sup> Das Wuppertal Institut verlieh im Jahr 2000 im Rahmen des Wuppertaler Energie- und Umweltpreises den ersten Preis an den maßgeblichen Entwicklungs-Ingenieur der Faktor 4-Pumpe. Vgl. Hennische, Peter; von Weizsäcker, Ernst U. (Hrsg.) (2001): Quantensprünge zur Ökoeffizienz. Zwanzig Beispiele für das 21. Jahrhundert, S. 38 ff.

Abbildung 3: Beiträge der einzelnen energiepolitischen Handlungsbereiche zur CO<sub>2</sub>-Minderung im Nachhaltigkeitsszenario NH2 (in Relation zum Referenzszenario)



Quelle: Wuppertal Institut, eigene Darstellung auf Basis von Enquete-Kommission 2002

So entsteht eine Win-win-Situation, bei der alle Akteure profitieren: Innovation, Arbeitsplätze und Wertschöpfung können profitabel mit dem erforderlichen Beitrag zum Klimaschutz verbunden werden.

Zwei Drittel bis drei Viertel der für den Klimaschutz notwendigen CO<sub>2</sub>-Minderung kann und muss nämlich bis 2030 auf den Märkten für Energieeffizienztechnologien erbracht werden (siehe Abbildung 3). Im Jahr 2050 tragen dann die erneuerbaren Energien mit etwa 40% zum CO<sub>2</sub>-Minderungsziel von 80% bei. Und dies gelingt umso effektiver, je besser die volkswirtschaftlichen Zusatzkosten für die Markteinführung der erneuerbaren Energien durch die Kosteneinsparung durch Energieeffizienzsteigerung kompensiert werden.

### 1.3.3 Neue Effizienztechniken

Neben bewährten Energieeffizienztechniken eröffnen sich durch neu entwickelte Techniken zusätzliche Potenziale zur Energieeinsparung. Eine dieser Technologien ist die Beleuchtung mittels weißer Leuchtdioden (LED), die seit der Erfindung der blauen LED Anfang der neunziger Jahre erst möglich wurde. Seitdem nimmt diese Technologie einen rasanten Aufschwung und dringt in immer weitere Bereiche vor. Eine weitere Neuentwicklung zur Erschließung erheblicher Effizienzpotenziale ist die Entwicklung des so-

nannten EC-Motors (elektronisch kommutiert<sup>5</sup>) für elektrische Antriebe (<1 kW), der bis zu einem Faktor Vier effizienter ist.

Aber auch bei Wohn- und Bürogebäuden ist durch die Passivhaustechnik eine Entwicklung angestoßen worden, die inzwischen auch konventionellen Wohn- und Bürogebäuden zugute kommt. Einzelelemente wie effiziente Klimatechnik, KW(K)K, Energiemanagement, integrale Planung seien hier nur beispielhaft genannt.

### **1.3.3.1 LED**

#### *Technologische Möglichkeiten*

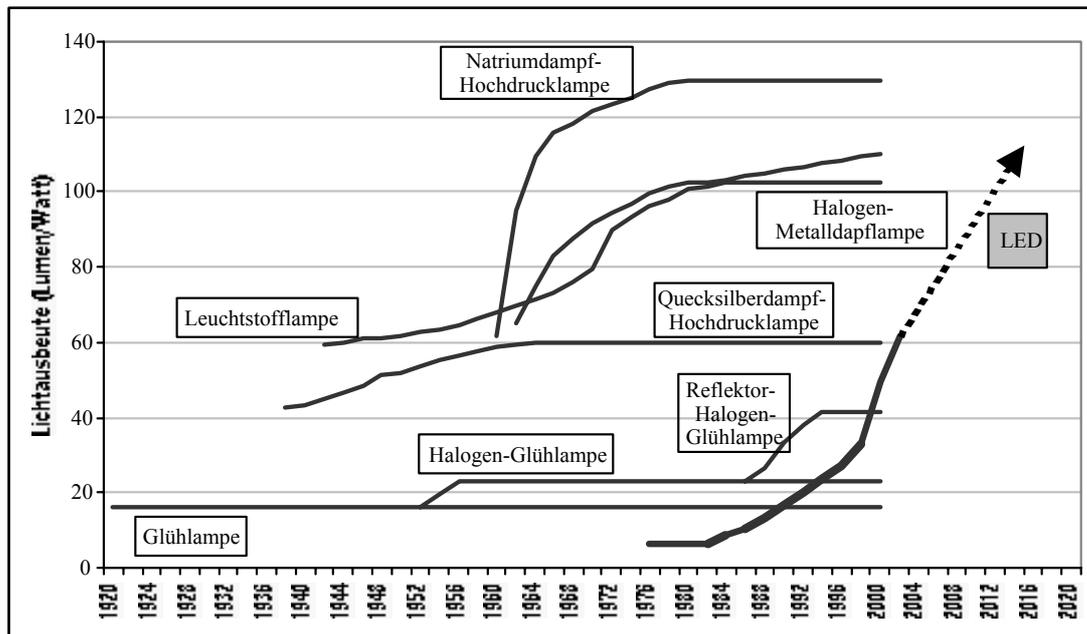
Im Zusammenhang mit Klima- und Ressourcenschutz stehen die Bemühungen um eine effiziente Nutzung von elektrischer Energie an zentraler Stelle. Der Beleuchtung kommt wegen ihrem flächendeckenden Einsatz in allen Wirtschafts- und Lebensbereichen eine besondere Bedeutung zu: Beleuchtung mit künstlichem Licht trägt beispielsweise im Kleinverbrauchssektor, z.B. in Geschäftsräumen des Einzelhandels, mit durchschnittlich 36% in erheblichem Maße zum Stromverbrauch und zur Spitzenlast bei (ISI/FfE/TUM 1998).

Die bisher eingesetzten Beleuchtungssysteme basieren – von wenigen Ausnahmen in Nischenbereichen abgesehen – entweder auf dem Prinzip der Wärmestrahlung (Glühlampen) oder der Gasentladung (Leuchtstofflampen, Hoch- bzw. Niederdruck-Entladungslampen). Während die Glühlampe seit ihrer Erfindung vor etwa 100 Jahren nur einen merklichen Effizienzsprung durch die Entwicklung der Halogen-Glühlampen aufweisen kann, sind die Gasentladungslampen seit etwa 1940 kontinuierlich verbessert worden und weisen heute sehr hohe Energieausbeuten auf (siehe Abbildung 4).

---

<sup>5</sup> Der EC-Motor ist ein kollektor- und bürstenloser permanentmagneterregter Gleichstrommotor. Dabei kommutiert (wechselt) ein EC-Controller die Motorwicklungen elektronisch und damit verschleißfrei. Darüber hinaus überwacht und steuert der EC-Controller den Motor. Die Antriebe sind auf kompakte Bauweise und hohen Wirkungsgrad in einem breiten Drehzahl-Drehmomentbereich hin optimiert. Ein EC-Motor zeichnet sich aus durch einfache Inbetriebnahme, geräuscharmen Betrieb, großen Drehzahlstellbereich, wartungsfreien Betrieb und einen hohen Wirkungsgrad auch im Teillastbereich. Siehe dazu auch Abschnitt 1.3.3.2 auf Seite 14.

Abbildung 4: Zeitliche Entwicklung der Lichtausbeuten verschiedener Lampentypen (Quelle: Haitz et al. 1999)



Leuchtdioden, kurz LED genannt (**L**ight **E**mitting **D**iodes) gibt es schon seit etwa 40 Jahren, jedoch waren sie bislang nur in wenigen Farben verfügbar und wiesen zudem meist keine nennenswerten Lichtausbeuten auf, so dass ihr Einsatz auf Nischenanwendungen, z. B. als Signallämpchen in Auto-Armaturenbrettern oder Stereo-Anlagen beschränkt blieb.

Diese Situation hat sich seit Entwicklung einer blauen LED Anfang der 1990er Jahre grundlegend verändert: Durch Mischung verschiedenfarbiger LED bzw. Verwendung von Leuchtstoffen ist die Herstellung von weißem Licht aus LED möglich geworden, so dass bei gleichzeitiger Verbesserung der Lichtausbeuten prinzipiell zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten in Konkurrenz zu den bisherigen Beleuchtungssystemen offenstehen. Wie in Abbildung 4 zu erkennen, ist damit mittel- bis langfristig zudem ein erhebliches Strom- einsparpotenzial verbunden. Besonders Anwendungen im Verkehrs-, im Signal- und im Allgemeinbeleuchtungsbereich besitzen ein großes Anwendungspotenzial. Zusätzlich wird der Ressourcenverbrauch insgesamt verringert, da LED weitaus langlebiger sind als herkömmliche Lampen.

LED sind zwar noch deutlich teurer als herkömmliche Beleuchtungssysteme, die Preise der weißen LED werden zukünftig aufgrund der Kostendegression durch Massenproduktion jedoch stark fallen.

### *Mögliche Rolle für Deutschland*

Da Deutschland auf dem Beleuchtungssektor eine Reihe von großen und mittelständischen Firmen beherbergt, bedeutet eine zukunftsfähige Entwicklung auf diesem Gebiet ein Beitrag zur Standortsicherung und damit zum Erhalt und zur Schaffung von Arbeitsplätzen.

### *Ausgangsvoraussetzungen für Deutschland*

Während die eigentliche LED-Produktion auf Basis der Halbleitertechnik nicht in Deutschland stattfindet und in der Hand internationaler Konzerne liegt, sind zahlreiche Maschinenhersteller für die Produktionsanlagen von LED sowie Hersteller von potenziellen LED-Anwendungen in Deutschland vorhanden.

Langfristig werden sehr große Marktchancen bei der *organischen* LED-Technik (OLED, die Leuchtmaterialien sind hier nicht mineralische Halbleiter, sondern Kunststoffe) für Beleuchtungszwecke gesehen. Hier steht die Entwicklung noch ganz am Anfang, Firmen aus Deutschland haben aber schon erste Entwicklungsschritte unternommen, so dass eine Positionierung in diesem Zukunftsfeld möglich erscheint.

### *Möglichkeiten der Förderung in Deutschland*

Bei der LED-Technologie handelt es sich um eine völlig neue Beleuchtungstechnologie mit hohem Innovationsgrad. Die Perspektive einer mittel- bis langfristig sehr dynamischen Marktentwicklung spricht für ein intensives Engagement in diesem Bereich. Mit der Initiierung des LED-Kompetenznetzwerks ist z.B. das Land Nordrhein-Westfalen einen entscheidenden Schritt zur Entwicklung des LED-Marktes gegangen.

## **1.3.3.2 Elektromotoren**

### *Technologische Möglichkeiten*

Mit der zunehmenden Technisierung und Automatisierung unserer Gesellschaft haben die elektromagnetischen Kleinantriebe (< 1 kW) heute eine fast unübersehbare Anwendungsvielfalt erreicht. Elektrische Antriebe und speziell Kleinmotoren sind aufgrund wirtschaftlicher Zwänge und anderer Hemmnisse jedoch oft sehr ineffizient und bieten bei konsequentem Einsatz bestehender, ausgereifter Technologie ein Einsparpotenzial von bis zu einem Faktor 4, das sich aufgrund der großen Stückzahlen zu einem erheblichen Reduktionspotenzial summiert.

In Europa benötigt der Antrieb rotierender Maschinen jährlich eine Energiemenge von rund 400 TWh; durch Anwendung effizienterer Antriebe – d.h. der Kombination aus Motor, Steuerung und angetriebenem System – ließen sich z.B. bei Pumpen und Lüftern etwa 60-70% des Stroms einsparen (VDI 2001-2).

Auch im Bereich der Haushaltsgeräte lassen sich durch verschiedene geringfügige, meist sehr wirtschaftliche Optimierungen der darin eingesetzten Elektroantriebe allein in Deutschland etwa 8.2 Mrd. kWh Strom jährlich einsparen (Langgasser 2001); dieses Strom-Einsparpotenzial liegt in der gleichen Größenordnung wie das der viel diskutierten „Stand-by-Verluste“.

Eine besondere Rolle kommt dabei dem (zumeist permanenterregten) elektronisch kommutierten Gleichstrommotor – kurz „EC-Motor“ – zu, der insbesondere aus Effizienzgründen als der „(Klein-)Motor der Zukunft“ anzusehen ist. Neben der Energieeinsparung bietet er als Zusatznutzen eine verlängerte Lebensdauer sowie bessere Überwachung und Regelung des Einsatzes.

### *Mögliche Rolle für Deutschland*

Hier bietet sich die grundsätzliche Option, sich im Bereich der Label von Haushaltsgeräten auf EU-Ebene und bei Lüftungsanlagen sowie bei Umwälzpumpen für eine Verschärfung der Grenzwerte einzusetzen und damit die Nachfrage nach effizienten Produkten zu stimulieren.

Rund 38% des deutschen Branchenumsatzes entfallen auf Kleinmotoren bis etwa 1 kW Leistung. Nach einer Marktstudie von Frost und Sullivan errechnet sich für das Jahr 2004 ein Umsatz nur an Kleinstmotoren (Leistungen 250 W) für Europa in Höhe von 1,85 Mrd. Dollar. Der Großteil der Kleinstmotorenumsätze wird in Deutschland erzielt. Während der Markt an Wechselstrommotoren in die Sättigung gerät, werden zukünftig im steigenden Maße bürstenlose Motoren gefragt (Stölting-Kaltenbach 2001).

### *Ausgangsvoraussetzungen für Deutschland*

In Deutschland ist die Kompetenz im Bereich der Antriebselektronik (Stromrichter) nur bei den erforderlichen magnetischen Materialien vorhanden (Reluktanzmotor), sowie bei permanent erregten Kleinmotoren. Die potenziellen Endkunden für hocheffiziente Kleinmotoren wie z.B. führende Hersteller von hochwertigen Haushaltsgeräten und aus der Lüftungsbranche sind im deutschen Binnenmarkt in großer Zahl vertreten.

### *Möglichkeiten der Förderung in Deutschland*

Die Technologie effizienter Kleinantriebe ist ausgereift, die ineffizienten aber etablierten Alternativen sind jedoch zu preiswert und die Stromkosten zu gering für eine ausreichend schnelle Amortisation. Es liegt zudem ein Nutzer-Investor-Dilemma vor, da bei den Herstellern von Haushaltsgeräten nur teilweise Anreize für den Einsatz hocheffizienter Motoren bestehen. Strompreise werden aber in Zukunft tendenziell steigen, dadurch sinken die Amortisationszeiten effizienter Antriebe. Auch wird bei Massenfertigung die Technik kostengünstiger.

Erfolg verspricht deshalb die Förderung des Einsatzes von effizienten Antrieben in Gebäudesystemen wie Lüftungsanlagen und Pumpen. Hier existiert Know-how und eine inländische Unternehmensstruktur in Deutschland, die durch geeignete Anreize ausgebaut werden könnte. Auch die eigene Beschaffung für bundeseigene Gebäude bietet Möglichkeiten zur Förderung der Technik.

## **1.3.3.3 Wohn- und Bürogebäude der Zukunft**

### *Technologische Möglichkeiten*

Etwa 30% aller CO<sub>2</sub>-Emissionen werden in Deutschland durch Raumheizung in Wohn- und Bürogebäuden verursacht. Hinzu kommen indirekte Emissionen aus dem Stromverbrauch für Haustechnik (Lüftung, Klimatisierung, Beleuchtung, Aufzüge). Hier besteht großes Potenzial für Emissionsminderungen und Verringerung der Importabhängigkeit von fossilen Energieträgern. Der Bauwirtschaft als entscheidendem Akteur in diesem Feld bietet sich hier die Chance, durch Innovationen zukunftsfähige Arbeitsplätze zu schaffen und zu sichern. Insbesondere innovative Konzepte aus dem Passivhausbau

(Wärmerückgewinnung, Klimatisierung, Lüftung, KW(K)K, Wärmedämmung, Tageslichtnutzung) finden immer häufiger Eingang in die konventionelle Bauweise.

Prinzipiell sind die Techniken zur effizienten Nutzung von Energie im Gebäude marktreif. Zur weiteren Marktdurchdringung müssen jedoch die einzelnen Elemente weiterentwickelt und – auch hinsichtlich Wirtschaftlichkeit - optimiert werden. So müssen z.B. die luftdichten Verbindungen zwischen Bauteilen stärker standardisiert und damit preisgünstiger werden. Verbesserungspotenzial besteht auch bei der Integration effizienter Beheizungssysteme für die Restwärme und zur Deckung des Wärmebedarfs (z.B. als Nahwärmesysteme). Auch bei der intelligenten Haustechnik, der Sensorik, und der transparenten Wärmedämmung besteht noch Entwicklungsbedarf. Weiterhin erfordert die kostengünstige Errichtung effizienter Gebäude auf Planungsseite eine integrierte Planung bei Bauherren, Architekten und dem Ausbaugewerbe. Diese ist jedoch als wesentliches Planungstool noch zu wenig etabliert, weshalb generell ganzheitliche Konzepte zu selten realisiert werden.

Außerdem verhindert mangelndes Know-how bei allen Akteuren der Bauwirtschaft (Architekten, Installateure, Handwerker), dass Elemente des Passivhausbaus von Beginn an in die Planung einbezogen und erfolgreich umgesetzt werden.

Darüber hinaus existieren noch zu viele Vorbehalte aus den Reihen der traditionellen Bauindustrie und der potenziellen Nutzer. Hier fehlt bei den vorhandenen Akteuren ein effizientes Marketing über die Gebäudeeigenschaften und den resultierenden Zusatznutzen (verbessertes Raumklima, mehr Tageslicht, höhere Arbeitszufriedenheit, Motivation, geringerer Krankenstand, größeres Wohlbefinden). Auch vorhandene Fördermöglichkeiten für effizientes Bauen und Renovieren sind zu wenig bekannt. Höhere Energiepreise und die Energiesparverordnung (EnEV 2002) können die Verbreitung dieser Techniken wie z.B. die mechanische Wohnungslüftung und verbesserte Dämmung in der Zukunft fördern. Schon jetzt existieren günstige Kredite und Zuschüsse, die über die Lebensdauer die Wirtschaftlichkeit sicherstellen.

#### *Energiewirtschaftliche Bedeutung für Deutschland*

Effizienzgewinne verringern die Anforderungen an die Gesamtleistung des Kraftwerksparks und die Infrastruktur der Gasversorgung. Die Verwendung eines BHKW trägt zum Aufbau eines dezentralen Stromversorgungssystems bei.

#### *Ausgangsvoraussetzungen für Deutschland*

Die Bauwirtschaft ist grundsätzlich eher regional strukturiert und die Branche in Deutschland ist in der Lage, hocheffiziente Wohnhäuser und Bürogebäude zu bauen. Es fehlen jedoch weit verbreitete Anwendungen und die entsprechenden Erfahrungen bei der Mehrheit der Akteure. Darüber hinaus besteht besonderer Motivations- und Qualifizierungsbedarf für die Handwerker und Architekten. Bei den Komponenten hat die Bauindustrie und auch der Bereich der Klimatisierung/Lüftung/Gebäudetechnik sowie der Beleuchtungstechnik eine gute Wettbewerbsposition.

### *Möglichkeiten der Förderung in Deutschland*

Das zentrale Problem im Bereich hocheffizienter Wohngebäude ist die mangelnde Kenntnis der Fachleute und der breiten Öffentlichkeit, dass effiziente Wohngebäude und Bürogebäude heute das experimentelle Stadium bereits verlassen haben und marktfähig sind. Ansatzpunkte für geeignete Mittel zur Erschließung des Potenzials sind:

- Unterstützung bei der Errichtung von Passivhaussiedlungen und deren Darstellung in PR-Maßnahmen. Dabei stärkere publizistische Verknüpfung der positiv belegten Solartechnik mit effizienter Gebäudetechnik (Wärmerückgewinnung, Klimatisierung, Lüftung, KW(K)K, Wärmedämmung, Tageslichtnutzung);
- Marketingmaßnahmen zur Aufklärung über effiziente Wohngebäude insbesondere im Hinblick auf die bestehenden Vorbehalte bei den Nutzern und
- Weiterbildungsangebote für Architekten und für das Handwerk.

Elemente effizienter Bürogebäude werden immer häufiger bei Neubauten eingesetzt, selten jedoch greifen diese Elemente in einem Gesamtkonzept ineinander. Einige realisierte Beispiele zeigen jedoch die Vorteile, die sich gerade aus einer integralen Planung ergeben. Analog zum Wohngebäudebereich sind die Vorteile für alle Beteiligten noch viel zu wenig bekannt, sowohl beim Baugewerbe als auch bei potenziellen Nutzern. Hier gilt es bei der Auswahl geeigneter Mittel zur Erschließung des Potenzials anzusetzen. Maßnahmen sind:

- Unterstützung bei der Errichtung von effizienten Bürogebäuden durch z.B. eine Selbstverpflichtung für die bundeseigenen Gebäude;
- Marketingmaßnahmen zur Aufklärung über effiziente Bürogebäude insbesondere im Hinblick auf die bestehenden Vorbehalte bei den Nutzern;
- Etablierung eines Kompetenznetzwerk zur Überwindung von Schwierigkeiten und zum fachlichen Austausch und
- Initiativen auf rechtlicher Ebene zur Ermöglichung einer Anpassung der Kaltmiete entsprechend der Zusatzinvestitionen.

### **1.3.4 Effiziente Energieerzeugung und neue Energieangebotstechniken**

Je effizienter die Erzeugung und Bereitstellung von Energie ist, um so weniger werden Luftschadstoffe und Treibhausgase (THG) ausgestoßen und desto länger bleiben die nur begrenzt vorhandenen fossilen Energieträger (Kohle, Öl und Gas) verfügbar. Besonders hohe Effizienzen bietet die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) mit Gesamtumwandlungswirkungsgraden bis zu 95%. Die KWK zeichnet sich insgesamt durch ein hohes Potenzial, ein breites Einsatzspektrum und der Verwendbarkeit erneuerbarer Energien aus. Die Nutzung der KWK spielt daher im Rahmen einer nachhaltigen Energieversorgung eine wichtige Rolle.

### *Stand der Technik und Entwicklungen*

Für die KWK steht eine Reihe an Anlagentechniken mit unterschiedlichem Entwicklungsstand und verschiedenen technischen Parametern zur Verfügung (Tabelle 1). Von besonderer Bedeutung ist die technische Entwicklung bei den teils innovativen Kleinanlagen wie Motor-BHKW, Mikrogasturbinen, Stirlingmotoren und Brennstoffzellen, da sie die Erschließung des bislang ungenutzten Potenzials in der Haus- und Objektversorgung (s.u.) ermöglichen. Die FuE-Aktivitäten sind je nach Anlagentyp unterschiedlich gelagert und betreffen – neben der Systemoptimierung – z.B. Werkstoffe, Komponenten und deren Integration in die Gesamtanlage oder die Aufbereitung bzw. Reinigung alternativer Brennstoffe/-gase. Ein besonderes Augenmerk gilt zudem dem gekoppelten Einsatz von Mikrogasturbinen zusammen mit druckaufgeladenen Hochtemperaturbrennstoffzellen, weil hierdurch elektrische Wirkungsgrade bis zu 60% erreicht werden können, was einen hocheffizienten Beitrag zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern leisten würde (Wuppertal Institut 2002).

Insbesondere die Brennstoffzelle gilt in den kommenden Jahren als Hoffnungsträger für eine nachhaltige Energietechnik. Als KWK-Anlage verspricht sie zum einen eine herausragende energetische Performance (hohe Stromkennzahl, hohe Wirkungsgrade, gutes Teillastverhalten) und zum anderen die Verwendbarkeit von Wasserstoff als potenziellem Energieträger der Zukunft (ab 2020). Mit einer erfolgreichen Markteinführung ist aber aufgrund der noch ausstehenden (nennenswerten) technischen Entwicklungsschritte nicht vor dem Jahr 2005 zu rechnen.

Zudem bietet die Biomassevergasung Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung bei der Verstromung fester Biomasse im Vergleich zum heutigen Einsatz in Dampfkraftwerken. Aufgrund des FuE-Bedarfes im Bereich der Gasqualität für den Einsatz des Biogases in BHKW und der fehlenden Langzeiterfahrung im Betrieb ist allerdings eher erst mittelfristig mit einer Markteinführung der Biomassevergasung zu rechnen.

Ansonsten wird die grundsätzliche Weiterentwicklung (Systemoptimierung) der KWK insgesamt stark von der Erhöhung des elektrischen Wirkungsgrades bzw. der Stromkennzahl der Anlagen<sup>6</sup> geprägt. Im Vergleich zum Anlagenbestand ( $\eta = 0,5$ ) und Neuanlagen ( $\eta = 1,0$ ) sind hier immer noch deutliche Steigerungen möglich (z.B. bis zu  $\eta = 2$  für Brennstoffzellen).

---

<sup>6</sup> Die Stromkennzahl kennzeichnet das Verhältnis von Strom zu Wärme bei KWK-Anlagen, d.h. die Stromkennzahl ist der Quotient aus der KWK-Nettostromerzeugung und der KWK-Nettowärmeerzeugung.

Tabelle 1: Übersicht über KWK Anlagen

Anlage	Entwicklungsstand	P <sub>el</sub>	el	ges
Dampfturbinen-HKW - Gegendruck - Entnahmekondensation	Etabliert	3-300 MW 100-300 MW	10-35% 30-35%	80-90% 80-90%
GuD-HKW - Gegendruck - Entnahmekondensation	Etabliert	10-100 MW 100-300 MW	15-42% 45-48%	80-90% 80-90%
Motor-BHKW	Etabliert	10 kW bis 1 MW	45% <sup>a)</sup>	85-95%
Gasturbinen-BHKW	Etabliert	1-100 MW	20-33% <sup>b)</sup>	80-85%
Mikrogasturbinen	Markteintritt	25-100 kW	25-30% <sup>c)</sup>	90%
Stirlingmotor-BHKW	Kleinserie	2 kW	24%	90%
Organic-Rankine-Cycle (ORC)	Pilotanlagen	3,8 MW	14-17%	k.A.
Brennstoffzelle	Demonstration bis Kleinserie	1 kW bis 100 MW	40-65% <sup>d)</sup>	85%
Biomassevergasung	FuE bis Prototyp	5 MW	23-45%	k.A.

<sup>a)</sup> große BHKW; <sup>b)</sup> je nach Stromkennzahl; <sup>c)</sup> ab 28 kW; <sup>d)</sup> je nach BZ-System;

Quellen: Enquete 2002; BHKW-Info 2003; Wuppertal Institut 2002; VDI 1994

### *Beitrag für eine nachhaltige Energiewirtschaft*

Die Stromerzeugung aus KWK-Anlagen betrug in Deutschland Ende der 90er Jahre etwa 50 Mrd. kWh (2000: rd. 61 Mrd. kWh<sup>7)</sup> und hatte damit einen Anteil von ca. 10% an der gesamten Stromerzeugung. Die zugehörige Wärmeabgabe aus KWK-Prozessen kann zwar nur grob abgeschätzt werden, dürfte aber in der Größenordnung von etwa 400 PJ (2000: 452 PJ<sup>7)</sup> liegen und hatte damit einen Anteil von ca. 7,5% an der gesamten Wärmenachfrage (Raum- und Prozesswärme) in Deutschland (Enquete-Kommission 2002). Damit ist Deutschland in der EU – absolut betrachtet – der mit Abstand größte Erzeuger von KWK-Strom und –Wärme, während der KWK-Anteil an der gesamten Stromerzeugung dem europäischen Durchschnitt entspricht.

### *Potenziale*

Im Vergleich zu einer getrennten Bereitstellung von Strom und Wärme können bei der KWK in nennenswertem Umfang CO<sub>2</sub>-Emissionen vermieden werden. Die CO<sub>2</sub>-Einsparungen durch KWK können in Abhängigkeit der technischen Weiterentwicklung und der politischen bzw. energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen zukünftig noch deutlich gesteigert werden. Zum Beispiel sollen bis zum Jahr 2010 nach der aktuellen Selbstverpflichtungserklärung der deutschen Wirtschaft zum KWKModG von 2002 insgesamt bis zu 23 Mio. t CO<sub>2</sub>-Emissionen jährlich durch den Einsatz von KWK vermieden werden.

Die Ausweitung des KWK-Erzeugungsanteils kann auf zwei Arten, die miteinander kombiniert werden können, erfolgen: Durch die Erhöhung der Stromerzeugung bei gleich bleibender Wärmeabgabe infolge erhöhter Stromkennzahl (s.o.) und über die Erschlie-

<sup>7</sup> eurostat 2003

Bung neuer Marktpotenziale für die Wärmeabgabe. Die Potenzialerschließung ist von besonderer Bedeutung, da sie über das realisierbare Gesamtpotenzial der KWK entscheidet. Nennenswerte (neue) KWK-Potenziale werden vor allem in der Industrie, dezentralen Nahwärmenetzen und in der Haus- und Objektversorgung gesehen. Einfache Abschätzungen weisen diesbezüglich mittel- bis langfristig ein technisches Potenzial in Höhe von etwa 1.370 PJ für den Wärmeabsatz und – je nach Stromkennzahl – etwa 220 bis 380 Mrd. kWh für die Stromerzeugung aus KWK-Anlagen aus (Enquete-Kommission 2002). Dabei wurden bereits für jeden betrachteten Sektor nennenswerte Einsparerfolge bei der thermischen Endenergienachfrage berücksichtigt. Die absolute Nutzung der KWK würde sich demnach gegenüber 2000 um einen Faktor von rd. 4 bis 6 bei der Stromerzeugung und von rd. 3 bei der Wärmeabgabe steigern lassen. Hinzu kommen noch zusätzliche Potenziale durch die Kombination von KWK mit Prozessen für die Kälteerzeugung (KWKK<sup>8</sup>) im Bereich der Kühlung bzw. Klimatisierung.

Nahezu die Hälfte des thermischen Potenzials (rd. 49%) entfällt dabei auf den Einsatzbereich der Haus- und Objektversorgung, so dass die erreichbare Potenzialausschöpfung stark von der technisch-ökonomischen Entwicklung der kleinen KWK Anlagen und deren tatsächlichen, zeitgerechten Verfügbarkeit abhängt. Dieser Gegensatz (hohes Potenzial vs. früher technischer Entwicklungsstufe) unterstreicht die Bedeutung und Notwendigkeit der anstehenden FuE-Arbeiten bezüglich kleiner KWK-Anlagen.

Aufgrund seiner relativ dichten Besiedlungsstruktur und hohen Industrie- und Gewerbedichte bietet Deutschland grundsätzlich gute Voraussetzungen für einen nennenswerten Ausbau der KWK.

Speziell im Bereich der Biomassevergasung weisen die in diesem Bereich tätigen Akteure in Deutschland sowohl eine hohe technologische Kompetenz als auch eine gute Vernetzung untereinander auf (Wuppertal Institut 2002). Weitaus größere Marktpotenziale sind allerdings auf dem internationalen Markt, insbesondere in Schwellen- und Entwicklungsländern (große Biomassepotenziale) zu erwarten. Der Schlüssel zu deren Erschließung wird in der Entwicklung einfacher und dennoch robuster sowie flexibler Systemtechnik und passender Finanzierungskonzepte sowie dem Aufbau von entsprechenden Akteurs-Netzwerken und Initiativen gesehen. Hier bietet sich im Rahmen von JI und CDM<sup>9</sup> neue Chancen und Möglichkeiten, dieser Technik zu einer größeren Marktdurchdringung zu verhelfen.

### 1.3.5 Erneuerbare Energien

Neben der Energieeinsparung und der effizienten Bereitstellung von Strom und Wärme durch fossile Energieträger stellt der Ausbau erneuerbarer Energien für die nachhaltige Entwicklung des Energiesystems ein weiteres, vor allem langfristig wichtiges Strategieele-

---

<sup>8</sup> KWKK: Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

<sup>9</sup> Joint Implementation (JI) steht für „Gemeinsame Projektdurchführung“ und Clean Development Mechanism (CDM) steht für „Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung“. Diese Klimaschutz-Instrumente werden im Kyoto-Protokoll geregelt. Bei diesen Mechanismen führen die z.B. durch eine im Ausland gesteigerte Energieeffizienz verursachten Emissionsminderungen zur Ausgabe von Emissionsminderungszertifikaten an den Projektentwickler. Siehe dazu ausführlicher Abschnitt 2.1.1.5 auf Seite 40 ff.

ment dar. Der zukünftige Ausbau der erneuerbaren Energien orientiert sich an mehreren Einflussgrößen. Zum einen bilden die technischen Potenziale und ihre Verknüpfung mit den derzeitigen und zukünftigen Kosten der jeweiligen Technologien die Basis für die Ausbaupfade von erneuerbaren Energien. Zum anderen sind die energiepolitischen Zielvorstellungen und die Anforderungen des Klimaschutzes aber auch die Perspektiven auf den Exportmärkten wichtige Eingangsgrößen, die die Ausbaudynamik von REG maßgeblich beeinflussen.

Unter Nachhaltigkeitsbedingungen kann für den Zeitraum bis zum Jahr 2010 eine Zubauentwicklung, die sich am Verdopplungsziel der Bundesregierung (und der EU) orientiert, als wichtige Eingangsvoraussetzung angesehen werden. Sie kann einen entscheidenden Impuls für den Markteinstieg leisten. Ein derartiger Einstiegsfad geht idealerweise von einer „ausgewogenen“ Mobilisierung aller Technologien aus, so dass diese spätestens nach 2010 in die Lage versetzt werden, eigenständig wachsende Märkte herauszubilden. Das Erreichen dieses Zwischenziels ist eine wesentliche Voraussetzung dafür, dass erneuerbare Energien überhaupt in den nächsten Jahrzehnten eine wichtige Rolle am Energiemarkt bestreiten können.

Im Bereich der Stromerzeugung ist die Annäherung an das Verdopplungsziels derzeit am größten. In Deutschland tragen erneuerbare Energien mit gut 8% heute schon in beachtlichem Ausmaß zur Stromerzeugung bei. Dennoch ist ihr Ausbaustand gemessen an den Potenzialen noch vergleichsweise gering, insbesondere wenn man zukünftige technologische Weiterentwicklungen mit in die Betrachtungen einbezieht. Abbildung 5 zeigt vor diesem Hintergrund am Beispiel der Stromerzeugungstechnologien, dass die wirtschaftlich ausschöpfbaren Potenziale der erneuerbaren Energien im Zeitverlauf dynamischen Veränderungen unterworfen sind. Maßgeblich hierfür sind Kostendegressionen einerseits, die im Rahmen der Markteinführung und -durchdringung erzielt werden können, und technische Weiterentwicklungen andererseits.

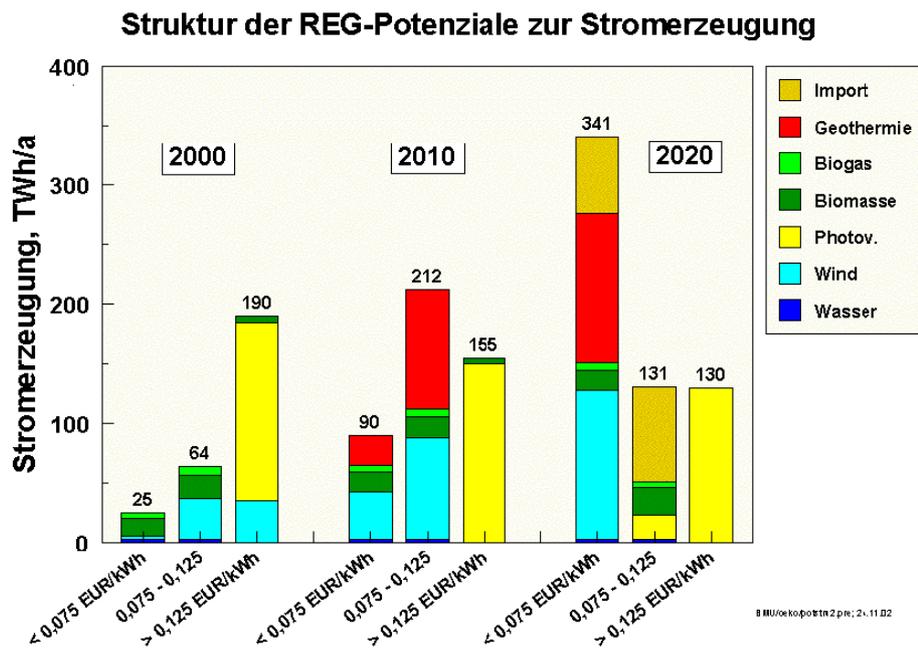


Abbildung 5: Dynamische Entwicklung der Nutzungspotenziale erneuerbarer Energien in Deutschland

Die in Abbildung 5 dargestellte Dynamik muss voll umgesetzt werden, wenn mittel- bis langfristig (d. h. spätestens nach 2050) der überwiegende Anteil der Stromerzeugung aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten auf erneuerbaren Energien basieren soll. Verschiedene Szenariountersuchungen zeigen heute, dass dies möglich ist (vgl. die aktuelle Analyse für das Umweltbundesamt bis 2050 im UBA-Nachhaltigkeitsszenario (Fischedick, Nitsch 2000); vgl. auch Abbildung 6).

Vergleichbare Zuwächse sind unter Nachhaltigkeitsbedingungen auch für erneuerbare Energien im Bereich der Wärmebereitstellung erforderlich. Abbildung 7, die zunächst noch einmal die Notwendigkeit des absoluten Rückgangs des Endenergiebedarfs im Bereich der Wärmebereitstellung und des Anstiegs des Nah- und Fernwärmeanteils darstellt, zeigt dies für das UBA-Nachhaltigkeitsszenario. Beim Ausbau der erneuerbaren Energien kommt neben dem verstärkten Einsatz von Solarkollektoren im Bereich der privaten und gewerblichen Nutzung als Einzelanlagen vor allem der Nahwärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien eine entscheidende Bedeutung zu. Dabei spielen vor allem die Solarenergie, die Biomassenutzung und die Geothermie eine besondere Rolle.

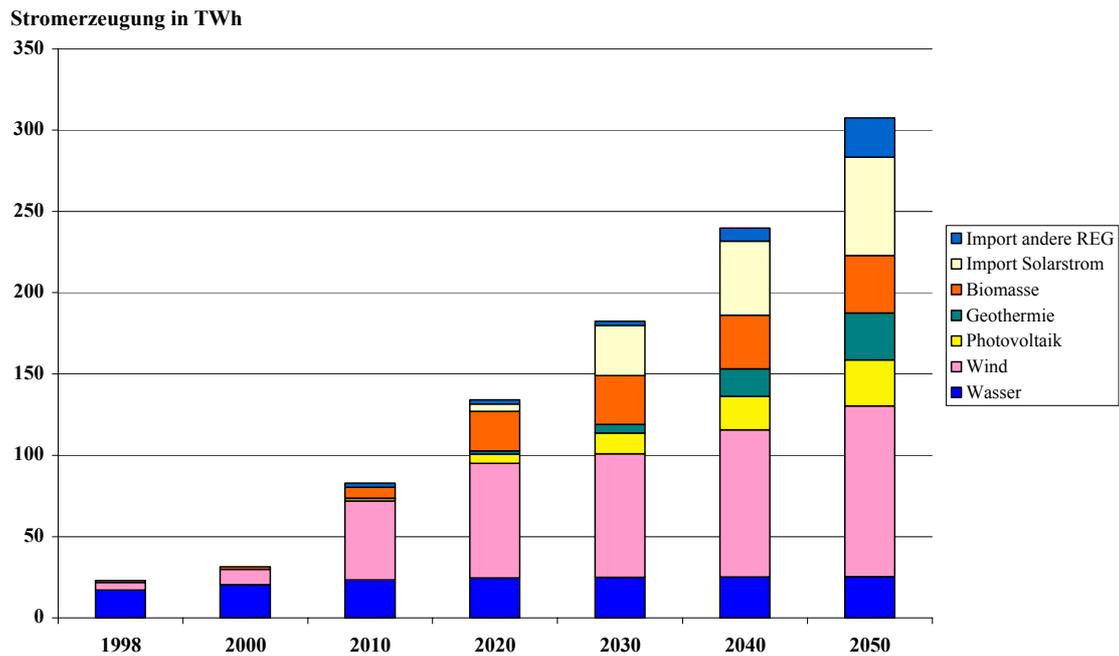


Abbildung 6: Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im UBA-Nachhaltigkeitsszenario in Deutschland

Abbildung 7: Wärmebereitstellung (Raumheizung, Warmwasser, Prozesswärme) im Szenario Nachhaltigkeit durch Fern- und Nahwärme aus fossiler und biogener Kraft-Wärme-Kopplung einschließlich Spitzenkessel (KWK) sowie aus Kollektor- und Geothermiewärme (unterer Teil der Grafik) und verbleibende Deckung durch konventionelle Versorgung (oberer Teil)

Unabhängig von der zugrunde liegenden Energieträgerbasis nimmt in Zukunft die Bedeutung der netzgebundenen Wärmeversorgung deutlich zu. Insgesamt (fossile und erneuerbare Quellen zusammen) werden im Jahr 2050 knapp 60% des gesamten (deutlich reduzierten) Wärmebedarfs über Nah- und Fernwärmenetze gedeckt. Die Umstrukturierung des Wärmesektors bewirkt, dass die Einzelversorgung auf der Basis von Heizöl in den nächsten 50 Jahren fast bis auf Null und auch diejenige mit Erdgas stark zurückgeht. Diese Strukturveränderungen müssen rechtzeitig eingeleitet werden. Die deutsche Siedlungsstruktur mit geschlossenen Ortschaften und relativ kleinen Grundstücksgrößen kommt dem Einsatz von Nahwärme entgegen. Das prinzipiell erschließbare Potenzial für Nah- und Fernwärme liegt bei etwa 95% des Bedarfs für Raumwärme und Warmwasser, wenn die Obergrenze für den zulässigen Wärmeverlust des Verteilsystems bei 15% angesetzt wird. Erfolgreich durchgeführte Nahwärmeversorgungen zeigen beim Vergleich mit Einzelversorgungen überdies, dass Kostengründe nicht gegen die Errichtung von Nahwärmeversorgungen sprechen. Die Hemmnisse, die einer Verwirklichung dieses Strukturwandels entgegenstehen, sind nicht unüberwindbar, wie ein Blick auf das Nachbarland Dänemark zeigt. Dort werden bereits heute trotz einer vergleichsweise geringeren Besiedlungsdichte 58% aller Wohnungen über Nah- oder Fernwärmenetze beheizt.

Zusammenfassend lassen sich für den forcierten Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Bis 2010: Energiepolitisch gestützter **„Einstieg“** durch Zielvorgaben (Verdopplung des Anteils erneuerbarer Energien) und wirksame Instrumentenbündel, insbesondere weiterer dynamischer Ausbau der Windenergie und der Biomasse.
- 2010 – 2020: **„Stabilisierung“** des Wachstums bei allmählichem Rückzug der energiepolitischen Instrumente.
- 2020 – 2030: Vollwertige **„Etablierung“** aller neuen REG-Technologien mit noch unterschiedlicher Ausprägung in den einzelnen Verbrauchssektoren und Aufbau von Importstrukturen für Strom aus erneuerbaren Energien; Einsatz von regenerativem Wasserstoff in Nischensegmenten.
- 2030 – 2050: Beginnende **„Dominanz“** der erneuerbaren Energien in allen Bereichen der Energieversorgung und erste energiewirtschaftlich relevante Anwendungen für regenerativem Wasserstoff
- nach 2050: Fortschreitende **„Ablösung“** der fossilen Energieträger durch eine vollständig auf erneuerbaren Energien beruhenden Energiewirtschaft bei sukzessiven Einstieg in die Wasserstoffwirtschaft bis etwa Ende dieses Jahrhunderts.

In den nächsten zwei Jahrzehnten ist ein großtechnischer Einsatz von Wasserstoff als Energiespeicher und Treibstoff der Zukunft allein aus Kostengründen volkswirtschaftlich nicht sinnvoll. Zudem besteht die Gefahr, dass mit einer nuklearen und fossilen Wasserstoffherzeugung kontraproduktive Entwicklungspfade beschritten werden, die aufgrund ihres hohen Risikopotenzials im Rahmen einer nachhaltigen Energieversorgungswirtschaft nicht zu verantworten sind. Die Wasserstofftechnologie ist ab dem Jahr 2020 nur dann eine zukunftsfähige Option, wenn ausschließlich auf Basis regenerativer Energien Wasserstoff erzeugt und eingesetzt wird.

### 1.3.6 Energiedienstleistungen

Effiziente Energieverwendung und -erzeugung sowie erneuerbare Energien sind volkswirtschaftlich vorteilhaft und haben ein hohes Potenzial für Innovation, Beschäftigung und Wertschöpfung. Allerdings steht das Thema Energie und besonders Energieeffizienz bei vielen Unternehmen und Verbrauchern nicht im Vordergrund, weder auf der Kundenseite noch bei Herstellern, Planern, Handel und Handwerk, die Geräte, Anlagen und Gebäude anbieten und installieren. Vor allem die vielfältigen Handlungsmöglichkeiten bei der effizienten Energieverwendung sind für die meisten unübersichtlich und würden daher einen hohen Informations- und Umsetzungsaufwand erfordern. Energieeffizienz wie auch die Nutzung erneuerbarer Energie muss daher so einfach und attraktiv wie möglich gemacht werden.

Ein **professionelles Bindeglied** zwischen Anbietern und Kunden energieeffizienter Anwendungstechnik ist daher notwendig, um durch Energiedienstleistungen die vielen Hemmnisse einer effizienteren und umweltverträglicheren Energienutzung zu überwinden und die Transaktionskosten besonders von Energieeffizienz-Maßnahmen, aber auch von dezentraler Erzeugung von Strom und Wärme zu senken. Dies ist eine wichtige Ergänzung für Maßnahmen der Energiepolitik, die Anbieter und Nachfrager innovativer Energietechnik direkt motivieren und unterstützen. Um den Markt für Energiedienstleistungen zu entwickeln, bedarf es jedoch ebenfalls einer Rückendeckung durch die Energiepolitik.

Energiedienstleistungen müssen künftig viel konsequenter als profitables Geschäftsfeld erschlossen werden. Notwendig sind dabei nicht nur von den Kunden direkt bezahlte Energiedienstleistungen wie z.B. vom Kunden bezahlte Energieanalysen, Energiespar-Contracting, energieeffiziente Nutzenergielieferungen, Vermietung energieeffizienter Geräte oder Anlagen. Der Markt für solche **Energieeffizienz-Dienstleistungen** entwickelt sich insbesondere für größere Kunden. Über 400 Unternehmen bieten beispielsweise in Deutschland Energieanlagen-Contracting an. Und die Zahl der Anbieter von Energiespar-Contracting, z.B. bei Druckluft, Klimatisierung, Beleuchtung nimmt ebenfalls zu (EM/Technomar 2000). Die Politik sollte diese Entwicklung unterstützen und beschleunigen, indem sie beispielsweise die Nachfrage nach derartigen Dienstleistungen stimuliert. Vor allem für standardisierte Produkte, bei denen die jährlich verkaufte Stückzahl hoch, aber die Einsparung pro Stück relativ klein ist, sind daher **Energieeffizienz-Programme** die Energiedienstleistung der Wahl. Dazu gehören z.B. gezielte Information/Beratung, kostenlose Energiechecks, Prämien für energieeffiziente Geräte, Direktinstallation energieeffizienter Technik. Solche Programme kombinieren Information, Aus- und Weiterbildung, Beratung und Prämien, stoßen Umsetzungsprozesse an und schaffen Netzwerke der relevanten Akteure. Sofern diese Programme die Kosten der Volkswirtschaft insgesamt reduzieren, sollten sie von der Gesellschaft oder besser von der **Kundengruppe, die davon profitiert, gemeinschaftlich finanziert** werden, um dem professionellen Bindeglied seine Arbeit zu ermöglichen. Das kann über die Energiepreise erfolgen, aber auch aus dem Aufkommen einer Energie- oder CO<sub>2</sub>-Steuer, oder aus allgemeinen Steuermitteln. Zum Thema Energieeffizienz-Fonds siehe ausführlich Abschnitt 2.1.5.1 auf Seite 52.

**Energieunternehmen** sollten in die Prozesse der Umsetzung von Energieeffizienz einbezogen werden oder sogar eine wichtige Rolle dabei erhalten, da sie angebots- und nachfrageseitige Energieeffizienz bei der Befriedigung energierelevanter Bedürfnisse integrie-

ren und so die Kosten minimieren können. Aber auch andere Akteure können das notwendige professionelle Bindeglied in den Märkten für Anwendungstechnik darstellen.

Obwohl einige marktinterne ökonomische Anreize für Energieunternehmen existieren, sind sie **zu schwach**, um Energieeffizienz-Aktivitäten in dem Ausmaß anzuregen, das angesichts der vorhandenen Potenziale und der allgemeinen energie- und klimapolitischen Ziele erforderlich ist. Die Entwicklung dieser Märkte bedarf daher der Unterstützung durch die Energiepolitik (vgl. Abschnitt 2.1.5.1 auf Seite 52)

### 1.3.7 Clean Coal

Weltweit nehmen die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger weiter zu. Mit rund 35% ist dabei die Stromversorgung einer der Hauptverursacher. Das World Energy Council (WEC) und die Internationale Energie Agentur (IEA) rechnen bis zum Jahr 2020 damit, dass der globale CO<sub>2</sub>-Ausstoß von heute rund 24,5 Mrd. t (Stand 2000) auf 36,6 Mrd. t ansteigen wird. Dies entspricht einer Erhöhung um fast 50% in nur zwanzig Jahren. Der auf die Stromerzeugung zurückzuführende Anteil steigt mit 69% den Erwartungen zufolge überproportional an. Wesentlicher Treiber dieser Entwicklung ist dabei die Verstromung von Kohle, die diesen Trendperspektiven entsprechend im Jahr 2020 zu CO<sub>2</sub>-Emissionen von rund 9,15 Mrd. t führen könnte und damit für etwa jede vierte Tonne Kohlendioxidausstoß verantwortlich zeichnen würde.

Entscheidend für den hohen Anteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Stromerzeugung ist der vergleichsweise niedrige Ausnutzungsgrad der eingesetzten Primärenergieträger. Weltweit liegt der mittlere Nutzungsgrad der Kohleverstromung bei gerade einmal 32%, wobei regional deutliche Unterschiede zu verzeichnen sind. Während der bundesdeutsche Kraftwerksmix auf eine Brennstoffausnutzung von im Mittel 38% kommt, beträgt der Vergleichswert in China nur 22%. Neben der weltweiten Forcierung der Energie- und vor allem der Stromeinsparung sowie der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien ist eine sukzessive Erhöhung der Wirkungsgarde damit unerlässlich, um den zu erwartenden Anstieg der Emissionen aus der Kohleverstromung zu begrenzen. Eine einfache (wenngleich auch theoretische) Beispielrechnung zeigt, dass bei einem vollständigen Ersatz der heute bestehenden Kohlekraftwerke durch die heute beste, auf dem Markt verfügbare Technologie (Wirkungsgradniveau 43%) eine sofortige Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von mehr als 1,4 Mrd. t CO<sub>2</sub>/a (d. h. knapp 6% der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen) erzielt werden könnte.

Auch auf der nationalen Ebene kommt der Erhöhung der Wirkungsgrade bei der Kohleverstromung eine wesentliche Bedeutung zu. Unter Referenzbedingungen (Business as Usual) wird der Kohleverstromung in den nächsten Jahrzehnten nach Analysen der Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ ein steigender Stromerzeugungsbeitrag von bis zu 220 Mrd. kWh zugewiesen (vgl. 131,5 Mrd. kWh im Jahr 2000). Nicht zuletzt, um den vereinbarungsgemäß rückläufigen Beitrag der Kernkraftwerke auszugleichen. Auch wenn ein Teil des zu erwartenden Anstiegs durch Maßnahmen im Bereich der Stromeinsparung oder andere Maßnahmen (z. B. Ausbau der dezentralen Stromerzeugung in Brennstoffzellen, Mikrogasturbinen, erneuerbare Energien) kompensiert werden

kann, ist die Notwendigkeit zur Erhöhung der Brennstoffausnutzung evident. Aus heutiger Sicht scheint dabei ein stufenweises Vorgehen angezeigt:

- schnelle Entwicklung eines effizienten Kohlekraftwerks mit höheren Dampfparametern von 600°C bei 285 bar im Wesentlichen auf der Basis der heute verfügbaren Materialien (Referenzkraftwerk NRW: Wirkungsgradziel 46 bis 47%) - Erstanlage 2010 bis 12;
- sukzessive weitere Steigerung der Dampfparameter bis auf 700 °C durch die Einbeziehung neuer hochtemperaturfester Materialien (Forschungsvorhaben KOMET 650 und AD 700: Wirkungsgradziel > 50%) - Demonstrationskraftwerk 2012;
- Marktfähige Weiterentwicklung neuer Kraftwerkskonzepte mit hohem Wirkungsgradpotenzial (insbesondere Druckkohlenstaubfeuerung: Wirkungsgradziel 55%) – Markteinführung 2015.

Modellrechnungen zeigen, dass eine derartige stetige Erhöhung der Nutzungsgrade im Rahmen der skizzierten Referenzentwicklung einen Minderungsbeitrag von bis zu 22 Mio. t CO<sub>2</sub>/a im Vergleich zum derzeitigen Stand der Technik ermöglichen würde. Das wären immerhin knapp 3% der gesamten deutschen CO<sub>2</sub>-Emissionen und mehr als 7% der der Stromerzeugung heute zuzurechnenden Emissionen. Damit würde eine Größenordnung erreicht, die der Minderungswirkung der Erhöhung der derzeitigen Windenergiekapazität (rund 12.000 MW mit einem Stromerzeugungspotenzial von 20,7 Mrd. kWh) um den Faktor 2,5 entsprechen würde.

Die Rahmenbedingungen um eine solche Entwicklung jetzt anzustoßen sind günstig. Dies betrifft zum einen den national und europaweit ab dem Jahr 2010 massiv einsetzenden Kraftwerkserneuerungsbedarf (40.000 MW in Deutschland und bis zu 200.000 MW europaweit) und zum anderen die weltweit zunehmenden (und zum Teil auch völkerrechtlich abgesicherten) Klimaschutzbemühungen. Beides erfordert die rechtzeitige Verfügbarkeit neuer, hocheffizienter und auf die jeweiligen Bedürfnisse flexibel angepasster Kraftwerkstechnik. Vor allem in den USA ist dies erkannt worden und dient neben der Verringerung der Brennstoffabhängigkeit vom Ausland als Legitimation für die von Präsident Bush ins Leben gerufene Clean Coal-Initiative. Mit einem Volumen an öffentlichen Fördermitteln von rund 2 Mrd. \$ und einem Gesamtinvestitionshorizont von 10 Mrd. \$ sollen in den nächsten Jahren die wesentlichen Schritte zur Entwicklung einer neuen Generation der Clean Coal-Technologie gemacht werden. Das in Deutschland, insbesondere aber auch Nordrhein-Westfalen diesbezüglich verfügbare Know-how bietet das Potenzial, hier nicht nur gegenhalten, sondern sich mit attraktiven Angeboten auch im Markt behaupten zu können.

### **1.3.8 Speicherung von Kohlendioxid**

Unter den fossilen Energieträgern ist Kohle derjenige mit den größten globalen Reserven, zugleich aber der höchsten Kohlenstoffintensität. Sofern von der Orientierung an engagierten Klimaschutzzielen ausgegangen wird, ist das zukünftige Nutzungspotenzial der Kohle eng mit der Machbarkeit der CO<sub>2</sub>-Entsorgung verbunden. Dies gilt insbesondere für den Bereich der Stromerzeugung. Vor diesem Hintergrund ist es nicht verwunderlich, dass einige Länder bereits heute der CO<sub>2</sub>-Entsorgung eine Schlüsselfunktion zuweisen und in

ihrem Forschungs- und Entwicklungsprogrammen besonders herausstellen. Dies gilt insbesondere für die USA. Ende 2002 lagen die amerikanischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bereits rund 12 % oberhalb des Niveaus des Jahres 1992. Im Rahmen einer Trendentwicklung ist mit einer weiteren Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes um 34 % bis zum Jahr 2012 zu rechnen

(vgl. Annual Energy Outlook der USA 2002), und dies, obwohl bereits von einem signifikant steigenden Beitrag der erneuerbaren Energien (z. B. Vervierfachung des Windenergiebeitrags) und anderer neuer Energietechnologien ausgegangen wurde. Eine Stabilisierung der Emissionen auf dem heutigen Niveau scheint zwar möglich, die gegenwärtige

US-Regierung geht aber davon aus, dass der überwiegende Einsparanteil aus der CO<sub>2</sub>-Entsorgung resultieren muss (vgl. Abbildung 8).

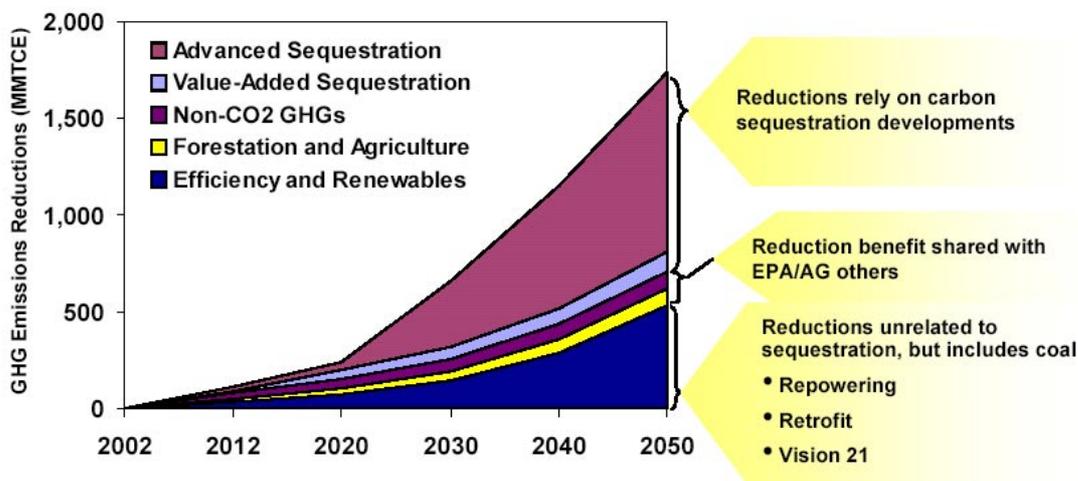


Abbildung 8: Reduktionserfordernisse gg. Trend zur Stabilisierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den USA (DOE 2003)

Hiermit verbunden wären erhebliche technologische Anstrengungen, und zwar nicht nur auf der Seite der CO<sub>2</sub>-Entsorgung, sondern auch kraftwerksseitig. Für den Entsorgungsbereich werden derzeit unterschiedlichste Optionen diskutiert, etwa Einlagerung in leer geförderte Erdgasfelder, Aquiferen, Mineralisierung etc. Konkret bedeutet dies, dass damit auch ein grundsätzlicher Übergang auf eine andere als heute übliche Kraftwerkstechnologie notwendig wäre. Rauchgaswäschen zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung als Bindeglied zur herkömmlichen Kraftwerkstechnik sind prinzipiell bekannt und in der chemischen Prozesstechnik erprobt. Sie führen jedoch zu erheblichen finanziellen Aufwendungen und einem erheblichen energetischen Mehrbedarf von 10 bis 35 %. Deutlich günstiger ist dagegen die Kohlevergasung mit Sauerstoff unter Druck und die CO<sub>2</sub>-Abtrennung auf der Brennstoffseite zu beurteilen (IGCC).

Als ergänzende Entwicklungslinien sind die Oxyfuel-Verfahren zu betrachten. Das Prinzip beruht auf einer Abtrennung von Sauerstoff aus der Atmosphäre mit einer Sauerstoff leitenden Membran unter hohen Temperaturen. Der Sauerstoff kann dann nicht nur zur Vergasung, sondern auch für die Verbrennung eingesetzt und das Wasser aus dem letztendlich entstehenden CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O-Gemisch am kalten Ende auskondensiert werden. Auf-

grund der Vielzahl von technologischen Möglichkeiten ist heute noch nicht eindeutig absehbar, welche Abtrennungs- und Entsorgungsform sich durchsetzen könnte. Ob die CO<sub>2</sub>-Entsorgung als Strategiepfad geeignet ist, hängt aber nicht nur von den noch notwendigen technologischen Entwicklungen ab, sondern auch von ökonomischen und ökologischen Fragen. Zudem kommt den Infrastrukturaspekten eine entscheidende Rolle zu. Bei einem abgeschätzten Entsorgungspotenzial in Deutschland von ca. 4.000 Mio. t CO<sub>2</sub> (insbesondere in leer geförderten Erdgas- und Erdölfeldern sowie Aquiferen, Enquete-Kommission 2002) würde rein rechnerisch eine Entsorgung allein auf der Basis heimischer Speicherkapazitäten den o. g. Enquete-Szenarien folgend nur über 16 bis 20 Jahre möglich sein - eine insgesamt wenig zufrieden stellende Perspektive. Gelänge es, die salinaren Aquifere für die CO<sub>2</sub>-Entsorgung vollständig aufzuschließen, ließe sich das Potenzial nach Abschätzungen der BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) ggf. bis auf 23.000 bis 43.000 Mio. t erhöhen.

Im europäischen Ausland sind im Vergleich zu Deutschland deutlich größere Speichervolumina verfügbar. Ein verstärkter Übergang auf eine Speicherung im Ausland führt allerdings unweigerlich zu der Frage, ob dann das am Kraftwerksausgang entstehende CO<sub>2</sub> (aufwendig) über eine Pipeline zu den Endlagerstätten transportiert werden sollte; oder ob es nicht ökonomisch sinnvoller wäre, die Kraftwerke direkt am Ort der Senke zu installieren und den Strom zu den Verbrauchern zu transportieren. Grundsätzlich ist (mit Bezug auf Erdgas und Öl als Primärenergiequelle) auch denkbar, die CO<sub>2</sub>-Abtrennung und -entsorgung direkt an der Primärenergiequelle durchzuführen und Wasserstoff, in direkter oder indirekter Form, z. B. als flüssiger Energieträger (Gas to Liquid, GTL) zu den Verbrauchsschwerpunkten (z. B. Kraftwerke) zu bringen.

In anderen Ländern bzw. Regionen ist die Potenzialfrage zur CO<sub>2</sub>-Entsorgung – zumindest bezogen auf die Gesamtspeichermengen – demgegenüber ggf. weniger kritisch zu diskutieren. Weltweit wird das Speicherpotenzial in Ölfeldern auf 130 Mrd. t CO<sub>2</sub> und in Gasfeldern auf 900 Mrd. t CO<sub>2</sub> abgeschätzt (vgl. weltweite CO<sub>2</sub>-Emissionen derzeit von etwa 26,4 Mrd. t/a). In salinaren Lagerstätten könnten grundsätzlich bis zu 10.000 Mrd. t CO<sub>2</sub> gespeichert werden. Jedoch sind die Angaben mit hohen Unsicherheiten verbunden (vgl. WBGU 2003). Für die Umsetzung ist allerdings auch hier zu beachten, dass die heutigen Kraftwerksstandorte zum Teil in erheblicher Entfernung zu den Gasfeldern liegen, was nicht nur zu erhöhten Investitionen für den Bau der notwendigen CO<sub>2</sub>-Pipelines führt, sondern auch erhebliche Zeitverzögerungen zur Folge haben könnte.

Bei der möglichen Abtrennung von CO<sub>2</sub> und insbesondere dessen sicherer und langfristiger Endlagerung sind aus heutiger Sicht noch viele technische, ökonomische und ökologische Fragen offen. Unklar ist etwa, ob und in welchen Zeiträumen davon auszugehen ist, dass je nach CO<sub>2</sub>-Senke (geologische Formationen, leer geförderte Erdgas- bzw. Erdölfelder) das eingebrachte CO<sub>2</sub> wieder in die Atmosphäre entweicht<sup>10</sup>. Offene Fragen betreffen aber nicht nur die überhaupt verfügbaren Potenziale (und deren regionale Verteilung) für die dauerhafte Verbringung von CO<sub>2</sub> in sichere Lagerstätten und die hiermit verbundenen Kosten, sondern auch die ökologischen Risiken. Bisher liegt noch keine detaillierte Ausei-

---

<sup>10</sup> Seit 1996 wird in Norwegen jährlich etwa 1 Mio. t CO<sub>2</sub>, das aus dem im Sleipner West-Feld im norwegischen Sektor der Nordsee geförderten Erdgas (sog. Begleitgas) abgeschieden wurde, in eine salinare unterseeische Lagerstätte eingebracht. Die seismische Überwachung deutet bisher darauf hin, dass das CO<sub>2</sub> unter dem wasserundurchlässigen geologischen Deckel effektiv eingeschlossen ist.

nersetzung mit den ökologischen Auswirkungen über die gesamte Prozesskette (z. B. Energiebilanz, kumulierte Energieaufwendungen, Umweltwirkungen, Rohstoffeinsatz) vor, wie sie für andere neue Energietechnologien – insbesondere sind hier die erneuerbaren Energien zu nennen – heute selbstverständlich ist. Auch ein systematischer Kosten- und Potenzialvergleich verschiedener zukünftig nutzbarer Optionen der CO<sub>2</sub>-Rückhaltung aus fossilen Energieträgern unter Berücksichtigung ökologischer Vergleichsrechnungen mit anderen CO<sub>2</sub>-Minderungsoptionen hat bis heute noch nicht stattgefunden.

Aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten muss sich die CO<sub>2</sub>-Entsorgung der Konkurrenz mit anderen Treibhausgasminderungsoptionen stellen. Für Westeuropa sind dabei im großtechnischen Maßstab neben den vielfältigen, zumeist unterschätzten Möglichkeiten der Energieeinsparung, vor allem der Ausbau der Windenergie, der geothermischen Stromerzeugung und der Import von Strom aus erneuerbaren Energien zu nennen. Heute werden die Kosten der CO<sub>2</sub>-Abtrennung auf 18 bis 50 E/t und diejenigen der Entsorgung auf 10 bis 24 E/t abgeschätzt (COORETEC 2003). Die resultierende Gesamtkosten von 28 bis 74 E/t führen für Kohlekraftwerke mit CO<sub>2</sub>-Entsorgung zu um 1,8 bis 4,8 ct/kWh erhöhten Stromgestehungskosten<sup>11</sup>. Damit liegen die Bereitstellungskosten zum Teil deutlich oberhalb der für die konkurrierenden Technologien abgeschätzten Vergleichskosten (vgl. Abbildung 9).

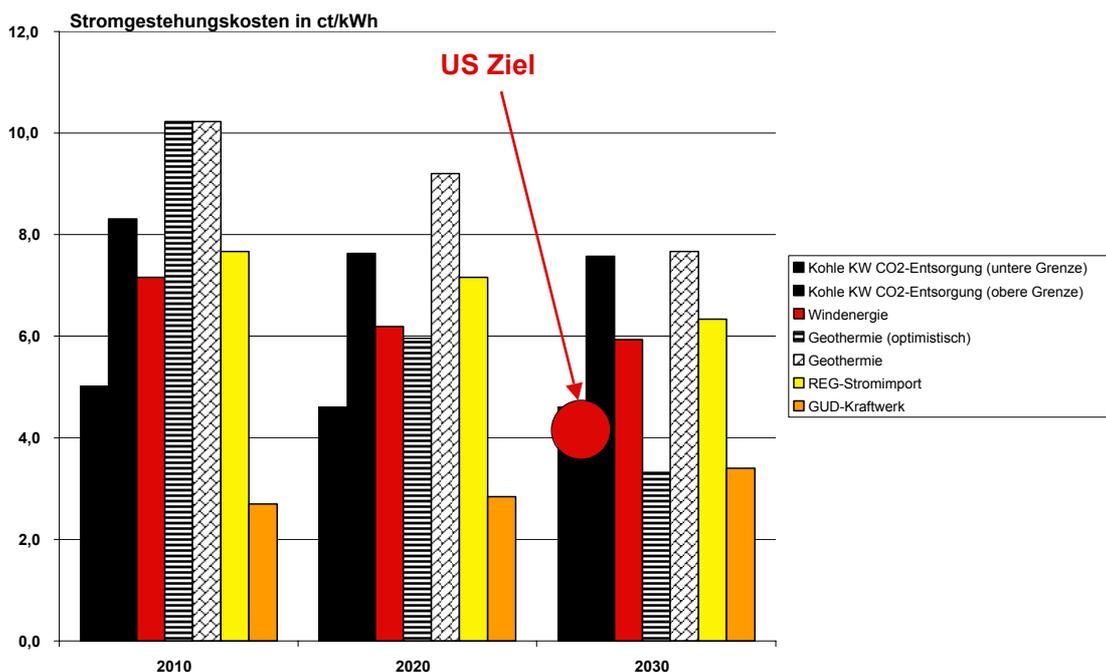


Abbildung 9: Kosten der CO<sub>2</sub>-Entsorgung im Vergleich zu anderen Klimaschutzoptionen (Kostenabschätzungen der regenerativen Optionen nach

<sup>11</sup> Vergleichbare Kostenangaben liegen auch für die USA vor, wo für die reine Abtrennung (CO<sub>2</sub>-capture), der in der Regel rund 50% der Gesamtkosten angelastet werden können, Zusatzkosten zwischen 1,7 und 2,4 ct/kWh ausgewiesen werden (PEW 2003). Am günstigsten schneidet nach diesen Analysen heute, vor allem aber auch perspektivisch die Abtrennung von CO<sub>2</sub> vor der Verbrennung mit Hilfe von IGCC-Kraftwerken ab.

Mit dem Stromimport aus erneuerbaren Energien und der geothermischen Stromerzeugung können – unter optimistischen Annahmen hinsichtlich der erreichbaren Kostendegression und technologischen Entwicklungen – der Kohleverstromung mit CO<sub>2</sub>-Entsorgung maßgebliche Konkurrenztechnologien erwachsen. Diese könnten auch im Grundlastbereich zur Anwendung kommen. Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die CO<sub>2</sub>-Entsorgung würden sich jedoch dann deutlich verbessern, wenn es gelingt, sich dem amerikanischen Entwicklungsziel für die CO<sub>2</sub>-Abtrennung von 10\$/t CO<sub>2</sub> zu nähern (vgl. Abbildung 9). Eine entscheidende Zielgröße, die im Laboratoriumskonzept im Rahmen der Carbon Sequestration Technology Road Map bis zum Jahr 2012 erreicht werden soll.

## 2 Maßnahmen für den Auf- und Ausbau eines nachhaltigen Energiesystems

### 2.1 Energiewirtschaftliche Maßnahmen

#### 2.1.1 Leitlinien, Zielgrößen und Lösungsansätze

Eine an den Zielen einer nachhaltigen Entwicklung ausgerichtete Energiepolitik wird in Zukunft erheblich an Bedeutung gewinnen. Vor diesem Hintergrund muss eine innovative, zukunftsweisende und nachhaltige Energiepolitik für Deutschland neue Grundsätze entwickeln und berücksichtigen. Wichtig ist dabei, dass sich Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft auf mittel- bis langfristige Leitziele verständigen und diese quantifizierten Orientierungsziele (wie z.B. CO<sub>2</sub>-Reduktionsziele) mit marktwirtschaftlichen Mechanismen und Anreizen konsequent anstrebt. Mit Szenarien gestützten gesellschaftlichen Dialogprozessen könnten solche Langfristziele transparent und kritikfähig gemacht und Inkonsistenzen bzw. Zielwidersprüche leichter aufgelöst werden:

- Ökologie ist Langfristökonomie, insofern sollte eine an den Zielen der Nachhaltigkeit ausgerichtete Energiepolitik umweltfreundliche und damit langfristig wirtschaftlich sinnvolle Lösungen priorisieren.
- Dazu gehört als erste Priorität die Stärkung der Energieeffizienz, weil sie zur Kostenentlastung beiträgt und damit auch den Finanzierungsspielraum für die teilweise noch teuren regenerativen Energien erweitert. Hierfür müssen die richtigen Rahmenbedingungen für effizientere Energienutzung im Rahmen einer ökoeffizienten und innovativen Modernisierung der Wirtschaft geschaffen werden.
- Weitere Strategieelemente sind der Ausbau erneuerbarer Energien und die Entwicklung dezentraler, flexibler und innovativer Energiestrukturen. Hier sind Anschubfinanzierungen sinnvoll und notwendig, weil die Erfahrungen der vergangenen Jahre aber auch Studien über die zukünftige technische Entwicklung diesen neuen dezentralen Technologien hohe Lernkurveneffekte bescheinigen (Enquete-Kommission 2002).

Deutschland kann in all diesen Bereichen EU-weit eine Vorreiterrolle spielen, da diese auch europa- und weltweit die zentralen Leitlinien für eine nachhaltige Entwicklung des Energiesystems bilden.

Vor diesem Hintergrund werden im folgenden zunächst wesentliche quantitative Ziele einer nachhaltigen Energiepolitik aufgestellt. Die Definition und gesellschaftliche Verankerung dieser Ziele ist erforderlich, um eine in sich konsistente, auf Dauer wirksame und an der Umsetzung der globalen Zielstellungen orientierte Energiepolitik zu entwickeln.

Daraufhin werden für die drei wichtigsten Maßnahmenbereiche Steigerung der Energieeffizienz, Ausbau der Regenerativen Energien und Entwicklung dezentraler Energiesysteme entsprechende Lösungsansätze, Strategien und Handlungserfordernisse für die Bundesebene abgeleitet.

Anschließend werden die Ziele und Maßnahmen auf wesentliche Sektoren bzw. Akteursgruppen bezogen. Dies sind der Gebäudebereich, der Verkehr, die Wirtschaft – als Energieanbieter, Energieverbraucher und Hersteller von energieeinsetzenden Produkten – sowie die darauf abzielenden Politikinstrumente des Bundes.

### 2.1.1.1 Quantitative Ziele für ein nachhaltiges Energiesystem

Zu unterscheiden sind gesamtwirtschaftliche, sektor-, akteurs- und technologiebezogene Zielsetzungen zur **Steigerung der Energieeffizienz**:

- **Gesamtwirtschaftliches Ziel** sollte es sein, die Energieproduktivität jährlich um 3% zu steigern (Enquete-Kommission 2002).
- Zu möglichen **sektorspezifischen Zielen** liegen verschiedene Studien vor. Nach Experten-Einschätzungen können bis zum Jahre 2020 gegenüber dem Trend etwa 20% des industriellen Energieeinsatzes und 11% des Endenergiebedarfs im Kleinverbrauchssektor durch Ausschöpfung der heute unmittelbar verfügbaren technischen Lösungen rentabel eingespart werden (Enquete-Kommission 2002).
- Ein Beispiel für ein realisierbares **aktorspezifisches Ziel** könnte die Verpflichtung von Energielieferanten sein, gegenüber dem Trend pro Jahr mindestens 1% des Energieabsatzes zusätzlich durch Aktivitäten zur Energieeffizienz auf der Nachfrageseite einzusparen (Thomas et al. 2003).

Im Bereich der regenerativen Energien sind von der Bundesregierung und dem Bundestag die globalen Ziele für Deutschland gesetzt. Bis 2010 soll ihr Anteil am Primärenergieeinsatz wie an der Stromerzeugung verdoppelt werden. Langfristig, mit Zielhorizont 2050, sollen sie etwa 50% des bis dahin deutlich verringerten Energiebedarfs decken. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über Zielsetzungen nachhaltiger Energieentwicklung:

Tabelle 2: Zielsetzungen nachhaltiger Energieentwicklung

Zielbereich	Einzelziele
<b>Energieeffizienz bei der Energieverwendung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jährliche Energieeffizienzsteigerung etwa 3% pro Jahr</li> <li>• zusätzlich zum Trend Ausschöpfung der betriebswirtschaftlich lukrativen Einsparpotentiale in den Einzelsektoren bis 2020: Kleinverbrauch rd. 18%, Industrie 10 bis 13%, öffentliche Hand Strom und Wärme 25 bis 60%, über alle „Weiße und Braune Ware Geräte“ &gt;20%</li> <li>• Bestehende Selbstverpflichtung des Bundes zur CO<sub>2</sub>-Reduktion im eigenen Geschäftsbereich bis 2005 um 25% gegenüber 1990</li> <li>• Flächendeckende Erfassung des Gebäudebestands durch Energiepass</li> </ul>
<b>Erneuerbare Energien</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verdoppelung des Anteils am Primärenergiebedarf von 2000 bis 2010 von etwa 2,1% auf 4,2% und gleichzeitig Steigerung des Anteils an der Stromerzeugung auf 12,5%</li> <li>• Anteil an der Stromerzeugung bis 2020 bei 22%</li> <li>• Besonderer Fokus der Aktivitäten auf bisher wenig beachtete Bereiche (z.B. Geothermie, Biogas und Biomasse)</li> </ul>
<b>Effiziente Energieerzeugung durch KWK</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verdoppelung des derzeitigen KWK-Anteils an der Brutto-Stromerzeugung auf 18% bis 2010</li> </ul>
<b>Versorgungssicherheit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anteil der Bevölkerung, die mindestens einmal pro Jahr ohne Strom war und Dauer der Stromausfälle pro Jahr in Minuten verharrt auf dem heute erreichten Niveau</li> <li>• Senkung der absoluten Importe insgesamt sowie differenziert nach den einzelnen Energieträgern und Beibehaltung des Diversifikationsgrads der Bezugsstruktur</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diversifikation von Energiebezugsquellen und Energieträgermix, Absicherung der Importe und Reduktion der Importabhängigkeit</li> <li>• entsprechender Netzbetrieb und -aufbau</li> </ul>	

<p><b>Beschäftigung in der Energiewirtschaft</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsplatzgewinne</li> <li>• sozial- und wirtschaftsverträgliche Gestaltung der erforderlichen strukturellen Veränderungen (z.B. Verschiebungen zwischen Sektoren, Veränderung Qualifikationsstruktur)</li> <li>• Berücksichtigung der Interessen bestimmter Beschäftigtengruppen (Schwerbehinderte, AusländerInnen etc.) sowie der Frauen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Positive Nettoarbeitsplatzeffekte (Energiewirtschaft und weiteren in Klimaschutzmaßnahmen involvierte Branchen)</li> <li>• Umschichtung der Arbeitsplätze in Richtung nachhaltiges Energiesystem</li> <li>• Ausreichende Ausgaben für Umschulungsmaßnahmen in den schrumpfenden Bereichen der Energiewirtschaft pro Beschäftigtem</li> </ul>
<p><b>Wirtschaftlichkeit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau, Erhalt und Optimierung der zu Energieversorgung und zur Energieeffizienzsteigerung notwendigen Infrastrukturen, Netzwerke etc.</li> <li>• Wirtschaftlichkeit von Energiedienstleistungen</li> <li>• Unterstützung von Optionen für den Übergang in eine nachhaltige Energieversorgung</li> <li>• FuE-Mittel und Markteinführungsunterstützung incl. integrale Systemlösungen</li> <li>• Internalisierung externer Effekte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rang im EU-Strom- und Gaspreisvergleich für Industriekunden und Haushalte (incl. Steuern) wird gehalten</li> <li>• Anteil der Energiekosten an den Gesamtausgaben repräsentativer Haushaltstypen sinkt durch Energieeffizienzsteigerung</li> <li>• FuE-Mittel und Markteinführungsunterstützung für innovative Techniken und Dienstleistungen werden insgesamt gehalten und gleichmäßig auf Angebots- und Nachfrageseite verteilt</li> <li>• Umfang der Internalisierung externer Effekte steigt an</li> <li>• Verlorene Lebensjahre je Energieeinheit (inklusive Vorketten) sinken kontinuierlich</li> <li>• Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß typischer Schadensfälle sinken kontinuierlich</li> </ul>
<p><b>Verteilungsgerechtigkeit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gleiche Zugangschancen zu Energieressourcen und Energiedienstleistungen für alle Menschen</li> <li>• Stabilisierung der Energiekostenbelastung bei sinkenden Energieverbräuchen und Reduktion Heiz- und Stromkostenbelastung sozial schwächerer Haushalte</li> <li>• Partizipation an energierelevanten Entscheidungsprozessen (Betroffene, relevante Akteure)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heiz- und Stromkostenindex sozial schwächerer Haushalte sinkt kontinuierlich</li> <li>• Anzahl/Anteil wärmedämmter Sozialwohnungen steigt schneller als im Durchschnitt des gesamten Gebäudebestands</li> <li>• Bruttojahresverdienste von Frauen und Männern gleichen sich in der Energiewirtschaft an</li> </ul>
<p><b>Internationale Verträglichkeit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Angleichung der Pro-Kopf-Treibhausgasemissionen (internationale Verteilungsgerechtigkeit)</li> <li>• Bi-/multilaterale Kooperation zur Vermeidung internationaler Konflikte (um knappe Ressourcen etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Treibhausgasemissionen pro Kopf gleichen sich an</li> <li>• Export und Entwicklungshilfe im Bereich Effizienzsteigerung und erneuerbare Energien steigt an</li> </ul>

### 2.1.1.2 Lösungsansätze zur Steigerung der Energieeffizienz

Lösungsansätze, mit deren Hilfe die genannten Energieeffizienz-Zielsetzungen erreicht werden, können wie folgt gegliedert werden:

- Einsatz energieeffizienter Querschnittstechnologien (z. B. Heizung, Lüftung, Druckluft) (⇒Technik),
- systemare Konzepte zur Steigerung der Energieeffizienz (⇒System),
- prozessorientierte Unterstützung (⇒Prozesse),
- zielgruppenspezifische Ansätze (⇒Akteure).

Sowohl bei Neuanschaffungen als auch beim Ersatz bestehender Technologien ist der Einsatz marktbesten, d. h. besonders energieeffizienter Geräte, Anlagen und Verfahrensweisen oft wirtschaftlich. Technologie orientierte Aktivitäten zur Steigerung der Energieeffizienz sollten neben der Verbesserung thermischer Prozesse in der Industrie vor allem bei stärker standardisierten **Querschnittstechnologien** ansetzen, die bei unterschiedlichen Zielgruppen zum Einsatz kommen und in großer Stückzahl vertrieben werden können. Nur ein Beispiel: Allein der bundesweite Einsatz hocheffizienter Heizungs-Umwälzpumpen kann ein halbes Kernkraftwerk ersetzen.

Um den Einsatz energieeffizienter Technologien in einem spezifischen Anwendungszusammenhang zu ermöglichen oder zu erleichtern, bedarf es organisatorischer Konzepte, die den **Systemzusammenhang** des Einsatzes der jeweiligen Einzeltechnologie oder technischen Verfahrensweise berücksichtigen. Hierzu zählen insbesondere Energiemanagement sowie integrale Analyse- und Planungsverfahren im Gebäude- und Industriebereich.

Technologien und systemare Lösungsansätze mit einem hohen Qualitäts- und Effizienzstandard, welche die Gesamtstruktur der jeweiligen Anwendung beachten, sind in den meisten Bereichen heute schon verfügbar und rentabel einsetzbar. Dennoch werden die vorhandenen technisch-wirtschaftlichen Potenziale bei weitem nicht ausgenutzt, die genannten Energieeffizienzziele folglich nicht erreicht. Hier bedarf es **den Umsetzungsprozess unterstützender Maßnahmen**. Hierzu zählen u.a. Schritte zur Unterstützung des Wissenstransfers und die auf die Zielgruppen zugeschnittenen technisch-organisatorischen Lösungen.

Im Rahmen des Umsetzungsprozesses müssen die einzelnen **Zielgruppen** entsprechend ihrer Bedürfnisse, Fähigkeiten und Möglichkeiten mit einem optimierten, integrierten Maßnahmenbündel spezifisch angesprochen werden. Dabei sollte sich das Augenmerk auf Zielgruppen richten, die aufgrund ihrer Stellung im Akteursgeflecht besonders zur Steigerung der Energieeffizienz beitragen können. Dies sind insbesondere der Handel als Bindeglied zwischen Herstellern und Nutzern, die Gebäudewirtschaft und deren Dienstleister aufgrund der dort vorhandenen Einsparpotenziale, KMU (vgl. hierzu auch Wuppertal Institut et al. 1998), Bildungsinstitutionen, die Energieeffizienz-Wissen vermitteln sollten, sowie Multiplikatoren wie Medien, Verbandsvertreter und „Pionier“-Unternehmen.

### **Policy-Mix zur Förderung der Energieeffizienz**

Generell positiv für die Energieeffizienz wirken die **Internalisierung externer Effekte (soziale Kosten)** über die Energiepreise (Energiebesteuerung) (vgl. auch Verbruggen/Couder 2003), der **Abbau von Subventionen** für fossile, nukleare und Fusions-Energien und das Auslaufen der kommerziellen Nutzung der Kernenergie zur Stromproduktion, das die notwendige Uorientierung der Energiewirtschaft in Richtung eines nachhaltigen Energiesystems erleichtern und beschleunigen kann.

Zusätzlich ist ein **Policy-Mix** notwendig, der die folgenden Politikinstrumente enthält:

- **Monetäre Anreize:** direkte finanzielle Unterstützungen und fiskalische Anreize. Beispielsweise wurde in den Niederlanden ein umfangreiches Prämienprogramm für

Energieeffizienzmaßnahmen in Privathaushalten mit 15% der Ökosteuer-Einnahmen finanziert. Zwei Jahre nach Beginn des Prämiensystems war der Marktanteil energieeffizienter Geräte enorm gestiegen, z. B. bei Waschmaschinen der Energieeffizienzklasse „A“ zwischen 1999 und 2001 von 40% auf 88% (Wuppertal Institut/ASEW 2003). Insbesondere im Bereich der Gebäude existieren hohe direkte und indirekte monetäre Anreize (z.B. Eigenheimzulage, Abschreibungsmöglichkeiten, Förderkredite). Diese sollten noch stärker als bis jetzt an den Zielsetzungen nachhaltiger Energiepolitik ausgerichtet werden.

- **Mobilisierung, Information, etc.:** „Weiche“ Instrumente wie Motivation, Information, Vernetzung, Aus-, Fort- und Weiterbildung, Training, und Labelling, aber auch die Förderung von Erstberatungen bzw. –Audits. Beispielsweise konnten mit Hilfe der von der Energieagentur Motiva in Finnland durchgeführten etwa 500 Energieanalysen in öffentlichen und privaten Betrieben 55% des dabei festgestellten Einsparpotenzials in der Industrie und 70% des dadurch identifizierten Einsparpotenzials im öffentlichen Bereich ausgeschöpft werden (Wuppertal Institut/ASEW 2003).
- **Standardisierungen:** Festlegung bzw. Weiterentwicklung von Mindesteffizienz-Standards für Gebäude, Produkte und Produktionsweisen; Qualitätsstandards für Erfassungs- und Evaluierungsverfahren für die durch Energieeffizienzmaßnahmen eingesparte Energie; unabhängige Vergabe von Qualitäts-Zertifikaten für Contracting-Unternehmen; Standardisierung von Ausschreibungsverfahren für nachfrageseitige Ressourcen und Energiespar-Contracting-Modellen.
- **Energieeffiziente Beschaffung und Beschaffungspartnerschaften (Procurement):** Öffentliche Beschaffer sollten durch verschiedene Maßnahmen – z. B. Investition- und Beschaffungsrichtlinien sowie zentrale „Energy Efficient Procurement Information Desks“ (Borg&Co et al. 2003) – angewiesen und unterstützt werden, energieeffiziente Anschaffungen und Investitionen (einschließlich des Gebäudemanagements) zu tätigen; Förderung von Beschaffungsk Kooperationen; Förderung von Innovationspartnerschaften zwischen Herstellern/Lieferanten und Großabnehmern zur Neu- oder Weiterentwicklung besonders energieeffizienter, bedarfsgerechter Technologien.
- **Förderliche Rahmenbedingungen** für die verstärkte Umsetzung von Energieeffizienz-Aktivitäten von Energieunternehmen und anderen Akteuren und die Entwicklung eines Marktes für Energieeffizienz-Dienstleistungen. Hierzu zählen insbesondere Verpflichtungs- und Fondslösungen (vgl. hierzu ausführlicher Abschnitt 2.1.5.1 auf Seite 52), die Berücksichtigung der Energieeffizienz bei der Regulierung der Netzbetreiber (Thomas, Irrek, Kristof 2003) sowie rechtliche Unterstützungsmaßnahmen (z. B. Klärung bestehender rechtlicher Interpretationsspielräume beim Intracting).

Entscheidend ist dabei die intelligente Bündelung dieser Instrumente in zielgruppenspezifischen **Markttransformationsprogrammen**, um Synergieeffekte auszuschöpfen und die gewünschten Wirkungen auf die Energieeffizienzsteigerung auch erzielen zu können.

### 2.1.1.3 Lösungsansätze zum Ausbau der regenerativen Energien

In der derzeitigen Energiepolitik wie im nationalen Klimaschutzprogramm hat der Ausbau erneuerbarer Energien hohe Priorität.

Auf der Basis der vielfältigen heute schon bestehenden und erfolgreichen Maßnahmen und Projekte des Bundes (z.B. EEG und KfW-Förderung) können weitere, ergänzende

Maßnahmen identifiziert werden, deren Ziel es ist, den Anteil der erneuerbaren Energien im Strom- und Wärmebereich zu erhöhen:

- in Bereichen, die heute noch am Anfang der Entwicklung stehen, sollten **Pilot- und Demonstrationsobjekte** vom Bund initiiert und begleitet werden. Dies gilt vor allem für die geothermische Stromerzeugung (Hot Dry Rock Verfahren), die Nutzung oberflächenferner Geothermie zur Wärmebereitstellung wie auch für die Biogaseinspeisung in das Erdgasnetz und den Aufbau solarer Nahwärmenetze (u. U. inklusive saisonaler Speichersysteme).
- Auch in Bereichen, die wie die Biomasse bereits seit längerer Zeit im Blickpunkt stehen, sind noch weitere Maßnahmen zur beschleunigten **Markteinführung** erforderlich. Hierzu zählen: Weiterentwicklung und verstärkte Markteinführung von Standardkonzepten (z.B. Nahwärmeversorgung), erhöhte Förderung innovativer Verfahren der Biogasnutzung im Rahmen des EEG (z. B. Kofermentation von Biomüll und Speisefetten), Weiterentwicklung, Demonstrationsanlagen und Markteinführung in den Bereichen Zufeuerungsanlagen, Vergärung und integrierte Konzepte (Schwarzwasser, Biomüll, Kofermentation, feste Stoffe), Brennstoffzellen, die auf die Nutzung von biogenen Gasen ausgelegt sind, Vergasungstechnologien und sonstigen Kleinanlagen mit Biomassenutzung (wie Stirlingmotoren) sowie von hybriden Systemen (Solar, Wind, Biomasse, Speicher) in angepaßter Technologie für Entwicklungsländer, Unterstützung von Kompetenz-, Rohstoff- und Logistikzentren.
- In diesen Kontext gehört ebenso der weitere Ausbau und die Unterstützung von **Beratungs- und Weiterbildungsmaßnahmen** durch Verstärkung des zielgruppenspezifischen Marketings (insbesondere im Bereich der Biomassenutzung), Unterstützung beim Aufbau eines Logistikkonzeptes/-verbundes zur Beschaffung und Vermarktung von Biomasse, Durchführung von Regionalkonferenzen und regionalen Innovationswerkstätten mit dem Ziel, die Bildung regionaler Akteursnetzwerke zu initiieren (z. B. gemeinschaftlicher Aufbau von Kofermentationsanlagen), Übernahme von Bürgschaften (z. B. für Biomasseanlagen in der Landwirtschaft, für Contractingmaßnahmen in gewerblichen Betrieben oder für Bohrrisiken bei geothermischen Anlagen), Untersuchung und Nutzung der Möglichkeiten der Durchführung von gruppenspezifischen technology procurement Prozessen, als Maßnahme zur schnelleren Induzierung von Masseneffekten, stärkere Verknüpfung von Energieeinsparmaßnahmen mit Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien z. B. mit Hilfe von kombinierten Contractingmodellen (Initiierung und Dokumentation von guten Praxisbeispielen).
- Bereits heute werden nicht unerhebliche Anteile der in Deutschland produzierten PV-Komponenten exportiert. Langfristig sind hier noch große Wachstumspotentiale vorhanden, wobei neben dem Export photovoltaischer Systemkomponenten auch der hochwertige Anlagenbau für PV-Produktionstechniken zur Wertschöpfung beitragen kann. Eine wesentliche Voraussetzung, hier erfolgreich zu sein, ist eine systematische Analyse der Bedürfnisse zum Einsatz erneuerbarer Energien in anderen Ländern. Nach bisherigen Erkenntnissen werden dabei insbesondere Gesamtsystemlösungen im Paket mit Finanzdienstleistungen ihren Markt finden können (z. B. zur Elektrifizierung von Inselnetzen).

Der Bund kann hier z.B. als Initiator von Akteursnetzwerken agieren, in denen sich die Marktteilnehmer zu strategischen Allianzen zusammenschließen, um als Gesamtheit derartige Angebote machen zu können. Auch das Initiieren von weiteren Pilotprojekten im Bereich solarthermischer Kraftwerke oder anderer fortschrittlicher Projekte (z. B. der Zusammenschluss solarthermischer Kraftwerke mit Meerwasserentsalzungsanlagen) ist sinnvoll. Auch die Vergabe von Bürgschaften für den Aufbau derartiger neuer Märkte erscheint möglich. Diese Maßnahmen führen zwar in Deutschland selbst zu keiner CO<sub>2</sub>-Minderungswirkung, sie können aber von den Unternehmen im Inland im Rahmen des EU-Emissionshandels genutzt werden. Gleichzeitig können hier frühzeitig Erfahrungen mit den flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls gesammelt werden.

#### 2.1.1.4 Lösungsansätze zur Entwicklung dezentralerer Strukturen des Energiesystems

##### Politische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen für die Kraft-Wärme-Kopplung

Von besonderer (unmittelbarer) Bedeutung für die KWK in Deutschland sind derzeit das „Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung“ (KWKModG, April 2002), die in diesem Rahmen ausgehandelte freiwillige Selbstverpflichtungserklärung (SVE-KWK) der deutschen Wirtschaft und das nationale Klimaschutzprogramm der Bundesregierung. Letzteres sieht Einsparungen an CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 10 Mio. t bis 2005 und mindestens 20 Mio. t bis 2010 vor, die jeweils zur Hälfte durch die SVE-KWK und das KWKModG erbracht werden sollen. Dies würde im Vergleich zu den heutigen CO<sub>2</sub>-Gesamtemissionen in Deutschland einen Minderungsbeitrag um etwa rd. 2% bis 2020 darstellen. Eine Zwischenüberprüfung im Jahr 2004 soll ermitteln, ob die genannten Ziele erreicht werden können oder inwieweit ggf. weitere Maßnahmen (z.B. eine KWK-Mengenregelung) ergriffen werden müssen.

Die Förderung nach KWKModG erfolgt über finanzielle Zuschläge für eingespeisten KWK-Strom, wobei von den fünf verschiedenen Anlagentypen die kleinen KWK Anlagen (< 50 kW<sub>el</sub>) mit 5,11 ct/kWh den höchsten Vergütungssatz erhalten. Hiernach ist prinzipiell am ehesten mit einer positiven Belebung des Marktes kleiner KWK zu rechnen. Dies scheinen die Auftragseingänge ausgewählter KWK-Anbieter zu bestätigen (siehe Tabelle 3). Allerdings wird die positive Entwicklung bei Klein-KWK durch den deutlich höheren Auftragsrückgang bei größeren KWK-Anlagen demnach überkompensiert, so dass unter dem Strich keine positive Anreizwirkung erkennbar wird.

Tabelle 3: Auftragseingang (Inland) für KWK-Anlagen vor und nach In-Kraft-Treten des KWKModG April 2002, gestaffelt nach den geförderten Leistungsbereichen

Zeitraum	Größengruppen der KWK-Anlagen (in kW <sub>el</sub> )			Gesamt
	A (< 50 kW <sub>el</sub> )	B (50-2000 kW <sub>el</sub> )	C (> 2 MW <sub>el</sub> )	
Apr.-Okt 1998	4.360	63.660	34.794	102.814
Apr.-Okt 2001	3.651	19.192	15.665	38.508
Apr.-Okt 2002	5.911	18.287	3.750	27.948

Quelle: BWK 4-2003

Aus heutiger Sicht, gut eineinhalb Jahre nach Inkrafttreten des Gesetzes ist es dennoch zu früh, um ein belastbares Urteil über die tatsächliche Anreizwirkung des KWKModG zu fassen. Angesichts der unsicheren und komplexen energiewirtschaftlichen „Großwetterlage“ (Liberalisierung, Novellierung EnWG und EEG, Einführung Emissionshandel usw.), die sich gegenwärtig in verschärftem Preiswettbewerb und Zurückhaltung von Investitionen ausdrückt, bleibt allerdings deutlich Skepsis angebracht, ob das KWKModG ausreicht, um die gewünschten Innovationen und CO<sub>2</sub>-Minderungen zu erreichen. Es erscheint daher eher wahrscheinlich, dass die CO<sub>2</sub>-Minderungsziele unter- als überschritten werden.

Ein wichtiges und praxiserprobtes Instrument für den Ausbau der KWK – trotz hoher Investitionskosten – stellen Contracting und verwaltungsinternes Contracting (Intracting) dar. Hierzu gibt es ausreichend Erfahrungen, auf denen aufbauend indirekt ggf. auch eine eigene, praxisorientierte KWK-Förderung realisiert werden könnte.

### Politische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen für die Dezentralisierung der Stromnetze

Die Anpassung und Weiterentwicklung der technischen und organisatorischen Infrastrukturen im Elektrizitätsnetz ist Voraussetzung für die Gewährleistung von Versorgungssicherheit und – qualität in sich wandelnden Energiesystemen. Dabei müssen die Stromnetze der Zukunft so ausgelegt und bemessen sein, dass sie in der Lage sind, den steigenden Anteil dezentraler Energieerzeugungsanlagen (DEA) und regenerativer Energiequellen (REG) zu integrieren.

Durch zunehmende Einspeisung in die Mittel- und Niederspannungsebene werden insbesondere die Verteilungsnetze von steigenden, multi-direktionalen Lastflüssen gekennzeichnet werden und dadurch an Bedeutung gewinnen.

Folgende Komponenten zeichnen dezentrale Energiesysteme in besonderer Weise aus:

Tabelle 4: Wichtige Komponenten dezentraler Energiesysteme

<b>Dezentrale Stromerzeugung</b>	<i>Wasserkraft, Windkraft, Photovoltaik, Biomasse, Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung (Blockheizkraftwerke, Brennstoffzellen, Mikrogasturbinen &lt; 1 MWe)</i>
<b>Stromtransport und -verteilung (Netztechnik)</b>	Kabel und Leiter, Schalt- und Umspannstationen, Schutztechnik, <b>Energiespeicher, HGÜ/MGÜ, Halbleiterschalter/Leistungselektronik, supraleitende Technologien, Netzanalysatoren</b> , passive und <b>aktive</b> Netz-konditionierer, sonstige 'Power-Quality' Techniken
<b>Netzmanagement</b>	Betriebssysteme und Software für Energie- und Netzmanagementsysteme, angepasste/kostengünstige <b>Kommunikations-</b> bzw. <b>DFÜ-</b> Technik, <b>Kommunikationsprotokolle</b>
<b>Energienutzung</b>	<b>(interaktive) Zähler, intelligente Gebäude- und Haustechnik, USV</b>
<b>Sonstiges</b>	Tiefbau- und Verlegetechniken für Energie- und Kommunikationstechnik

Abkürzungen: DFÜ: Datenfernübertragung; HGÜ: Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung; MGÜ: Mittelspannungs-Gleichstrom-Übertragung; USV: unterbrechungsfreie Stromversorgung;

Der Bereich der Netztechnik wird geprägt von großen, internationalen Technologiekonzernen und Systemanbietern (Siemens, ABB, Alstom, General Electric etc.). Grundsätzlich läßt sich festhalten, dass im europäischen Vergleich die Technologien und Konzepte zur Nutzung und Netzeinbindung dezentraler Energiequellen in Deutschland insgesamt sehr weit entwickelt sind. Im Inland besteht ein Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen Ländern insbesondere hinsichtlich der Integration unterschiedlicher technischer Optionen. Für Deutschland ergibt sich somit die Chance, diese Ausgangsposition durch eine weitere Stärkung der Systemlösungskompetenz bei der Entwicklung dezentraler Energiesysteme aktiv auszubauen. Herausforderungen für die Zukunft sind:

- Analyse der strategischen Anforderungen und Entwicklungsperspektiven des Gesamtsystems mit Schwerpunkt auf den neuen Wechselwirkungen und Lösungen für die optimale Kombination der verschiedenen Spannungsebenen und Systemelemente;
- Identifikation der relevanten Akteure in Deutschland und Vernetzung der vielfältigen bestehenden Aktivitäten;
- Analyse von Technologielücken und Spezifikation von strategischen Forschungszielen (Roadmapping), die durch gezielte Maßnahmen aktiv angegangen werden sollen;
- systematische Verknüpfung der jeweiligen Technologieentwicklung mit Fragen der Systemintegration;
- Sensibilisierung und Information von Politik und Wirtschaft für dieses im Moment noch vernachlässigte Thema, insbesondere Aktivierung der EVU und Netzbetreiber (vor allem Stadtwerke und Regionalversorger als Hauptbetroffene);
- Stärkung der Sichtbarkeit und der Position Deutschlands als eine Kompetenzregion für dezentrale Energiesysteme;
- Analyse der Potenziale der Anpassung der heimischen Konzepte an Exportmärkte und andere Anwendungen mit Blick auf den global stark wachsenden Bedarf nach dezentralen Energieinfrastrukturen bzw. Inselssystemen.

#### **2.1.1.5 CO<sub>2</sub>-Emissionshandel zur Förderung von Innovation und Marktposition nutzen**

Der EU-Emissionshandel wird ab 2005 ca. 3.500 bis 5.000 Unternehmen in Deutschland betreffen. Er wird zunächst auf das Treibhausgas CO<sub>2</sub> und auf bestimmte Branchen beschränkt sein. Das so entstehende Handelssystem soll später auf alle Treibhausgase ausgedehnt werden. Laut der EU-Richtlinie für Emissionshandel werden vor allem energieintensive Branchen betroffen (abhängig von leistungsbezogenen Schwellenwerten) sein:

- Energieumwandlung und -umformung (Strom- und Wärmeerzeugung, Feuerungsanlagen, Mineralölraffinerien, Kokereien); darunter fallen auch Unternehmen (auch kleine und mittlere) sowie öffentliche Einrichtungen mit mehreren kleineren Feuerungsanlagen an einem Standort, die zusammen eine Feuerungswärmeleistung von mehr als 20 MW haben;

- Eisenmetallerzeugung und –verarbeitung (Röst- und Sinteranlagen für Metallerz, Anlagen für die Herstellung von Roheisen oder Stahl);
- Mineralverarbeitende Industrie (Anlagen zur Herstellung von Zementklinker, Kalk, Glas, keramischen Erzeugnissen durch Brennen);
- Industrieanlagen zur Herstellung von Zellstoff, Papier und Pappe.

Nach dem Prinzip des EU-Emissionshandels werden für bestimmte Anlagen Berechtigungen zum Ausstoß einer konkreten Menge an Treibhausgasen zunächst kostenlos verteilt. Wenn Emissionen eingespart werden, können die überschüssigen Emissionsberechtigungen an andere Unternehmen verkauft werden. Emittiert ein Unternehmen dagegen mehr CO<sub>2</sub> als es Emissionsrechte besitzt, muss es diese von Unternehmen mit nicht benötigten Berechtigungen kaufen. Für den Fall, dass ein Unternehmen nicht genügend Emissionsberechtigungen hat, sind erhebliche Geldstrafen vorgesehen.

Es wird hieraus ersichtlich, dass der Emissionshandel für die betroffenen Unternehmen bei Untätigkeit ein beträchtliches finanzielles Risiko darstellen kann. Er bietet aber zugleich auch Chancen für eine Steigerung der Energieeffizienz und eine Verbesserung der Wettbewerbschancen. Vor allem wird häufig verkannt, dass der Investitionsaufwand zur Vermeidung von CO<sub>2</sub> oft weit geringer ist als die dadurch eingesparten Energiekosten. Das IPCC schätzt dieses „Win-Win-Potential“ auf 10-30% (IPCC 2001), andere Studien gehen von erheblich höheren „No-Regret-Potenzialen“ aus (vgl. Krause et al. 1995). Es ist somit eine politische Aufgabe, die Anreizstrukturen und Rahmenbedingungen so zu justieren, dass die wirtschaftlichen Risiken minimiert und die Chancen von Klimaschutzinvestitionen effektiv nutzbar gemacht werden.

Einen positiven Effekt auf die effizientere Nutzung von Energie und den Ausbau erneuerbarer Energiequellen können in diesem Zusammenhang Unterstützungsmaßnahmen für Klimaschutzprojekte haben. Dies liegt vor allem am Wesen des Emissionshandels als marktwirtschaftliches Instrument zum Schutz der Umwelt. Projekte zur effizienteren Energieerzeugung und –verwendung sowie zur Nutzung erneuerbarer Energien erhalten durch den Emissionshandel einen zusätzlichen finanziellen Anreiz. Die erreichte Emissionsminderung ermöglicht es, Emissionszertifikate (Allowances) im Rahmen des Emissionshandels zu verkaufen oder weniger Zertifikate erwerben zu müssen. Zusätzlich soll ein Teil der Verpflichtungen durch Clean Development Mechanism (CDM, Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung) und Joint Implementation (JI, Gemeinsame Projektdurchführung) sowie ggf. durch Nationale Ausgleichsprojekte (NAP) erfüllt werden können. Bei diesen Mechanismen führen die z.B. durch eine im Ausland gesteigerte Energieeffizienz verursachten Emissionsminderungen zur Ausgabe von Emissionsminderungszertifikaten an den Projektentwickler. JI und CDM ermöglichen es den Staaten als Vertragsparteien einen Teil ihrer Kyoto-Verpflichtungen zu erfüllen, indem sie Treibhausgasemissionen im Ausland reduzieren. Diese in der Kyoto-Vereinbarung festgelegten flexiblen Mechanismen (Emissionshandel, Joint Implementation und Clean Development Mechanism) können kostengünstiger und risikoärmer sein, als die eigene Vermeidung von Treibhausgasen.

Im Falle von JI - und CDM – Projekten regeln das Kyoto-Protokoll<sup>12</sup> und ergänzende Be-

---

<sup>12</sup> Das Kyoto-Protokoll verpflichtet die Europäische Gemeinschaft, ihre Emissionen im ersten Verpflichtungszeitraum (2008 bis 2012) um 8% (gegenüber 1990) zu senken, was einer Minderung um insgesamt 336 Mio. t Kohlendioxid-Äquivalent gleichkommt.

schlüsse der Vertragsparteien, welche Klimaschutzprojekte als CDM/JI-Projekte zulässig sind und wie viele Emissionsminderungszertifikate (Certified Emission Reduction (CER) bzw. Emission Reduction Units (ERU)) dadurch generiert werden können. Solche Zertifikate sollen künftig im EU-internen Emissionshandel bis zu einem gewissen Umfang in Emissionsrechte umgewandelt werden. Unabhängig davon, wie der Ordnungsrahmen für Emissionshandel letztlich konkret ausgestaltet wird, sollte die Bundesregierung die einbezogenen Unternehmen, aber insbesondere auch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) bei ihren Projekten zur Emissionsminderung unterstützen und fördern. Dabei ist darauf zu achten, dass KMU im Hinblick auf JI und CDM nicht benachteiligt werden, insbesondere, da oft sie es sind, die Projekte entwickeln, entsprechendes Know-how gesammelt haben und als „Motor“ für innovative Effizienzlösungen auch zukünftig eine entscheidende Rolle spielen können.

Um die Wirtschafts-, Energiespar- und Klimaschutzpotentiale, die mit Emissionshandel verbunden sind, erschließen zu können, ist eine Institutionalisierung der Hilfestellung sinnvoll. Die Einrichtung einer neuen Klima-Energie-Plattform, in der Know-how gebündelt und verstärkt wird, sollte zukünftig insbesondere den KMU Hilfestellungen leisten. Dabei sollen betriebswirtschaftlich attraktive Möglichkeiten gefunden werden, Produktions- und Haustechnikanlagen auf den neuesten Stand der Technik zu bringen, Gebäudehüllen optimal zu isolieren und erneuerbare Energien zu nutzen. Ziel ist es, die Wirtschaft selbst zum Motor des Klimaschutzes zu machen und Synergien zu erschließen. Für eine Vielzahl von Unternehmen soll Klimaschutz zu einem wirtschaftlichen Betätigungsfeld werden, indem Umsätze gesteigert werden bzw. Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz zu Kosteneinsparungen führen und helfen, neue profitable Geschäftsfelder zu erschließen.

Vor dem Hintergrund, dass viele Staaten ihre Kyoto-Verpflichtungen nicht ohne mehr oder weniger umfangreiche Gutschriften aus JI/CDM-Operationen erfüllen können, ist ein hohes Interesse an lukrativen JI/CDM-Projekten zu erwarten. Die wirtschaftlich interessantesten Projekte werden der marktwirtschaftlichen Logik nach als erste realisiert. Es ist daher eine politische Verantwortung gegenüber den heimischen Unternehmen, ihnen einen First-Mover-Advantage zu verschaffen und sie bei der Umsetzung derartiger Vorhaben zu unterstützen.

Hierzu könnte beispielsweise eine bundesweite Koordinierungsstelle eingerichtet werden, der alle Aktivitäten im Bereich JI/CDM bündelt und koordiniert. Es könnte zudem eine Anlaufstelle für ausländische Regierungen und Investoren entstehen, welche mit inländischen Akteuren in Kontakt treten wollen, um gemeinsame Projekte realisieren zu können. Eine weitere Aufgabe könnte in der Unterstützung zur Senkung der Transaktionskosten für KMU liegen, denen prozessspezifische Quantifizierungs-, Nachweis- und Zertifizierungsregeln für Emissionsminderungen sowie erweiterte Poollösungen für Käufer und Zertifizierer angeboten werden.

### **2.1.1.6 Energieagenturen als wichtige Akteure einer nachhaltigen Energiepolitik**

Im Gegensatz zu den Energieanbietern hat die ungleich größere, aber sehr heterogene Gruppe der Hersteller und Nutzer von Effizienztechniken keine Lobby. Mit einem entspre-

chend ausgeweiteten Arbeitsauftrag und Budget könnte die Deutsche Energie-Agentur GmbH (Dena) in Kooperation mit den regionalen Energieagenturen diese Lobbyrolle übernehmen. Eine zielgruppenorientierte und technikspezifische Information ist dabei nur eine grundlegende Bedingung. Mit Hilfe eines Energieeffizienzfonds (siehe dazu Abschnitt 2.1.5.1 Energiewirtschaft auf S. 52) könnte die Dena bei der Mittelverwendung dieses Fonds als zentraler Akteur eine wichtige Mittlerposition übernehmen. Diese Aufgabe sollte die Dena in Kooperation mit der Energiewirtschaft, den Energieagenturen der Länder und Kommunen, Vertragsunternehmen, den Verbraucherzentralen, Herstellern, Handel, Planern und Handwerk für Effizienztechnik übernehmen. Das heißt, mit der Einführung eines Energieeffizienzfonds könnte die Wirkung der bisherigen Arbeit der Dena potenziert und der volkswirtschaftliche Nutzen einer Kombination von Effizienz und Solarenergietechnik flächendeckend maximiert werden.

Außerdem benötigt die Dena ein erweitertes Mandat. Ein solches Mandat könnte im Rahmen eines strategischen Policy Mix zur Umsetzung einer nachhaltigen Energiewirtschaft verliehen werden – eine Strategie, die die Mehrheit der Energie-Enquete-Kommission im Jahr 2002 hinreichend präzise entwickelt hat. Die Umsetzung dieser Strategie wäre ein Zukunftsinvestitionsprogramm für Innovation, ökologischen Strukturwandel und mehr Arbeit.

## 2.1.2 Gebäude

Der Bereich Bauen und Wohnen ist mit einem 30 prozentigen Anteil am Gesamtenergieverbrauch einer der größten Energieverbrauchssektoren in Deutschland. Hier bestehen seit Jahren zu wenig genutzte Potenziale für Energieeffizienz, Energiekostensenkung und Emissionsminderung. Im Wohngebäudebereich hat Energiepolitik auch eine soziale Komponente: Heiz- und andere Nebenkosten können für viele Haushalte eine hohe Zusatzbelastung zur Miete ausmachen. Qualitativ hochwertige und energieeffiziente Wohngebäude schaffen hier nicht nur Komfort und Lebensqualität, sondern sind gleichzeitig eine „Versicherung“ gegen künftig weiter steigende Energiekosten. Gleichzeitig können durch Energieeffizienzpolitik im Bereich der energetischen Gebäudesanierung sowie des energieeffizienten Neubaus zahlreiche Arbeitsplätze gesichert und geschaffen werden.

Neben Innovationen im Bereich der Technik sind im Gebäudebereich vor allem auch innovative und zielgruppenspezifische Handlungsinitiativen auf allen Ebenen erforderlich. Wichtige Akteure, die zur Mitarbeit an einer nachhaltigen Energiepolitik für den Gebäudebereich bewegt werden müssen sind auf der

- Nutzer- und Investorenseite: Hausbesitzer, Vermieter, Mieter, Hausverwalter;
- auf der Herstellerseite: Architekten und Ingenieure, Bauträger, Bauunternehmen, Handwerker, Hersteller und Handel von Bauprodukten und technischer Gebäudeausrüstung;
- hinzu kommen Energieversorger, Energiedienstleister und Energieberater.

Da diese Gruppen vielfach durch unterschiedliche und z.T. divergierende Interessenlagen sowie jeweils unterschiedliche technische, organisatorische und finanzielle Möglichkeiten gekennzeichnet sind, bleibt die heutige Baupraxis häufig weit hinter den technisch möglichen und wirtschaftlich sinnvollen Standards zurück. Insgesamt kommt es auch hier

darauf an, mit einem Mix geeigneter zielgruppenorientierter Politiken und Maßnahmen flächendeckend unnötigen Energieeinsatz in Gebäuden zu vermeiden und damit – im Gegensatz zur derzeitigen Situation, in der mit niedrigen Investitionskosten hohe Folgekosten verursacht werden – die Gesamtkosten der Gebäude über ihre gesamte Lebensdauer zu minimieren.

Der Gebäudebereich als „Energieverbraucher“ kann in verschiedene Segmente, zum einen in Wohngebäude und Nichtwohngebäude (Büros, Industriegebäude etc.), zum anderen in bestehende (Bestand) und neu zu errichtende Gebäude (Neubau) unterteilt werden. Energiepolitisch entscheidend sind dabei die Situationen, in denen Investitionsentscheidungen anstehen. Das sind:

- der Neubau von Gebäuden;
- die Sanierung bestehender Gebäude;
- der Eigentümerwechsel bestehender Gebäude und
- die Installation/Anschaffung von Haustechnik wie z.B. Heizungen, Klima- und Lüftungsanlagen, Beleuchtungsanlagen sowie weiterer in Gebäuden installierter „Energieverbraucher“.

Geeignete Energieeinspar-Strategien sollen dabei den Primär-Energieeinsatz des Gebäudes insgesamt berücksichtigen. Darunter fällt nicht nur die Heizenergieversorgung, sondern auch der Energieeinsatz der im Gebäude installierten sonstigen Technik, von der Beleuchtung über Maschinen und Anlagen bis hin zur Lüftung und Klimatisierung. Besonders auf den letzten Punkt wird in Zukunft verstärkt zu achten sein, mit dem Ziel die vorhandenen Potenziale zur Vermeidung von aktiver Klimatisierung möglichst auszu-schöpfen.

Die **nachhaltige Energienutzung im Neubau** muss bereits heute erreichen, dass durch sinnvolle Investitionen „Altlasten oder extreme Energieverschwender“ der Zukunft vermieden werden. Hierzu stehen drei Instrumentengruppen zur Verfügung: erstens das Ordnungsrecht mit der Energieeinsparverordnung als zentralem Instrument, zweitens die Marktdurchdringung innovativer Siedlungs- und Gebäudetypen sowie effizienter bzw. regenerativer Versorgungstechnik und drittens emissionsmindernde Bauleitplanung und Städtebau.

1. Zunächst soll es Ziel der o.g. Maßnahmen sein, dass die derzeit geltenden Standards der EnEV in Deutschland flächendeckend in die Baupraxis übernommen werden und nachprüfbar eingehalten werden.
  - Dazu gilt es entsprechende planungs- und baubegleitende Qualitätmanagement- und Qualitätssicherungsinstrumente flächendeckend in der Bauwirtschaft einzuführen. Flankiert werden soll dies durch entsprechende Fortbildungsangebote, durch freiwillige Vereinbarungen mit der Bauwirtschaft (z.B. auch als Gütesiegel) und ggf. durch entsprechende ordnungspolitische Maßnahmen im Bereich der Erteilung von Baugenehmigungen und der Bauabnahme.
  - In weiteren Schritten sollte die EnEV, auch im Rahmen der europarechtlichen Vorgaben, weiterentwickelt werden. Schwerpunkte dabei sollten sein: Weiterentwicklung der Energiebedarfsstandards für den Wärmebereich (inkl. Pumpen) sowie Ein-

führung von Energiebedarfsstandards für die Lüftungs-, Klima- und Beleuchtungstechnik.

2. Über eine entsprechende Initiative mit der Bauwirtschaft und anderen relevanten Akteuren sowie einer Vorbildrolle im Bereich des öffentlich geförderten Wohnungsbaus soll ein möglichst hoher Anteil neuer Gebäude noch höhere Standards einhalten.
  - Der derzeit weitestgehende Standard für den Neubau der Zukunft sind Passivhäuser, deren Zahl sich derzeit jährlich verdoppelt. Hier sollte unter Nutzung des CO<sub>2</sub>-Minderungsprogramm und des CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms der KfW angestrebt werden, den Marktanteil der Passivhausbauweise – im Wohnbau, wie im Bürobau – in den nächsten Jahren schrittweise zu steigern. Auf der Seite der Anbieter müssen hierfür die entsprechenden Kapazitäten mobilisiert werden, auf der Nachfrageseite sollte die bisherige Förderung der KfW-Programme weiterentwickelt werden.
  - Bis 2010 sollen Neubauten mit diesen und vergleichbaren Standards einen Marktanteil von 50% am Neubauvolumen der Wohn- und Nichtwohngebäude erreichen. Bis 2020 ist eine Marktdurchdringung von 100% anzustreben.
  - Neben diesen auf das gesamte Gebäude ausgerichteten Zielsetzungen sollten u.a. für die solare Heizungsunterstützung bis 2010 ein Marktanteil von 25% aller Neubauten sowie ein entsprechender Anteil für die Beheizung mit Biomasse angestrebt werden. Bei fossil befeuerter konventioneller Heiztechnik sollte zusammen mit der Gaswirtschaft ein Marktanteil von mehr als 80% für die Brennwertechnik ins Auge gefasst werden.
3. Der dritte Bereich der planerisch-städtebaulichen Steuerung einer energieeffizienten, ressourcenschonenden und solaren Bauweise ist langfristig von hoher Bedeutung. Der Bundesgesetzgeber ist gehalten, im Rahmen des Energieeinsparungsgesetzes die Rechtsgrundlagen für einen aktiven Klimaschutz auf bauleitplanerischer Ebene (auch unter Berücksichtigung einer solaren Bauleitplanung) zu schaffen.

Die Anzahl der Wohnungen in Deutschland beträgt rund 35 Mio. (Statistisches Bundesamt 2003), davon sind etwa ein Drittel renovierungsbedürftig. Die **nachhaltige Energienutzung im Gebäudebestand** bietet neben großen Potentialen zur Energieeffizienzsteigerung auch besonders hohe Chancen zur Stimulierung des Arbeitsmarktes. Wichtig ist hierbei insbesondere, vorhandene Sanierungsstaus aufzulösen und die Zahl der energetischen Sanierungen nachhaltig zu steigern. Um dies zu realisieren, sind entsprechende Förderprogramme des Bundes erforderlich. Diese Förderprogramme müssen aber gleichzeitig mit entsprechenden zielgruppenorientierten Aktivierungsstrategien gekoppelt werden.

- Als Zielstellung sollte in Deutschland die Sanierung von 120.000 bis 160.000 Wohnungen pro Jahr mit Mitteln z.B. des KfW-CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms angestrebt werden.
- Um diese hohe Anzahl von Sanierungen zu aktivieren, ist also eine maßgebliche Verstärkung der Anstrengungen des Bundes im Rahmen einer zielgruppenspezifisch angelegten Kampagne zusammen mit allen relevanten gesellschaftlichen Gruppen und insbesondere den Akteuren im entsprechenden Markt erforderlich:

- In der Zielgruppe Wohnungswirtschaft sollte eine Selbstverpflichtungserklärung angestrebt werden, mit dem Inhalt, einen überdurchschnittlichen Beitrag zu den gewünschten Wohnungsmodernisierungen zu leisten.
- Im Bereich der Einzeleigentümer von Ein- und Mehrfamilienhäusern ist eine noch erheblich breiter angelegte Kampagne erforderlich, da hier pro Jahr einige tausend Eigentümer/-innen zu einer Sanierung ihres Gebäudes bewegt werden müssen.

Eine besonders schwer zu aktivierende Gruppe sind die Besitzer/-innen von Eigentumswohnungen, da hier bei den meisten Sanierungsaktivitäten komplette Eigentümergemeinschaften gemeinsam agieren müssen. Hier sollte ggf. an eine spezifische Beratungs- und Informationsaktivitäten sowie Hilfestellungen bei der Abwicklung für diese Zielgruppe gedacht werden. Ein weiteres Instrument ist die Einrichtung einer zentralen Förderberatungsstelle zur Verbesserung der Inanspruchnahme von Bundesförderprogrammen.

- Bei der Mobilisierung der Zielgruppe kann als Anlass auf die Modernisierungspflichten der EnEV zurückgegriffen werden, die in Deutschland bis Ende 2006 zwei bis drei Millionen Heizungen betreffen werden.
- Nach der vom Bundestag am 17.10.2003 beschlossenen Fassung des Haushaltsbegleitgesetzes 2004 sollte die Eigenheimzulage zunächst ganz abgeschafft werden. Statt dessen erfolgt als Ergebnis der Beratung des zwischenzeitlich angerufenen Vermittlungsausschusses nur eine 30-prozentige Kürzung der Eigenheimzulage. Der Bund sollte die Eigenheimzulage, die auch beim Kauf von Wohneigentum gezahlt wird, mit einer zusätzlichen Lenkungswirkung ausstatten. So könnten z.B. die Erstellung eines Energiepasses im Rahmen einer entsprechenden Energieberatung sowie eine umfangreiche energetische Sanierung im Zusammenhang mit dem Wohneigentumserwerb künftig durch eine Öko-Zulage, die zusätzlich zur Eigenheimzulage gezahlt wird, gefördert werden.
- Zusätzlich zur Gebäudesanierung sollte ein breites aus dem KfW-Gebäudesanierungsprogramm finanziertes Nachtstromspeichersubstitutions-Programm<sup>13</sup> entwickelt werden, das die einzelnen Zielgruppen differenziert anspricht. Als Zielmenge sollte eine Substitution von jährlich rd. 5% aller mit elektrischen Nachtspeicherheizungen (NSP) beheizten Wohnungen angestrebt werden. Dies entspricht 72.000 Wohnungen pro Jahr bzw. 360.000 Wohnungen in den nächsten fünf Jahren. Da insbesondere die Gas- und die Fernwärmewirtschaft hiervon profitieren werden, sollte eine enge Zusammenarbeit einschließlich finanzieller Beteiligungen z.B. durch Anschlusskostenermäßigungen angestrebt werden.

### 2.1.3 Geräte und Anlagen

Die Förderpolitik für rationelle Energienutzung in Deutschland hat bisher sowohl finanzielle Förderprogramme (KfW) als auch Informationsprogramme durch verschiedene Träger (z.B. Deutsche Energieagentur [Dena]) eingesetzt. Diese Aktivitäten sollten weiterentwi-

---

<sup>13</sup> In Deutschland wurden im Jahr 2002 1.440.400 (4,1%) aller Haushalte mit Nachtstromspeicherheizungen beheizt. Quelle: Statistisches Bundesamt Deutschland 2003.

kelt werden zu integrierten „Markttransformations-Programmen“, bei denen eine Programmagentur (z.B. die Dena, bei entsprechender personeller Ausstattung) die Informations-, Beratungs-, Weiterbildungs- und Marketingaktivitäten sowie die Auszahlung von Zuschüssen oder Krediten koordiniert und Marktpartner (Hersteller, Handel, Handwerk, Energieunternehmen, Architekt/-innen und Ingenieure/-innen u.a.) sowie Berater (z.B. für Kommunikation und wissenschaftliche Begleitung) von vorneherein einbindet.

Wichtige Programme, um die erwarteten Emissionsminderungen in Deutschland erreichen zu können sind,

- eine Marketing- und Weiterbildungs-Kampagne für Geräte mit dem Energieeffizienzlabel der Klasse A bzw. A+ und A++ -Kühl-/Gefriergeräten (Ziel: Marktanteil der effizienten Geräte um 3,3 Mio. Stück pro Jahr in Deutschland erhöhen);
- eine Kampagne zur Verringerung der Stand-by-Verbräuche um 3 bis 5% pro Jahr in Haushalt und Büro;
- ein Programm für Leuchten mit Energiesparlampen (so dass zusätzlich in Deutschland rund 3,8 Mio. Energiesparlampen pro Jahr abgesetzt werden);
- ein Markteinführungsprogramm für hocheffiziente Heizungsumwälzpumpen (Faktor-4-Pumpen), mit dem Ziel mittelfristig 50% Marktanteil zu erreichen;
- eine Kampagne zum Kauf effizienterer Bürogeräte;
- die Förderung von integraler Planung für neue Nicht-Wohngebäude (800 Gebäude pro Jahr in Deutschland, Einsparung vier Mrd. kWh/Jahr bis 2015);
- die Förderung von niedrigem spezifischen Stromverbrauch in bestehenden Nicht-Wohngebäuden anhand von Energiekennzahlen (4.000 Gebäude pro Jahr in Deutschland, Einsparung sechs Mrd. kWh/Jahr bis 2015);
- speziell ein Aktionsprogramm zur Vermeidung eines Zuwachses an Klimaanlage in Büro- und Wohngebäuden. Elemente wären die Identifizierung und entsprechende Propagierung der gegebenen Potentiale zur passiven Vermeidung von Überhitzung (z.B. Abschattung), zur passiven Kühlung (Nachlüftung, Erdreichwärmetauscher) sowie eine Förderung entsprechender Nachrüstungen;
- die Förderung effizienter Beleuchtungssysteme im Rahmen des EU-Programms „Green Light“ bzw. „Green Building“;
- die Förderung von LED-Ampeln;
- ein Stromsparprogramm speziell für den Bereich „Öffentliche Hände“ (Bund, Land, Kommunen; 10% Einsparung bis 2007, 25% Einsparung bis 2015).

Die **forcierte Marktdurchdringung modernster Wärmetechnik** wie Brennwertkessel, Klein-BHKW's, Brennstoffzelle, Gas- und Elektrowärmepumpe, Anschluss an Nah- und Fernwärmeversorgungssysteme, passive Systeme zur Raumkonditionierung, Mess- und Regeltechnik etc. bildet neben der energetischen Sanierung der Gebäudehüllen und der elektrischen Haustechnik einen zentralen Bereich zur Energieeinsparung und zum Klimaschutz. Wichtig sind vor allem:

- 1) Ein noch weiter steigender Einsatz der Brennwerttechnik z.B. durch Abschluss einer Selbstverpflichtungserklärung mit dem Sanitär-Heizungs-Klimatechnik-Handwerk und den Schornsteinfegern und einer begleitenden Kampagne zum Heizungsaustausch. Dabei sollte auf die mögliche Förderung der Brennwerttechnik im Rahmen des CO<sub>2</sub>-Minderungsprogramms hingewiesen werden.
- 2) Der Einsatz von Brennstoffzellen u.a. in der dezentralen Hausenergieversorgung stellt eine Schlüsseltechnologie für ein zukünftiges Energiesystem dar.
  - Für eine breite Markteinführung sind aber u.a. neue Strukturen und Marktbeziehungen notwendig. Diese sollte der Bund durch Information und Weiterbildung der Kunden sowie Aus- und Weiterbildung der Multiplikatorgruppe Fachhandel und Installationsgewerbe aktiv mit entwickeln.
  - Weitere Ansatzpunkte liegen in der Breitenförderung und in der Nachfragebündelung. So könnte der Bund die Brennstoffzelle bereits frühzeitig auf der Basis erfolgreicher Feldtests fördern. Eine zusätzliche Kostenreduktion und damit Beschleunigung der Markteinführung kann durch Nachfragebündelung öffentlicher und privater Kunden (procurement) gefördert werden.
- 3) Mit der Fortentwicklung von kleinen Gas-Wärmepumpen (mit Einsatzgebiet im Ein- und Mehrfamilienhausbereich) existiert eine weitere interessante Klimaschutztechnologie für diesen Bereich.

## **2.1.4 Verkehr**

### **2.1.4.1 Maßnahmenbegründung**

Verkehr ist für einen leistungsfähigen Wirtschaftsstandort und einen attraktiven Lebensraum von Größe und geographischer Lage Deutschlands essentiell. Naturgemäß kann dies allerdings nicht für jede Verkehrsaktivität gleichermaßen gelten. Eine Umkehrung der Logik wäre es insbesondere, aus dem Verkehrsumfang auf die Wirtschaftsleistung und die Lebensqualität zu schließen, und in der Folge Verkehr generell zu fördern: Verkehr ist im wesentlichen eine Aufwandsgröße, und es würde fehlerhaft gerechnet, wenn man den Aufwand anstelle des Ertrages als Leistung in die Bücher aufnimmt.

Entsprechend der großen Bedeutung des Verkehrssektors wirken sich auch die Fortschritte bzw. Fehlentwicklungen in diesem Sektor in sinkenden bzw. steigenden externen Kosten aus (vergl. Enquete-Kommission 2002). In einigen Bereichen erscheinen die Grenzen der Belastbarkeit durch Verkehr erreicht, in manchen Fällen erscheint der Nutzen durch den Verkehr in keinem ökonomisch vertretbaren Verhältnis zu stehen zu dem Schaden (externen Kosten), den er anrichtet.

In einem zukunftsfähigen Deutschland kann der Verkehr zugleich kostengünstiger, effizienter und belastungsärmer werden. Damit die erforderliche Umsteuerung sozial und wirtschaftlich verträglich ist, muss sie langfristig berechenbar gestaltet und kontinuierlich fortentwickelt und umgesetzt werden. Das notwendige Tempo wird dabei von den ökologischen Notwendigkeiten, aber auch durch die wirtschaftliche Belastbarkeit bestimmt: Gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklungen können nur Bestand haben, wenn sie sich innerhalb von ökologisch-ökonomischen Leitplanken bewegen. Die Globalisierung der Wirtschaft und der demographische Übergang erzeugen einen zusätzlichen Druck, die langfristig zwingenden Anpassungsprozesse schnell in Angriff zu nehmen und nicht aus den Augen zu verlieren.

### **2.1.4.2 Maßnahmenstrategie**

Ein zentrales Element der Umsteuerung ist eine Erhöhung der Kostenwahrheit durch eine schrittweise und planbare Kostenanlastung nach dem Verursacherprinzip. Es ist in volkswirtschaftlicher Hinsicht kontraproduktiv, wenn einzelne Sektoren von Wirtschaft und Gesellschaft Vorteile auf Kosten der Allgemeinheit und der künftigen Generationen realisieren. Die gegenwärtigen Formen der Schadens- und Kostenüberwälzung können dazu führen, dass Verhaltensformen und Wirtschaftsstrukturen sich entwickeln und gestützt werden, die schon auf mittlere Sicht den Standort Deutschland gefährden und langfristig nicht durchhaltbar sind.

Insbesondere drei Verkehrsbereiche erzeugen Probleme, nämlich der Personenverkehr mit PKW, der Gütertransport mit LKW, sowie der Luftverkehr. Sie können bei weiter ungebremster Expansion in unterschiedlicher Weise die Zukunftsfähigkeit des Standorts Deutschland gefährden. Beim traditionell dominierenden PKW-Verkehr bewirken ein stagnierender Umfang und eine laufende langsame Effizienzerhöhung eine schrittweise geringfügige Verminderung des Energieverbrauchs und der Klimabelastungen; trotz geringer Absenkung der absoluten Lasten wird jedoch der Anteil des PKW-Verkehrs an den Lasten insgesamt eher noch ansteigen. Beim LKW-Verkehr sind die Effizienzverbesserungen

schwächer als im PKW-Verkehr und reichen nicht aus, die Belastungserhöhungen aus dem weiterhin steigenden Verkehrsumfang aufzufangen; ohne Korrekturen ist hier also von absolut und relativ steigenden Lasten auszugehen. Beim Luftverkehr wird - unabhängig von der gegenwärtigen Schwächeperiode - allgemein mit den höchsten Zuwachsraten gerechnet, die deutlich hinter den erzielbaren Effizienzverbesserungen zurückbleiben. Die bereits jetzt nicht vernachlässigbaren Belastungen aus dem Luftverkehr werden sich deshalb zunehmend in den Vordergrund schieben.

Im Personenverkehr können als grundsätzliche Lösungsansätze verfolgt werden verkehrsvermeidende Planungen, Förderung von Verkehrsverlagerung von ungünstigeren zu günstigeren Verkehrsträgern, technische Optimierungen an den Fahrzeugen und im Verkehrsablauf, sowie Optimierung des Fahrverhaltens. Im Güterverkehr kommt der Dematerialisierung der Wirtschaft das größte Gewicht zu, mit erhöhter Materialeffizienz und mit gestärkten regionalen Wirtschaftskreisläufen.

### **2.1.4.3 Maßnahmenkatalog**

Angesichts knapper werdender Ressourcen und verschärfter Wettbewerbslagen, der ökologischen Grenzen und demographischen Aussichten müssen die Entwicklung der Siedlungsstruktur und der Städtebau auf eine neue Grundlage gestellt werden: Es kann nicht vernünftig sein, die bisherigen Zersiedelungstendenzen fortzusetzen und die traditionelle Vorratsplanung für neue Siedlungsflächen aufrecht zu halten. Vielmehr sind die Rahmenbedingungen für die Planung so zu gestalten, dass ein funktionales Geflecht unterschiedlich großer Siedlungen unterstützt wird, die dabei jedoch in jedem Fall auch nach innen eine effiziente Funktionsabwicklung ermöglichen, bei Ver- und Entsorgung, insbesondere aber auch in verkehrlicher Hinsicht. Die Herstellung energie- und verkehrersparsamer Siedlungsstrukturen schließt naturgemäß die Abschaffung kontraproduktiver Subventions- und Baurechtstatbestände ein.

Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung haben sich z.B. im Bundesland Nordrhein-Westfalen in der Vergangenheit bewährt. Sie ermöglichen eine Erhöhung der Lebensqualität bei gleichzeitiger Absenkung der Umweltbelastungen. Im Vergleich zu den anfänglichen wirtschaftlichen Bedenken des städtischen Einzelhandels wäre die Skepsis bei der Wirtschaft heute sicher größer, wollte man die Entwicklung wieder rückgängig machen. Gerade im Zusammenhang mit der Veränderung der Altersstruktur ist eine weitere Ausweitung der Verkehrsberuhigung aus sozialen Gründen angezeigt, wie auch die damit erreichbaren Zielbeiträge zur ökologischen Entlastung erwünscht sind. Die Fortentwicklung des systematisch abgestimmten ÖPNV stellt eine weitere Säule in der Strategie dar, den Energieverbrauch des Verkehrs zu reduzieren. Dieses strategische Element kann insbesondere zusammen mit einer geeigneten Entwicklung der Siedlungsstruktur seine volle Wirksamkeit entfalten.

Die ökologischen Vorteile von absoluten Tempolimits auch auf Autobahnen können nicht mehr ernsthaft bestritten werden. Neben den unmittelbaren Minderungen von Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Tempoabsenkungen und die Vergleichmäßigung des Verkehrsflusses sind dabei die noch größeren Effekte zu berücksichtigen, die sich ergeben, wenn die Fahrzeuge auf eine geringere Höchstgeschwindigkeit hin konstruiert werden. Die aktuelle Entwicklung in der Automobilindustrie geht im Gegensatz dazu

dahin, mit ihrer Modellpalette in immer extremere Höchstleistungsbereiche einzudringen und im Windschatten dieser Entwicklung auch die Volumenmodelle immer stärker aufzurüsten. Insofern das fehlende Tempolimit auf den deutschen Autobahnen ein treibendes Element dieser Entwicklung ist und im Kielwasser der deutschen Autobauer die weltweite Automobilindustrie mitzieht, gehen die Folgen dieser Fehlentwicklung weit über Deutschland hinaus. Für Deutschland selbst wiederum ergibt sich aus der absehbaren Alterung der Fahrzeuglenker eine zunehmende Notwendigkeit, die Geschwindigkeiten und die Dynamik auch im Autobahnverkehr abzusenken.

Die aufgrund von gesellschaftlichem Druck, politischen Vorgaben und freiwilligen Selbstverpflichtungen der Automobilindustrie hin zustande gekommenen Verbrauchsabsenkungen bei PKW sind zu begrüßen. Sie sind allerdings bislang eher beschränkt, aus ökologischen und langfristig auch aus ökonomischen Gründen (Ölpreisteigerungen bzw. zunehmende Volatilitäten) nicht ausreichend, und weit von den technischen Möglichkeiten entfernt. Eine Fortführung der begonnenen Entwicklung sollte daher sichergestellt werden. Schon jetzt kann ein künftiger Verbrauchszielwert von 3 Liter je 100 km für den Durchschnitts-PKW gefordert werden, mit der Option einer weiteren Absenkung. Naturgemäß lassen sich diese Zielwerte bei einer Reduktion der Höchstgeschwindigkeiten leichter realisieren. Anders als im LKW-Verkehr lassen sich im PKW-Verkehr die Zielbeiträge besser als durch Road-Pricing durch eine Kombination von Tempolimits, Verbrauchsgrenzwerte und eine Erhöhung der Abgabenlast auf die Treibstoffe erzielen. Dabei kann die Entwicklung der Abgaben entsprechend den Verbrauchsabsenkungen folgen: Die Kosten bleiben dann gleich, wenn zwar der Treibstoffpreis sich verdoppelt, gleichzeitig sich aber der Verbrauch halbiert. Bleibt die Kostensteigerung beim Treibstoff dagegen hinter den Verbrauchsabsenkungen zurück, ergibt sich daraus ein ökonomischer Impuls, mehr zu fahren. Die Besteuerung von Dieselmotoren und Ottomotoren ist unterschiedlich hoch, und zwar so, dass je Liter Diesel die Abgaben deutlich geringer sind als je Liter Benzin, obwohl der Energiegehalt und die CO<sub>2</sub>-Emissionen je Liter Diesel deutlich höher sind als je Liter Benzin. Von dieser kontraproduktiven Regelung sollte sobald wie möglich Abschied genommen werden.

Unbeschadet der teilweise problematischen Vorgänge bei der bevorstehenden Einführung des deutschen Mautsystems geht der Ansatz des Road-Pricing bei LKW in die richtige Richtung: Straßenabnutzung und Umweltkosten sind im wesentlichen abhängig von den gefahrenen Kilometern und gehen über das Maß hinaus, das in den Abgaben auf Treibstoff allen Kraftfahrzeugen aufgebürdet wird. Allerdings ist nicht erkennbar, dass sich dieser Sachverhalt auf die Strecken beschränkt, die auf Autobahnen gefahren werden. Ebenfalls aus der Sache nicht begründbar ist die Beschränkung auf die großen LKW, die kleinen LKW weisen im Gegensatz je Tonnenkilometer höhere externe Kosten auf. Eine Ausweitung auf alle Straßen und auch auf kleinere LKW erscheint daher im Zuge einer Weiterentwicklung der Maßnahme angemessen.

Hinreichende Maßnahmen bezüglich des Luftverkehrs sind besonders schwierig zu gestalten und umzusetzen. Die relative Begünstigung des Luftverkehrs durch die Befreiung des Kerosins von der Mineralölsteuer und die teilweise Mehrwertsteuerbefreiung sind aufzuheben oder zu kompensieren. Für eine gesellschaftliche Akzeptanz von Maßnahmen zur Dämpfung des erwarteten dramatischen Anstiegs im Luftverkehr wird aber vor allem notwendig sein, das Verständnis in der Bevölkerung für den hohen erwarteten Energie-

verbrauch im Luftverkehr und die damit weiter verbundenen Umweltbelastungen zu fördern.

Neben der gesellschaftliche Debatte ist auch der wissenschaftliche Diskurs weiter zu entwickeln, um die Chancen für neue technische Lösungen zu verbessern und eine fachliche Basis für die Auswahl unterschiedlicher Optionen zu ermöglichen.

## 2.1.5 Wirtschaft

### 2.1.5.1 Energiewirtschaft

Mit der Novelle des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) vom 24. April 1998 wurde in Deutschland eine wesentliche rechtliche Basis für einen vollständigen Wettbewerb im Strom- und Gasmarkt geschaffen. Bis heute funktioniert jedoch der Wettbewerb im Strommarkt nur eingeschränkt, im Gasmarkt befindet er sich erst in den Anfängen. In der aktuellen energiepolitischen Debatte dreht sich daher alles um die Frage: Wie kann der Wettbewerb auf der Angebotsseite sichergestellt und für alle Marktakteure fair gestaltet werden?

Transport und Verteilung von Strom und Gas gelten als natürliche Monopole. Soll allen Lieferanten und Abnehmern ein fairer Netzzugang gewährt werden, bedarf es einer Regulierung dieser Monopole, wie dies in Deutschland ab Juli 2004 der Fall sein wird. Die Regulierung sollte

- die Erlöse der Netzbetreiber so begrenzen, dass sie **keine Monopolrenten** enthalten und sich gemäß der Entwicklung der wesentlichen **Kostentreiber** entwickeln;
- den Netzbetreibern Anreize zur Verbesserung ihrer **ökonomischen Effizienz** setzen;
- Aktivitäten zur Steigerung der **Energieeffizienz auf der Nachfrageseite** (bei den Endabnehmerinnen und Endabnehmern) anders als heute wirtschaftlich attraktiv für Energieunternehmen machen und
- hierdurch sowie durch weitere Maßnahmen den **Aufbau einer nachhaltigen Energiewirtschaft** unterstützen.

Neben einem fairen Netzzugang ist es auch erforderlich, energiepolitische Leitplanken zu setzen, um den Übergang in ein nachhaltiges Energiesystem zu fördern. Die innovativen Technologien der effizienten Energieerzeugung und -nutzung sowie der erneuerbaren Energien müssen aufgrund ihrer Vorteile für Verbraucher, Wirtschaft und Gesellschaft im Markt gestärkt werden.

Auf der Energieangebotsseite weist die novellierte Fassung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) grundsätzlich in die richtige Richtung.

Auch die Kraft-Wärme-Kopplung sollte durch Verabschiedung der EU-KWK-Richtlinie und Weiterentwicklung des deutschen KWK-Gesetzes stärker gefördert werden, mit dem Ziel, einen maßgeblichen Teil des künftigen Kraftwerksneubaubedarfs auf der Basis fossiler Energieträger in KWK-Anlagen zu errichten. Die hierfür existierenden Potentiale durch die Modernisierung existierender KWK-Anlagen in der Industrie und in der Fernwärmewirtschaft sowie durch dezentrale Zubauten sollen durch die Regelungen möglichst ausgeschöpft werden können.

Ein freier und fairer Wettbewerb auf der Energieangebotsseite reicht aber nicht aus. Auch auf der Energienachfrageseite müssen die richtigen ökonomischen und ökologischen Anreize geschaffen werden, um den energie- und umweltpolitisch notwendigen Umbau der Energiewirtschaft zu erreichen. Bis 2010 könnten rund 10% des Strom- und Gasbedarfs durch Energieeffizienzprogramme und –dienstleistungen von Energieunternehmen und anderen Akteuren für die Kunden wirtschaftlich eingespart werden. Es muss dafür nur im Rahmen der normalen Investitions- und Erneuerungszyklen jeweils eine energieeffizientere technische Lösung gewählt werden.

Ein unterstützender nationaler Politikrahmen sollte daher sowohl **Energieeffizienz-Programme als auch Energieeffizienz-Dienstleistungen fördern**, die von Energieunternehmen und anderen Marktakteuren durchgeführt werden. Insbesondere sollte die Politik **Instrumente einführen**, die es Energieunternehmen erlauben, Energieeffizienz-Programme so zu finanzieren, dass ihre Marktposition im liberalisierten Strom- und Gasmarkt nicht beeinträchtigt wird. Die Unternehmen erhalten so einen fairen Anteil am Nettonutzen, den sie mit den Programmen für die Volkswirtschaft erzeugen. Dies fördert gleichzeitig die Entwicklung von Energieeffizienz-Dienstleistungen, durch den Aufbau von Know-how und Infrastruktur.

Ein solcher förderlicher energiepolitischer Rahmen für Energiedienstleistungen sollte mindestens eines der beiden folgenden Elemente enthalten:

- Eine **Verpflichtung der Energieunternehmen** (Netzbetreiber oder Lieferunternehmen), ihre Kunden bei der rationellen Nutzung von Energie zu unterstützen und dadurch gegenüber dem Trend pro Jahr mindestens 1 Prozent des Energieabsatzes einzusparen. Die Verpflichtung sollte gekoppelt sein mit der Möglichkeit einer wettbewerbsneutralen Finanzierung für genehmigte Energieeffizienz-Programme. Gute Beispiele für solche Energieeffizienz-Verpflichtungen in liberalisierten Energiemärkten sind das Energy Efficiency Commitment in Großbritannien oder die Energieeffizienz-Verpflichtungen in Dänemark, Flandern, Italien und Norwegen.
- Einen **Energieeffizienz-Fonds**, der verantwortlich ist für die Ausschreibung unterschiedlichster innovativer Aktivitäten zur Energieeffizienzsteigerung und dabei nur die jeweils besten „Energieeffizienzanbieter“ (**Energieunternehmen und andere Akteure**) zum Zug kommen lässt. Gute Beispiele für solche Zweck gebundenen Fonds im liberalisierten Energiemarkt sind der dänische Stromsparfonds, Norwegens Energieagentur ENOVA, sowie in etwa zehn Staaten der USA eingerichtete Energieeffizienz-Fonds (z. B. New York, Vermont).

In **Dänemark** werden beide Wege beschritten. Die **Energieeffizienzverpflichtungen** werden dort den Verteilnetzbetreibern auferlegt und berühren alle Kundengruppen entsprechend ihrem Anteil am Gesamtverbrauch. Den Geschäftskunden bieten dänische Netzbetreiber vor allem kostenlose Beratung vor Ort. Hierdurch werden nach den bisherigen Erfahrungen durchschnittlich ca. 5% der dabei untersuchten Energieverbräuche dann auch tatsächlich eingespart. In Zukunft sollen auch Erdgas- und Fernwärmeunternehmen in das Verpflichtungssystem einbezogen werden.

Der daneben existierende **dänische Stromsparfonds** wird durch eine Abgabe in Höhe von 0,08 Cent/kWh finanziert, die von den Netzbetreibern bei privaten Haushalten und im öffentlichen Sektor erhoben wird. Private Unternehmen, Beratungsfirmen und Stromversorger sind aufgefordert, sich an Ausschreibungen des Fonds zur Planung und Umsetzung von Einsparprojekten zu beteiligen. Ein unabhängiger Verwaltungsrat vergibt Mittel an die

Projekte mit der höchsten CO<sub>2</sub>-Minderung, bezogen auf die eingesetzte Investition, und überwacht die Ausführung. Ein Schwerpunkt lag bisher bei Programmen zum Brennstoffwechsel mit Stromeinsparungen von etwa 248 GWh/a.

Das Potenzial der Energiedienstleistungen ist enorm. In einer neueren Untersuchung hat das Wuppertal Institut gute Beispiele für Energieeffizienz-Programme und – Dienstleistungen aus Deutschland und anderen EU-Ländern ausgewertet (Wuppertal Institut/ASEW 2003). In **Deutschland** könnte ein solcher Fonds als unabhängige öffentlich-rechtliche Einrichtung mit eigenem Verwaltungsrat konzipiert werden (Schlomann et al. 2000). Eine enge Abstimmung der Fondsaktivitäten mit denjenigen der Deutschen Energieagentur (Dena) ist erforderlich (siehe dazu Abschnitt 2.1.3 auf S. 46 ff.). Würden die Beispiele aus dem Ausland in ganz Deutschland umgesetzt und kontinuierlich weiterentwickelt, könnte dies innerhalb eines Jahrzehnts **den Strom- und Gasverbrauch im Inland jeweils um rund 10% im Vergleich zum prognostizierten Verbrauch** reduzieren. Nach diesen Erfahrungen könnten mit jedem Jahr der Laufzeit von Energieeffizienz-Programmen rund 3 bis 5 TWh/Jahr Stromeinsparung und rund 5 bis 7 TWh/Jahr Erdgaseinsparung erreicht werden. Bis zum Jahr 2015 könnten also bis zu 50 TWh/Jahr Strom und 70 TWh/Jahr Gas gegenüber dem Trend eingespart werden. Außerdem würde daraus ein Nettonutzen von etwa 2 Mrd. # pro Jahr für die deutsche Volkswirtschaft entstehen.

Die Finanzierung dieser und weiterer Maßnahmen könnte durch eine moderaten Aufschlag auf die Energiepreise oder Netzgebühren erfolgen. Der Vorschlag des Wuppertal Instituts lautet: zunächst 0,15 Cent/kWh Strom und 0,05 bis 0,15 Cent/kWh Gas für Haushalte und Kleinverbraucher und einen ähnlichen Prozentsatz für andere Kundengruppen. Wichtig ist, die Rechnungen (Verbrauch mal Preis) werden durch die mit dem Aufschlag finanzierten Energiesparprogrammen sinken.

### **2.1.5.2 Industrie, Gewerbe, Handel, Dienstleistungsunternehmen und öffentliche Hand als Energienachfrager**

Eine Verringerung der Energiekosten durch Energieeinsparung und effiziente Bereitstellung bringt direkte wirtschaftliche Vorteile und erhöht die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft. Das sichert Arbeitsplätze bei den Energienachfragern; die mit der Energieeffizienz verbundene technische Innovation sichert Arbeitsplätze bei Planern, Handwerkern, Herstellern.

Energieeffizienz gehört jedoch nicht zum Kerngeschäft der Energienachfrager in der Wirtschaft. Daher unterbleiben bisher viele auch wirtschaftliche Investitionen oder organisatorische Innovationen für mehr Energieeffizienz. Die Erarbeitung und Umsetzung von Energieeffizienz-Maßnahmen muss daher einfach gemacht und zusätzlich belohnt werden. Neben der eben dargestellten Förderung von Energiedienstleistungen durch Energieeffizienz-Profis sollten auch das interne Energiemanagement und eigenständige Maßnahmen der Wirtschaft für mehr Energieeffizienz und die Nutzung erneuerbarer Energien unterstützt werden.

Grundidee der hier vorgeschlagenen Lösung ist, dass

- die Regelungen der derzeit gültigen ökologischen Steuerreform Ausgangspunkt sind;
- die Unternehmen zusätzliche Steuerermäßigung erreichen können durch Aktivitäten, die direkt oder indirekt zu Energieeffizienzsteigerungen führen: Energiemanagement und Energieanalysen sowie Umsetzung von Investitionen in Energieeffizienz;
- sie in zwei Schritten eingeführt wird.

Die Einführung in zwei Schritten ist sinnvoll, da derzeit die Voraussetzungen für eine sofortige Einführung der im Endeffekt angestrebten Lösung nicht gegeben sind (unzureichende Datenbasis, fehlende Energieanalyse-Infrastruktur etc.). In den nächsten Jahren können die Voraussetzungen dazu aber geschaffen werden, die im zweiten Schritt genutzt werden können.

Konkret heißt das für die „Arbeitsteilung“ von Schritt 1 und 2, dass in **Schritt 1** die Grundkonzeption der Lösung etabliert wird. Im ersten Schritt sind die Anforderungen und die Anreize eher gering. Im **Schritt 2** werden sowohl die Anforderungen als auch die Anreize angehoben<sup>14</sup>. Die im ersten Schritt gewonnenen Erfahrungen, die erzielte Verbesserung der Datengrundlage, die parallel durchgeführten notwendigen konzeptionellen Überlegungen und der Aufbau der notwendigen Strukturen sind die Basis für die Weiterentwicklung und Effektivierung des Instruments in Schritt 2.

Die Vorschläge im einzelnen:

### **Schritt 1:**

Ausgehend von den derzeit geltenden Bestimmungen der Ökosteuer werden folgende Änderungen vorgeschlagen:

- ermäßigter Satz wird leicht angehoben (z.B. von 60% auf 70%);
- Eigenanteil der Steuerbelastung (Selbstbehalt) in Abhängigkeit von der Lohnnebenkostenentlastung wird leicht angehoben (z.B. von 5% auf 10%).

Die Unternehmen können im Gegenzug die Steuer auf zwei Wegen durch eigene Aktivitäten mindern:

**Energiemanagement:** Für Unternehmen, die ein Energiemanagement haben bzw. einführen, erhöht sich der Eigenanteil gegenüber der ÖSR nicht; d.h. der Anteil von 5% wird beibehalten.

**Energieanalyse<sup>15</sup> und Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen:** Kann das Unternehmen neben dem Energiemanagement eine qualitätsgesicherte Energieanalyse vorweisen, so wird für **umgesetzte Energieeffizienzmaßnahmen<sup>16</sup>** eine einmalige

---

<sup>14</sup> Dies stellt sicher, daß zwar das honoriert wird, was die Unternehmen schon tun, aber ein stetiger Druck besteht, noch mehr zu tun.

<sup>15</sup> Bewusst wird hier der Begriff Energieanalyse verwendet, nicht Energie-Audit, da die hier vorgeschlagene Lösung nicht mit einem dem Öko-Audit ähnlichen Energie-Audit vergleichbar ist.

<sup>16</sup> Aus Praktikabilitätsabwägungen kann es zunächst sinnvoll sein, die Regelung auf Querschnittstechnologien (wie z.B. Beleuchtung, Lüftung, Kühlung etc.) zu begrenzen.

Steuerermäßigung gewährt. Die Höhe der **Steuerermäßigung** ist direkt **abhängig** von der durch die Maßnahmen erreichten **Energiekostensparnis**.<sup>17</sup>

## Schritt 2:

Unter Beibehaltung der Grundkonzeption von Schritt 1 sind folgende Weiterentwicklungen vorgesehen:

- Kontinuierliche Verschärfung der Mindestanforderungen an das Energiemanagement auf der Basis der gesammelten Erfahrungen und des technischen und organisatorischen Fortschritts.
- Kontinuierliche Verschärfung der Mindestanforderungen an die Energieanalyse auf der Basis der gesammelten Erfahrungen, der verbesserten Datengrundlage, des technischen und organisatorischen Fortschritts und parallel zum Aufbau der notwendigen Strukturen.
- Auf der Basis der Erfahrungen aus Schritt 1 sollte auch überlegt werden, ob die Steuer für den Ausnahmebereich (ermäßigter Steuersatz oder Selbstbehalt) angehoben werden soll und/oder ob die Steuerermäßigungsmöglichkeiten für Energieeffizienzaktivitäten ausgebaut werden sollten, um die Anreize für die Unternehmen zu erhöhen, ein Energiemanagement einzurichten und eine Energieanalyse durchzuführen. Dabei ist zu berücksichtigen, wie die Belastungsfähigkeit der Unternehmen im internationalen Wettbewerb aussieht und wie daran orientierte Steuersatz- und Steuerermäßigungsstrukturen geschaffen werden können.
- Zu diskutieren wäre mittel- bis langfristig auch, wie die Energieeffizienz der Produkte bzw. Dienstleistungen (z.B. Herstellung energiesparender Geräte) in die Lösung einbezogen werden könnten.

Steigende Anforderungen an die Energieanalyse sind notwendig, damit einerseits keine „Rosinenpick“-Lösungen realisiert werden, die wesentliche Potentiale zur Energieeffizienzsteigerung „verschenken“, da nicht integriert optimiert wird, und andererseits ein stetiger Anreiz zu weiteren Energieeffizienzsteigerungen entsteht.

## Branchennetzwerke als Unterstützung

Um es den Unternehmen zusätzlich zu erleichtern, die vorgeschlagenen ökonomischen Anreize zu nutzen, sollten die Bundesländer den erfolgreichen Ansatz der Branchenenergiekonzepte verstärken und weiterentwickeln. Als sehr hilfreich haben sich hierfür in Baden-Württemberg, der Schweiz oder Norwegen Branchennetzwerke erwiesen, die von einer staatlich finanzierten Einrichtung organisatorische und inhaltliche Unterstützung erhalten. Der Erfahrungs- und Informationsaustausch und das Benchmarking im Netzwerk der jeweiligen Arbeitsgruppe kann zur Steigerung der Energieeffizienz in den Unternehmen erheblich beitragen.

---

<sup>17</sup> Im Detail heißt dies: Die Steuerermäßigung wird so festgesetzt, dass sich eine Halbierung der in der Energieanalyse ausgewiesenen statischen Amortisationszeit der einzelnen Maßnahmen ergibt. Die Amortisationszeit ohne die Steuerermäßigung darf aber nicht höher als 8 Jahre sein. Die Steuerersparnis, die sich durch den eingesparten Energieaufwand ergibt, wird bei der Errechnung der Steuerermäßigung berücksichtigt. Aus EU-rechtlichen Erwägungen darf die Steuerermäßigung die Steuerschuld nicht übersteigen.

## **Die öffentliche Hand – vom Nachzügler zum Vorbild!**

Allein die bundeseigenen Liegenschaften verursachten im Jahr 2001 zur Deckung des Heizenergiebedarfs Kosten von rund 297 Mio. Euro. Für den Stromverbrauch mussten zusätzlich rund 218 Mio. Euro bereitgestellt werden. Seit 1998 konnte der Energieverbrauch dort nicht signifikant reduziert werden (Rotter 2003). Wegen der angespannten Haushaltslage des Bundes ist in vielen Bundesliegenschaften ein erheblicher Investitionsstau bei der Instandsetzung und Modernisierung baulicher und technischer Anlagen entstanden. Hieraus wird deutlich, dass der Bund bei seinen eigenen Liegenschaften ein großes Effizienzpotenzial erschließen kann. Die Selbstverpflichtung des Bundes zur Reduzierung der **CO<sub>2</sub>**-Emissionen sollte in ein quantifiziertes Programm zur Emissionsminderung in Bundesliegenschaften einmünden und neben Qualitätsstandards für Neubau und Sanierung auch Ziele zu den künftig zu erreichenden Sanierungsraten enthalten. Entsprechendes gilt für die Länder.

Für die Bundes- und Landesliegenschaften sollten wie bei den kommunalen Liegenschaften Intracting und Contracting als Umsetzungsinstrumente verstärkt eingesetzt werden, um bei knappen finanziellen Ressourcen schnell zu einem respektablen Effizienzgewinn zu kommen.

Mittelfristiges Ziel für den Energiestandard öffentlicher Gebäude (Neubau) soll der Passivhausstandard werden. Kurzfristig sollte der Niedrigenergiehausstandard für neu zu errichtende öffentliche Gebäude verbindlich festgeschrieben werden. Zur Verbesserung der Energieeffizienz im Bestand sollte ein Sanierungsprogramm entwickelt werden, welches ambitionierte aber zugleich realistische Ziele erreicht. Denkbar wäre das Ziel, einen durchschnittlichen Wärmebedarf von 200 kWh pro m<sup>2</sup> und Jahr sowie einen Strombedarf von unter 80 kWh pro m<sup>2</sup> und Jahr bis zum Jahr 2010 zu erreichen. Sanierte Gebäude sollten dabei eine Heizenergiekennzahl von maximal 70 kWh pro m<sup>2</sup> und Jahr und eine Stromkennzahl von unter 40 kWh pro m<sup>2</sup> und Jahr aufweisen. Ziel muss sein, dass bei zunehmend unsicherer Entwicklung der Energiepreise die Betriebskosten von bundeseigenen Gebäuden kalkulierbar bleiben. Darum muss bei Sanierungsmaßnahmen auf einen hohen Effizienzstandard hingewirkt werden. Beispielhaft ist hier die Sanierung eines Wuppertaler Studentenwohnheims (Burse) zu nennen. Die dortigen Appartements kommen mit 15 Kilowattstunden pro Jahr und Quadratmeter aus. An der Burse entstand durch eine mustergültige Sanierung Deutschlands größtes Passivhaus. Bei rund 10 Prozent höheren Baukosten durch den Passivhausstandard konnte dort in Wirtschaftlichkeitsberechnungen die langfristige Rentabilität nachweisen werden. (Berger-Marchand / Müller / Schlüter, 2003).

Ebenso gibt es auch im Strombereich große Effizienzpotentiale, die durch einen entsprechenden Anreiz erschlossen werden könnten. Der Stromverbrauch in öffentlichen Gebäuden schwankt je nach gebäudetechnischer Ausstattung und Verhalten der Belegschaft erheblich. Die aus diesen Schwankungen abzulesenden Effizienzpotentiale können durch eine gezielte Informations- und Motivationskampagne für die Bediensteten des Bundes und durch eine Optimierung des technischen Facility-Managements (z. B. eine gezielte Sanierung im Bereich der Heizungspumpen, Lüftungs-, Klima- und Beleuchtungsanlagen) erschlossen werden.

Die umweltfreundliche Beschaffung (public procurement) des Bundes sollte künftig auch die Energiebeschaffung und den Stromeinkauf einschließen. Die Stromlieferungen für den

Bund sind künftig im Wettbewerb auszuschreiben, wobei im Ausschreibungstext ökologischen Qualitätsmerkmale zu verankern sind. So sollte der Anteil von in KWK-Anlagen und ggf. regenerativ erzeugtem Strom, der über das Erneuerbare-Energien-Gesetz hinaus gefördert werden soll, künftig im Ausschreibungsverfahren verbindlich festgelegt werden. Durch Contracting und Betreibermodelle (ggf. mit Bürgerbeteiligung) sollten darüber hinaus die Potenziale für KWK-Anlagen und erneuerbare Energien in und auf bundeseigenen Gebäuden verstärkt genutzt werden.

## 2.2 Ressourceneffizienz

Die Herstellung und die Nutzung von Investitions- und Konsumgütern sind mit einem Material- und Energieeinsatz verbunden, der in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht in einem engen Wechselverhältnis steht. Die Energie-Enquete-Kommission (2002) hat daher die Energieeffizienzpotentiale untersucht, die durch verstärkte Kreislaufführung sowie durch bessere Material- und intensivere Produktnutzung erschlossen werden können. Häufig ist den Investoren und Nutzern nicht bekannt, welche (energieintensiven) Materialarten und welche Materialmengen in bestimmten Produkten und Investitionsgütern enthalten sind und welcher Energiebedarf zu ihrer Herstellung, zur Weiterverarbeitung, zum Transport, während der Nutzung und schließlich für die Entsorgung bzw. Wiederverwendung aufgewandt werden muss. Für den Antransport und die Verarbeitung von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen werden Energie und Kosten auch dann aufgewendet, wenn sie nicht zur Wertschöpfung beitragen, sondern als Reststoff (z.B. als Abfall, Abwasser, Abluft, Abwärme) wieder entsorgt werden müssen. Lebenszyklusanalysen („von der Wiege bis zur Bahre“) und Systemoptimierungen zeigen daher häufig umfangreiche Energieeinsparpotentiale, die auch zu erheblichen wirtschaftlichen Kosteneinsparungen führen können.

Die Energie-Enquete-Kommission unterscheidet vier Strategien, wie eine effizientere Materialnutzung auch zu erheblichen Energiesparpotenzialen führen kann. Im Vergleich zu einer Trendentwicklung („Referenz-Szenario“) lassen sich die folgenden zusätzlichen Energieeinsparungen bis zum Jahr 2030 erreichen, wenn eine aktive Politik zur Steigerung der Materialeffizienz („Nachhaltigkeitsszenario“) unterstellt wird:

1. Verstärktes Recycling (128 PJ)
2. Geringerer spezifischer Materialbedarf (193 PJ)
3. Materialsubstitution (118 PJ)
4. Gesteigerte Nutzungsintensität (65 PJ)

Die Kommission geht davon aus, dass im Referenzfall bereits etwa 465 PJ (etwa 5% des heutigen Energiebedarfs) und durch eine bewusste Nachhaltigkeitspolitik zusätzlich noch ein Potenzial in etwa der gleichen Höhe erschlossen werden kann (s.o.). Wegen fehlender Detaildaten ist hierbei das Potenzial noch nicht im vollem Umfang erfasst.

Allein diese Größenordnung zeigt, dass die Materialeffizienz einen erheblichen Einfluss auf die Nachfrage nach Energiedienstleistungen hat. Es macht daher auch Sinn, entsprechende Qualifikation vorausgesetzt, bei Betriebsanalysen z.B. im Rahmen von Energieeinspar-Contracting auch die Steigerung der Materialeffizienz – quasi als positiven Ne-

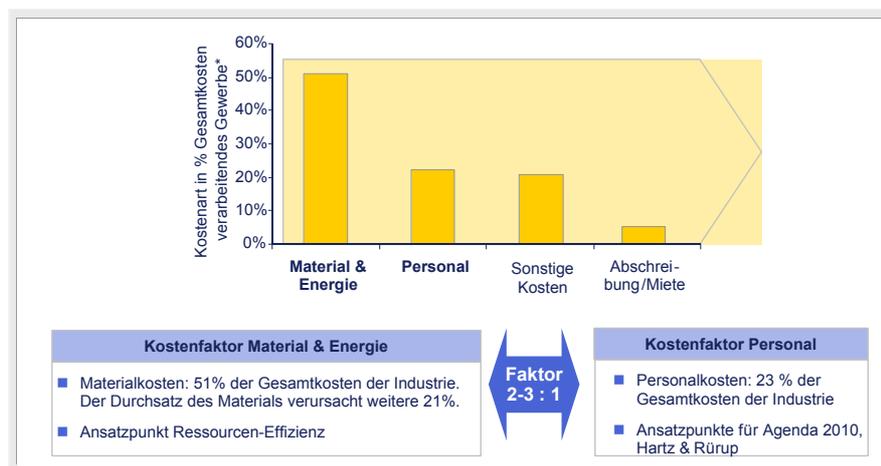
benefekt – so weit wie möglich mit zu untersuchen und zu erschließen. Aus derartigen umfassenden Betriebsanalysen werden sich in aller Regel umfangreichere Kosteneinsparpotenziale ergeben als wenn nur die Energieeffizienz isoliert betrachtet würde.

Damit ist jedoch der Zusammenhang zwischen Material- und Energieeffizienz nur teilweise dargestellt und das durch eine integrierte Strategie zur Steigerung der „Ressourceneffizienz“ (Energie- und Materialeffizienz) realisierbare wirtschaftliche Kostenreduktionspotenzial noch nicht ausgeschöpft. Denn bei der bisherigen Betrachtungsweise bildet der Energiesektor und die Energiepolitik den Bezugspunkt und die Materialeffizienzsteigerung wird quasi als **ein Mittel zur Energiekosteneinsparung** betrachtet. Schaut man sich jedoch die Kostenstruktur im verarbeitenden Gewerbe genauer an, dann wird deutlich, dass eine Strategie der **forcierten Ressourceneinsparpolitik**, die quasi als positiven Nebeneffekt auch Energiekosten vermeidet, noch eine ungleich höhere wirtschaftliche Bedeutung hat.<sup>18</sup>

Der Kostenfaktor Material ist nämlich für die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft von mindestens ebenso zentraler Bedeutung wie der Kostenfaktor Arbeit. Wie die folgende Grafik zeigt, liegt in Betrieben des verarbeitenden Gewerbes der Kostenanteil des Materialdurchsatzes mehr als zwei- bis dreimal so hoch wie der Lohnkostenanteil. Der Energiekostenanteil im verarbeitenden Gewerbe beträgt dabei im Durchschnitt nur etwa 2%.

Abbildung 10: Anteil der Materialkosten an den Produktionskosten in der Industrie

**Material ist der zentrale Faktor in den Life Cycle Cost der Industrie-Produkte. Eine Senkung dieser Kosten steigert Wettbewerbsfähigkeit und Wachstum**



\* Statistisches Bundesamt, Kostenstruktur verarbeitendes Gewerbe, 1999

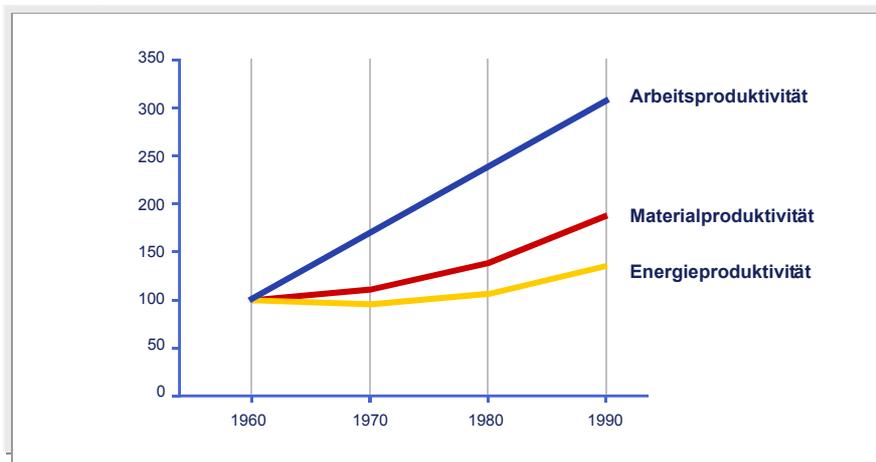
0

<sup>18</sup> Vgl. zum folgenden Fischer, H., Lichtblau, K., Meyer, B., Scheelhase, J., Wachstums- und Beschäftigungseffekte rentabler Dematerialisierung, Studie im Auftrag der Aachener Stiftung Kathy Beys; erscheint demnächst in Wirtschaftsdienst

Insofern stellt sich die Frage, wie mit einer **integrierten Strategie** die Material- und die Energieeffizienz<sup>19</sup> gemeinsam gesteigert und hierfür förderliche Rahmenbedingungen und staatliche Impulse geschaffen werden können. Wie das folgende Schaubild zeigt, ist die Arbeitsproduktivität in der Vergangenheit deutlich schneller gestiegen als die Energie- und Materialproduktivität. Gerade auch in beschäftigungspolitischer Hinsicht steht die Wirtschafts-, Energie- und Technologiepolitik in Deutschland vor der Herausforderung und vor der Chance, zukünftig den technischen Fortschritt im Zuge eines ökologischen Strukturwandels verstärkt auch in Richtung auf Energie- und Materialkosteneinsparung zu steuern und dadurch Impulse für Innovation, Wachstum und Beschäftigung zu geben.

Abbildung 11: Entwicklung der Produktivität von Energie, Material und Arbeit in den alten Bundesländern

**Entwicklung der Produktivität von Energie, Material und Arbeit in den alten Bundesländern**  
(1960=100)



Arthur D Little 

1

Wegen der hohen Bedeutung der Materialdurchsatzkosten senkt die Industrie – wie die Grafik zeigt – bereits im Trend den Materialdurchsatz durch Steigerung der Materialeffizienz von Produktionsprozessen und Produkten. Je Euro Bruttosozialprodukt sank der Materialeinsatz zwischen 1960 und 1990 inflationsbereinigt um 42%<sup>20</sup>. Dieser Trend zur „rentablen Dematerialisierung“ der industriellen Wertschöpfung wurde auch am Innovationspreis der deutschen Wirtschaft für 2002 deutlich: die prämierten Projekte stachen gerade auch wegen der Senkung der Materialdurchsatzkosten im Produktlebenszyklus<sup>21</sup> hervor.

Allerdings kann dieser Strukturwandel noch erheblich beschleunigt werden, wenn die bestehenden Umsetzungshemmnisse abgebaut werden. Die Unternehmensberatung

<sup>19</sup> Wegen der engen Wechselwirkung wird nachfolgend die Steigerung der Energieeffizienz immer als integraler Bestandteil der Steigerung der Ressourcen- und Materialeffizienz verstanden.

<sup>20</sup> Hinterberger, Renn, Schütz. Wuppertal Paper Nr. 89, Arbeit, Wirtschaft, Umwelt, Wuppertal, 1999, S. 12.

<sup>21</sup> Manager Magazin, 16.01.2003, Seiten 64-83, Spezial Innovationspreis.

Arthur D. Little GmbH geht z.B. davon aus, dass sich die Materialdurchsatzkosten von Unternehmen regelmäßig durch gezielte Unternehmensberatung um insgesamt 20% senken lassen. Diese jährlichen Einsparungen werden erfahrungsgemäß mit einem Einmalaufwand erzielt, der einen Payback von durchschnittlich 12 Monaten hat.

Eine aktuelle volkswirtschaftliche Analyse (Fischer et al. 2003) zeigt, dass eine Realisierung von nur 50% dieses Effizienzpotenzials durch Produkt- und Prozessinnovationen das Bruttoinlandsprodukt um knapp 10% steigern würde. Hiermit verbunden sind Innovations- und Finanzierungsspielräume sowie neue Geschäftsfelder, die Chancen zur Schaffung von mehreren 100.000 Arbeitsplätzen und zur Entlastung der öffentlichen Haushalte eröffnen.

Bei derartigen Potenzialen drängt sich die Frage auf, warum sie in einer Marktwirtschaft nicht bereits im Trend erschlossen werden. Die Erfahrung aus der betrieblichen Praxis zeigt eine Reihe von konkreten strukturellen Hemmnissen, die einer rentablen Dematerialisierung entgegenstehen; dazu gehören z.B.:

- Den betrieblichen Entscheidungsträgern sind in der Regel die vollen Kosten nicht bewusst, die durch Materialverluste<sup>22</sup> und Materialverbrauch entstehen, weil übliche Rechnungssysteme diese Kosten nicht oder nur unvollständig ausweisen.
- Kostensenkung wird vorrangig mit Personalkostensenkung assoziiert und weniger stark mit der Senkung von Materialdurchsatzkosten.
- Die Anreize, bei Investitions- und Kaufentscheidungen Lebenszykluskosten zu Grunde zu legen, sind gering, daher wird häufig nur nach der Höhe der Anschaffungskosten entschieden.
- Das Know-how zur Ausschöpfung der vollen Potenziale rentabler Dematerialisierung ist in den Unternehmen nur begrenzt vorhanden. Die Methoden hierzu sind nicht selbstverständlicher Curriculabestandteil der Hochschul- und betrieblichen Bildung.

Diese Hemmnisse können durch ein staatliches Impulsprogramm in Verbindung mit einzelbetrieblichen Maßnahmen weitgehend beseitigt werden. Der Staat kann durch Informationskampagnen ein Bewusstsein für die Höhe und Beeinflussbarkeit der Materialdurchsatzkosten schaffen. Durch spezielle Förderprogramme kann die breite Anwendung von Best Practice beschleunigt werden. Dabei beschleunigen eine zielorientierte Beschaffung und Verbesserung der Verbraucherinformation über die Life Cycle Costs den Marktzugang und die Verbreitung von Effizienztechniken.

Ein Bund-Länder-Programm erscheint geeignet, in einer Erprobungsphase von zwei Jahren mit Pilotprojekten, Information, Weiterbildung und durch den Aufbau von Expertennetzwerken die Machbarkeit und wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit einer Material- und Energieeffizienzstrategie zu demonstrieren. Sofern die erwarteten positiven Resultate bestätigt werden, sollte aufbauend auf den Erfahrungen der Startphase ein bundesweites Impulsprogramm „Materialeffizienz – Für Wachstum, Innovation und Beschäftigung“ über mehrere Jahre gestartet werden. Das Impulsprogramm kann durch die Einsparung bei Sachausgaben der öffentlichen Hand gegenfinanziert werden. Hinzu kommen mehr Steuereinnahmen und sinkende Sozialleistungen. Es löst zudem ein Mehrfaches des Pro-

---

<sup>22</sup> vor allem für Ausschuss, Abwasser und Abfall.

grammvolumens an privaten Investitionen aus. Dabei wird eine längerfristige Modernisierungs- und Innovationspolitik des Bundes und der Länder für Materialkostensenkung, Wachstum und Beschäftigung aufgebaut.

### 3 Literaturverzeichnis

- Berger-Marchand, F.; Müller, M.; Schlüter, C. (2003): Deutschlands größtes Passivwohnhaus, in: WUPPERTALER UNIMAGAZIN Nr. 21 - Januar/Februar 2003
- BHKW-Info 2003: [www.bhkw-info.de/einfuehrung/linkemissionen.html](http://www.bhkw-info.de/einfuehrung/linkemissionen.html); Zugriff am 25.09.03
- Bundesregierung Deutschland (ohne Jahr): Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung
- BWK 4-2003: Blockheizkraftwerke und stationäre Brennstoffzellen (M. Seidel, M. Gailfuß); S. 97-102
- Deutscher Bundestag: Drucksache 14/8463 14. Wahlperiode 06. 03. 2002
- EM/Technomar (2000): E&M (Energie&Management Verlagsgesellschaft mbH); Technomar (Technomar GmbH Gesellschaft für Investitionsgütermarktforschung und Unternehmensberatung) Jahrbuch Energie-Contracting 2000, Herrsching, München
- Enquete-Kommission (2002): Endbericht der Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“. BT-Drucksach 14/9400 vom 07.07.2002. Berlin: Deutscher Bundestag
- ERM Lahmeyer International (2003): Hessen-Tender; Initiative für den Ankauf von CO<sub>2</sub>-Emissionsminderungen. Zusammenfassung Ergebnisbericht Pilot- und Demonstrationsprojekt zur Erprobung von Instrumentarien eines Emissionshandelssystems. März 2003
- EU (2002): 2457th Council meeting. Environment. Luxembourg, 17 October 2002. 12976/02 (Presse 320). <http://ue.eu.int/pressData/en/envir/72808.pdf> (12.09.03)
- EU (2003): Gemeinsamer Standpunkt (EG) Nr. 28/2003 vom Rat festgelegt am 18. März 2003 DE C 125 E/72 Amtsblatt der Europäischen Union 27.5.2003
- eurostat (2003): Statistik über Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen in der EU im Jahr 2000 (P. Loesonen); Dez. 2003
- Fischedick, Manfred, Nitsch, Joachim et al (2000): Klimaschutz durch Nutzung erneuerbarer Energien, UBA-Berichte 2/00, Erich Schmidt Verlag Berlin
- Fischer, H., Lichtblau, K., Meyer, B., Scheelhase, J. (2003): Wachstums- und Beschäftigungseffekte rentabler Dematerialisierung, Studie im Auftrag der Aachener Stiftung Kathy Beys
- Gemeindeordnung des Landes Nordrhein-Westfalen in der Fassung vom 14. Juli 1994
- Haitz, R.; F. Kish; J. Tsao; J. Nelson (1999): The Case for a National Research Program on Semiconductor Lighting; white paper presented publicly at the 1999 Optoelectronics Industry Development Association (OIDA) forum in Washington DC
- Hennicke, Peter; Kohler, Stephan; Seifried, Dieter (1998): Die Wende in der Energiepolitik ist überfällig - Ein Wegweiser in die Energiespar- und Solarenergiewirtschaft, in: Frankfurter Rundschau v. 5. Okt. 1998
- Hennicke, Peter; von Weizsäcker, Ernst U. (Hrsg.) (2002): Quantensprünge zur Ökoeffizienz. Zwanzig Beispiele für das 21. Jahrhundert
- Hinterberger, Renn, Schütz (1999): Wuppertal Paper Nr. 89, Arbeit, Wirtschaft, Umwelt, Wuppertal
- Innenministerium Nordrhein-Westfalen (2003): Hinweise für die kommunalaufsichtliche Behandlung von Kommunen ohne genehmigtes Haushaltssicherungskonzept (Nothaushaltsrecht nach § 81 GO NRW)
- IPCC (1996): The Science of Climate Change (1995): Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press

- IPCC (2001): Climate Change (2001): The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press
- ISI (Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung)/ FfE (Forschungsstelle für Energiewirtschaft)/ Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Kraftwerkstechnik der Technischen Universität München (1998): Energieverbrauch und Energieeinsparung in Handel, Gewerbe und Dienstleistung; Schlussbericht an die Deutsche Bundesstiftung Umwelt
- Jochem, Eberhard (2003): Energie rationeller nutzen: zwischen Wissen und Handeln, Es fehlt kaum an Know-how, vielmehr an Lobby und (Medien-)Appeal, in: GAIA 12 (2003) no. 1, 9-14
- Kommission der europäischen Gemeinschaften (2003a): Vorschlag für eine Verordnung des europäischen Parlaments und des Rates über bestimmte fluorierte Treibhausgase, KOM(2003) 492, Brüssel, 11.8.2003
- Kommission der europäischen Gemeinschaften (2003b): Vorschlag für eine Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinie über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionsberechtigungen in der Gemeinschaft im Sinne der projektbezogenen Mechanismen des Kyoto-Protokolls, KOM(2003) 403 endg., Brüssel, 23.7.2003
- Kommunal Finanzen 2002 in Nordrhein-Westfalen: „Talfahrt der Einnahmen geht weiter!“
- Krause, Florentin et. al. (1995): Negawatt Kraft, Kosten und Potentiale effizienter Stromnutzung in Westeuropa
- Kristof, Kora et al. (1998): Handlungsoptionen des Landes Nordrhein-Westfalen zur Verbreitung der Umsetzung des Intractingmodells auf kommunaler und Landesebene; Projektteil B der Studie „Pilotprojekte Einspar-Contracting und Intracting in NRW“
- Langgassner (2001): EnergieEffizienz elektrischer Antriebe in Haushaltgeräten (IfE Schriftenreihe-Heft 45). Energie- und Management-Verlags-Gesellschaft, Hersching
- Langrock, Thomas; Wiehler, Hans Albrecht (2003): Policy Paper Nr. 3/2003: Nationale Ausgleichsprojekte (NAP) als Ergänzung des EU-Emissionshandels
- Lovins, Amory B.; Hennicke, Peter (2000): Voller Energie. Die globale Faktor-Vier-Strategie für Klimaschutz und Atomausstieg
- Lovins, Amory B.; Lovins, L. Hunter; v. Weizsäcker, Ernst-Ulrich (1997): Faktor Vier. Doppelter Wohlstand - halbiertes Naturverbrauch
- Manager Magazin v. 16.01.2003: Spezial Innovationspreis, S. 64-83
- MWMEV (2001): Handlungsfelder und Maßnahmen der Klimaschutzpolitik in Nordrhein-Westfalen - Zusammenfassung der wesentlichen Aussagen des Klimaschutzkonzeptes NRW
- Ramesohl, Stephan; Fishedick, Manfred; Jungbluth, Christian; Merten, Frank (2003): Stationäre Brennstoffzellen im Energiesystem, in: BWK, Bd. 55 (2003) Nr. 3, S. 44-48
- Rotter, Frank (2003): Contracting für Bundesliegenschaften, in: Zeitschrift für Kommunal Finanzen (ZKF) 2003 Nr. 8, S. 199-204
- Solar&Spar Contract GmbH (Hrsg.) (2003): Energie erzeugen – Energieverbrauch senken. Energetische Schulsanierung mit Gewinn. Solar- und Sparprojekt am Aggertal-Gymnasium in Engelskirchen, Wuppertal
- Städtetag (2004): der städtetag 4/2002: Gemeindefinanzbericht 2002 Städtische Finanzen:Kollaps oder Reformen! (Kurzfassung)
- Statistisches Bundesamt Deutschland 2003
- Stölting-Kaltenbach 2001: Handbuch Elektrische Kleinantriebe. Carl Hanser Verlag, München-Wien, 2001
- Thomas, S.; Irrek, W.; Kristof, K. (2003): Förderung der Energieeffizienz über die Regulierung der deutschen Elektrizitäts- und Gaswirtschaft, Vorschläge des Wuppertal Instituts, Wuppertal
- Trittin, Jürgen (2003): Energie – Forschung – Klimaschutz. Innovation und ökologische Modernisierung

- Trittin, Jürgen (2003): Klimaschutz ist ein Markt ungeahnter Größe, in: Frankfurter Rundschau, Nr. 209
- Umweltbundesamt (2003): Anforderungen an die zukünftige Energieversorgung - Analyse des Bedarfs zukünftiger Kraftwerkskapazitäten und Strategie für eine nachhaltige Stromnutzung in Deutschland, Berlin
- Unterrichtung durch die Bundesregierung, Einunddreißigster Rahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“ für den Zeitraum 2002 bis 2005
- VGB PowerTech e.V. (2003): Konzeptstudie Referenzkraftwerk Nordrhein-Westfalen
- VDI (1994): Energielexikon, ORC-Prozess; VDI-Verlag, Düsseldorf 1994
- VDI (2001): Sparsame Antriebe liegen im Trend. in VDI-NR v. 23.11.2001/Hg.: VDI Düsseldorf
- WBGU: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2003): Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag
- WBGU-Sondergutachten: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2003): Sondergutachten "Über Kyoto hinausdenken - Klimaschutzstrategien für das 21. Jahrhundert"
- WMO (2003): World Meteorological Organization: Our future climate. WMO-No. 952. Geneva: Switzerland
- Wuppertal Institut und ASEW (2003): Energieeffizienz im liberalisierten Strom- und Gasmarkt, Wuppertal
- Ziesing, Hans-Joachim (2003): Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin): Investitions-offensive in der Energiewirtschaft – Herausforderungen und Handlungsoptionen, Paper zur Energiekonferenz der Bundestagsfraktion von Bündnis 90/Die Grünen am 26./27. September 2003 in Berlin
- Wuppertal Institut (1999): Gebäudesanierung: eine Chance für Klima und Arbeitsmarkt; Studie im Auftrag der IG Bauen-Agrar-Umwelt und Greenpeace e. V., Hamburg: Greenpeace, 47 S., (Arbeit und Umwelt)
- Wuppertal Institut (2002): "Der Beitrag regenerativer Energien und rationeller Energienutzung zur wirtschaftlichen Entwicklung in Nordrhein-Westfalen - Analyse und Bewertung von Zukunftstechnologien, deren Auswirkungen auf die Wirtschaftsstruktur und Ableitung technologiepolitischer Handlungsempfehlungen"; unveröffentlichte Studie; Wuppertal, Juni 2002
- COORETEC: CO<sub>2</sub>-Reduktionstechnologien – Forschungs- und Entwicklungskonzept für emissionsarme fossil befeuerte Kraftwerke, Untersuchung im Auftrag des BMWa, Berlin, 2003
- Department of Energy (DOE): Carbon Sequestration, Technology Road Map and Program Plan, Washington, 2003
- Enquête-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter Berücksichtigung der Globalisierung und Liberalisierung“, Endbericht, Berlin, 2002
- Pew Center on Globale Climate Change (Pew): U.S. Energy Scenarios for the 21st Century, Arlington, July 2003 ([www.pewclimate.org](http://www.pewclimate.org))
- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderung (WBGU), Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit, Berlin, 2003
- World Energy Council (WEC): Global Energy Perspectives, Report, 1998