

## **Kap. 1 Zusammenfassung**

### **1.1 Die wichtigsten Ergebnisse**

#### **Einvernehmliche Feststellung: Das gegenwärtige Energiesystem ist nicht nachhaltig**

(1) Der Deutsche Bundestag hat im Februar 2000 die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung“ eingesetzt. Der Enquete-Kommission wurde der Auftrag erteilt, dem Bundestag für die energiepolitischen Entscheidungen der Zukunft eine wissenschaftlich fundierte Grundlage zu liefern. Laut Einsetzungsbeschluss sollen dazu für den Zeitraum bis 2050 „robuste“, nachhaltig-zukunftsfähige Entwicklungspfade im Energiesektor und politische Handlungsmöglichkeiten angesichts zunehmender Umwelt- und Entwicklungsprobleme unter den veränderten Rahmenbedingungen von Globalisierung und Liberalisierung aufgezeigt werden. Der Endbericht der Kommission stellt einen Beitrag Deutschlands zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele von Rio (Agenda 21) im Energiebereich dar.

(4) In ihrem Ersten Bericht hat die Kommission u.a. den Nachhaltigkeitsbegriff konkretisiert und operationalisiert, den aktuellen wissenschaftlichen Sachstand zum Klimawandel (Treibhauseffekt) und zur Ressourcen- und Reservensituation fossiler Energieträger erörtert. Auf dieser Basis kam die Enquete-Kommission zu der einvernehmlichen Feststellung, dass das gegenwärtige Energiesystem nicht nachhaltig ist. Diese Einschätzung beruht maßgeblich darauf, dass die heutige Energiebereitstellung und -nutzung in großem Umfang Umweltkosten negiert, Raubbau an knappen Ressourcen betreibt und Risikoaspekten zu geringe Beachtung schenkt. Ein weiterer wichtiger Aspekt der Nicht-Nachhaltigkeit des heutigen Energiesystems besteht darin, dass für große Teile der Weltbevölkerung die für die notwendige wirtschaftliche und soziale Entwicklung benötigten Energiedienstleistungen nicht oder nur ungenügend zur Verfügung stehen.

#### **Enquete-Kommission bestätigt: Eine nachhaltig-zukunftsfähige Energieversorgung ist technisch machbar sowie wirtschaftlich vorteilhaft**

(5) Die Kommission hat zur Einschätzung der Chancen einer nachhaltig-zukunftsfähigen Entwicklung bis zum Jahr 2050 wirtschaftliche und technische Potenziale sowie praktische und politische Handlungsoptionen untersucht. Dazu sind 14 Szenarien und Varianten mit

unterschiedlichen Annahmen und Realisierungsperspektiven für Deutschland erarbeitet worden. Diese Szenarien sowie die Auswertung weiterer für die Enquete-Kommission durchgeführter Studien lassen die Kommission zu dem Ergebnis gelangen, dass in einem modernen Industrieland eine Minderung der Treibhausgas-Emissionen um 80% technisch realisierbar und wirtschaftlich machbar ist, auch unter Berücksichtigung des vereinbarten Ausstiegs aus der Kernenergie. Die konkrete Realisierung dieses zur Stabilisierung des Weltklimas erforderlichen Minderungsziels wird mit drei Szenarien untersucht. In einem ersten Szenario wird der Schwerpunkt vor allem auf die Emissionsminderung im Umwandlungssektor – unter Einbeziehung von CO<sub>2</sub>-Abtrennung und -Deponierung – gelegt. Das zweite Szenario ist v.a. durch die massive Erhöhung der Effizienz des Energiesystems und die konsequente Markteinführung erneuerbarer Energien gekennzeichnet. Die Enquete-Kommission hat auf Anregung der Minderheit von CDU/CSU und FDP ein drittes Szenario definiert, in dem für das 80%-Reduktionsziel der Ausbau der Kernenergienutzung zugelassen wird, was im Ergebnis zum Neubau von 50-70 Atomkraftwerken führt.

Tabelle 1-1: Hauptmerkmale der Szenarien im Überblick

Referenzszenario	Umwandlungseffizienz	REG/REN-Offensive	Fossil-nuklearer Energiemix
Fortsetzung der Energiepolitik als Business-as-usual ♦ Ökosteuern nur bis 2003 ♦ Energiesteuern real konstant	♦ forcierte Effizienzsteigerung bei fossilen Energieträgern ♦ Energiepolitik verschärft ♦ Kontinuierlich höhere Energiesteuern ♦ CO <sub>2</sub> - Abtrennung und -Deponierung	♦ forcierte Effizienzsteigerung in allen Anwendungsbereichen ♦ Ausbau der Erneuerbaren ♦ REG-Anteil im Jahr 2050: 50% ♦ Kontinuierlich höhere Energiesteuern	♦ Neubau von Atomkraftwerken nach 2010 möglich ♦ Moderate Umsetzung der Energieeinsparpolitik

(6) Die Szenarien wurden im Auftrag der Kommission vom Wuppertal-Institut für Umwelt, Klima, Energie (WI) und vom Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart unter Federführung der PROGNOSE AG, Basel berechnet. Die Szenarien und Varianten wurden zunächst ohne Berücksichtigung externer Kosten berechnet. Die nachträgliche Integration der externen Kosten von Luftschadstoff- und Treibhaus-

gasemissionen sowie der Kernenergie in die Szenarien und Variantenrechnungen zeigt, dass das Kernenergieszenario auch aus der ökonomischen Perspektive nicht nachhaltig ist.

### **Nachhaltige Energieversorgung: Chance für den Standort Deutschland**

(7) Die Kommission hat sich ausführlich mit der Anpassungsleistung auseinandergesetzt, die von der deutschen Volkswirtschaft in den nächsten 50 Jahren im Hinblick auf Nachhaltigkeit zu erbringen ist, um sich auch in Zukunft erfolgreich im internationalen Wettbewerb behaupten zu können. Die Kommission hat den erforderlichen Strukturwandel sowohl unter einzelwirtschaftlichen als auch gesamtwirtschaftlichen Blickwinkeln diskutiert. Sie ist zu dem Schluss gekommen, dass ohne durchgreifende Umsetzung des Nachhaltigkeitsgedankens die Wettbewerbsfähigkeit und die Standortqualität Deutschlands bedroht ist. In diesem Sinne bedeutet eine Politik der Nachhaltigkeit für die Kommission einerseits eine ökologische Notwendigkeit und andererseits die Einlösung wohlbegründeter ökonomischer und sozialer Handlungsgrundsätze.

(8) Die Szenarien erreichen die angestrebte CO<sub>2</sub>-Reduktion auf sehr verschiedene Weise. Mit Hilfe bewusst unterschiedlich gewählter Strategien und Instrumente wird so ein vielfältiges Handlungsspektrum offengelegt. Der effizient-solare Entwicklungspfad zeigt beispielsweise, wie sich innerhalb eines halben Jahrhunderts der Wandel des Energiesystems vollziehen kann. Für diesen Pfad ist die massive Erhöhung der Effizienz des Energiesystems und die konsequente Einführung erneuerbarer Energien von zentraler Bedeutung. Gleichzeitig wird die großtechnische Struktur des Energiesystems schrittweise dezentralisiert, durch eine große Vielfalt von effizienteren Technologien ergänzt und durch den wachsenden Einsatz erneuerbarer Energien neu ausgerichtet. Dieser Pfad berücksichtigt, dass in den nächsten Jahrzehnten die Erneuerung der allgemeinen Infrastruktur, des Gebäudebestandes und des Kraftwerksparks ansteht. Das macht die Ausschöpfung gewaltiger Potenziale möglich und ist (zeitnah) geboten. Der Zeitpunkt für die Etablierung eines risikoarmen und zukunftsfähigen Energiesystems wird von der Kommission als besonders günstig eingeschätzt.

(9) Die Kommission vertritt dezidiert die Auffassung, dass die nachhaltige und zukunftsfähige Gestaltung der Energieversorgung sachlogisch eng mit der Modernisierung des Standortes Deutschland verbunden ist. Die Enquete-Kommission sieht in der Entwicklung emissionsarmer und risikofreier Technologien große wirtschaftliche Chancen für die deutsche Industrie. Sie sollten nach Auffassung der Kommission sowohl zur Schaffung neuer Arbeitsplätze im Inland als auch durch den Export beitragen. Mit der Verbreitung von Effizienztechniken und Technologien der erneuerbaren Energien ist nach Ansicht der Kommission auch verbunden, Globalisierungsprozessen eine zukunftsfähigere Richtung zu geben und damit einen Beitrag

zu einer nachhaltigen Entwicklung der Transformations-, Schwellen- und Entwicklungsländer zu leisten.

(10) Die Enquete-Kommission zieht aus ihren Überlegungen folgendes Fazit: Die Fortführung der Kernenergienutzung ist wegen der hohen Sicherheits- und Systemrisiken (Restrisiko, Terroranfälligkeit etc), der immer noch ungelösten Entsorgungsfrage sowie ihrer strukturkonservierenden Wirkungen nicht nachhaltig. Die Szenarien zeigen, dass zur Realisierung anspruchsvoller CO<sub>2</sub>-Minderungsziele ein Rückgriff auf die Kernenergie nicht erforderlich ist. Unter Einbezug externer Kosten übertreffen die gesamtwirtschaftlichen Kosten des Kernenergieszenarios die der anderen deutlich.

### **Nachhaltigkeit: eine technische, wirtschaftliche, soziale und institutionelle Gestaltungsaufgabe**

(11) Die Kommission ist sich bewusst, dass eine nachhaltig-zukunftsfähige Entwicklung in Deutschland auch einen Wechsel von Produktionsweisen, Konsumgewohnheiten und Lebensstilen einschließt. Die Kommission sieht zum Prozess der rechtzeitigen Antizipation des weltweit anstehenden ökologischen Strukturwandels keine ökonomische und soziale Alternative.

(12) Die Kommission ist der Auffassung, dass zur Bewältigung der Aufgabe reines Risikomanagement nicht ausreicht. Daher hält sie eine vorsorgend gestaltende Politik für erforderlich. Eine solche Kraftanstrengung ist ohne einen Paradigmenwechsel auf den unterschiedlichsten Gebieten von Wirtschaft, Forschung u.a. nicht möglich.

(13) Die Kommission vertritt die Überzeugung, dass dieser Prozess ökonomisch umso erfolgreicher und strukturell friktionsärmer ablaufen wird je früher der Entwicklungspfad zur nachhaltigen Entwicklung eingeschlagen wird. Die Kommission betont hierzu ausdrücklich, dass bei der Realisierung keineswegs nur technisch-naturwissenschaftliche Probleme zu lösen sind. Im Kontext der Einführung von technischen Innovationen bestehen zahlreiche soziale und institutionelle Interdependenzen. Die Kommission hält es für erforderlich, diesen Zusammenhängen verstärkt wissenschaftlich und praktisch Beachtung zu schenken. Ohne ihre Berücksichtigung kann auf der Marktebene der Prozess von Nachhaltigkeit nicht erfolgreich verlaufen.

(14) Die Kommission hat intensiv diskutiert, inwieweit für die Durchsetzung des Nachhaltigkeitsgebots neue ordnungspolitische Wege beschritten werden müssen. Sie hält es in diesem Zusammenhang für geboten, Innovationen bei nachhaltigen Energieangeboten über Einführungsprogramme größere Chancen zur Bewährung am Markt zu geben. (Fallbeispiel: Einspeisegesetz für regenerativ erzeugten Strom).

## **Nachhaltigkeit: Politische Antwort auf die Globalisierung**

(15) Die Kommission versteht Globalisierung als einen Prozess von hoher Komplexität. Durch fortschreitende Globalisierung sind nahezu alle sozialen, kulturellen, ökonomischen und ökologischen Bereiche der Gesellschaft berührt. Entsprechend verändert sich der Ordnungs- und Bezugsrahmen für den Energiesektor ständig – sowohl des traditionellen als auch eines nachhaltigen.

(16) Die Kommission hat sich die Aufgabe gestellt, diejenigen Aspekte und Bedingungen im Energiesektor herauszuarbeiten, die als Chancen für ein weltweit nachhaltiges Energiesystem genutzt werden können. Die Kommission betont, dass von der Globalisierung nur dann positive Effekte ausgehen werden, wenn sie als große Gestaltungsaufgabe der nationalen und internationalen Politik angenommen wird. Die bisher weitgehend auf die Ökonomie begrenzte Globalisierung greift zu kurz. Die Kommission setzt sich für einen umfassenden Globalisierungsbegriff ein („integrative Globalisierung“), der alle Dimensionen von Nachhaltigkeit einbezieht.

(17) Eine auf einseitige Vorteilsnahme der Industrieländer programmierte Globalisierung ist gefährlich. Sie verkennt, dass in Zukunft zum Substanzerhalt der globalen Lebensgrundlagen z.B. das Zusammenwirken von Verursachern und Betroffenen oder von entwickelten und unterentwickelten Ländern unerlässlich ist. Die Kommission ist sich bewusst, dass hierzu noch eine große Anzahl von Klärungsprozessen notwendig ist. So müssen beispielsweise Antworten auf die ungerechte Verteilung von Lebenschancen durch die unterschiedliche Verfügbarkeit von Ressourcen, eine größere Beteiligung der Entwicklungsländer am Kapital-, Know-How- und Technologietransfer, die Armutsbekämpfung, eine sachgerechte Entwicklungshilfe und die faire Einbindung aller (auch bisher benachteiligter) Länder in globale Wirtschaftskreisläufe usw. gefunden werden.

## **Nachhaltigkeit: Liberalisierung als Flankierung**

(18) Die Enquete-Kommission hat sich mit den Möglichkeiten der Liberalisierung der Energiemärkte als Motor einer nachhaltigen Entwicklung beschäftigt. Der Kommission ist die Feststellung wichtig, dass funktionsfähiger Wettbewerb im Sinne des Nachhaltigkeitsgedankens produktiv sein kann (Orientierung auf effizienten Ressourceneinsatz, Innovationen durch vielfältige Marktteilnehmer u.ä.). Bedingungen hierfür sind allerdings Abbau von Marktzutrittsschranken und damit verbunden Akteursvielfalt, Interessenentflechtung zwischen den einzelnen Marktstufen sowie Markttransparenz. Diese Voraussetzungen sind nach Auffassung der Kommission bisher nur unzulänglich vorhanden. Technologische Neuerungen haben nur dann eine echte Chance, wenn sie sich unter fairen Bedingungen am Markt behaupten können. Die Enquete-Kommission hat dabei im Auge, dass neue technolo-

gische Entwicklungen in veränderten Strukturen (z.B. Brennstoffzellen und virtuelle Kraftwerke) zu großen Wirkungen im Sinne einer nachhaltigen Energieversorgung beitragen können.

(19) Die Kommission hält es für wichtig, dass die Chancen der Liberalisierung genutzt werden. Sie sieht aber erhebliche Gefahren in der wieder stark zunehmenden Oligopolisierung der Märkte und dem damit verbundenen strategischen Verdrängungswettbewerb. Die wirtschaftliche Attraktivität ökologischer und effizienter Produkte und Verfahren wird durch falsche (kurzfristige) Preissignale an Hersteller und Verbraucher gefährdet. Die Kommission war sich bei ihrer Liberalisierungsdebatte darüber im Klaren, dass der Markt die Realisierung längerfristiger gesellschaftlicher Ziele nicht automatisch erreicht (Wettbewerb als kurzfristiger Optimierungsmechanismus ist perspektivisch blind).

(20) Die Enquete-Kommission hält für die Realisierung einer langfristigen Umstrukturierung der Energiewirtschaft einen aktiven Staat (als Wettbewerbshüter und Gestalter des Transformationsprozesses) für unverzichtbar. Diese Rolle erfüllt der Staat gegenwärtig nur begrenzt oder agiert sogar kontraproduktiv. Exemplarisch verweist die Kommission hierbei aus Gerechtigkeits-, Wettbewerbs- und Nachhaltigkeitsgesichtspunkten auf die Aufgabe des Staates, die Internalisierung externer Effekte (auch im Sinne von Haftung für Kernkraftwerke) in die Marktpreise engagiert voranzutreiben und auch andere Hemmnisse gezielt abzubauen.

### **Nachhaltigkeit: Schranken der Natur beachten - Schranken im Kopf beseitigen**

(21) Die Kommissionsarbeit hat deutlich gemacht, dass eine erfolgreiche Umsetzung einer dauerhaft nachhaltigen Energieversorgung entscheidend davon abhängt, von welchen konzeptionellen Vorstellungen dabei ausgegangen wird. Die Kommission wendet sich gegen die absichtsvolle Inflationierung des Nachhaltigkeitsbegriffs. Sie empfiehlt, dieser Tendenz durch Konkretisierung und Operationalisierung entgegenzuwirken. Sie hat sich ausführlich mit dem sogenannten 3-Säulen Modell befasst. Das 3-Säulen-Modell wird vielfach so interpretiert, als seien im politischen Entscheidungsprozess Aspekte ökonomischer, ökologischer und sozialer Nachhaltigkeit als gleichrangig anzusehen. Die Mehrheit der Enquete-Kommission stellt in Bezug auf diese theoretische Gleichrangigkeitskonstruktion fest: Nachhaltigkeit kann nur durch intelligent organisierten langfristigen Erhalt lebensentscheidender Funktionen der Natur sichergestellt werden. Eine Relativierung dieses Primats ist kontraproduktiv.

### **Nachhaltigkeit: Verknüpfung von Zielen mit konkreten Maßnahmen**

(22) Die Kommission war der im Einsetzungsbeschluss genannten Zielsetzung verpflichtet. Sie stand bei ihrer Arbeit vor der Aufgabe, das Leitziel der Emissionsreduktion um 80% bis 2050 in einer Art und Weise in Teilziele und Maßnahmen umzusetzen, dass die für die

Realisierung erforderlichen Anpassungsprozesse ökonomisch und sozial friktionsarm ablaufen können.

(23) Die Kommission war sich bewusst, dass Strategien, die einen Zeitraum von 50 Jahren umfassen, im Zeitverlauf eines halben Jahrhunderts mit vielfältigen sozialen Entwicklungen und technischen Innovationen konfrontiert sein werden. Sie werden weit über das hinausgehen, was am Anfang des 21. Jahrhunderts vorstellbar ist. Die nachstehend aufgeführten Ziele tragen dieser Überlegung bewusst Rechnung. Die Kommission hat daher Ziele und Instrumente so ausgewählt, dass sie aus heutiger Sicht mittel- und langfristig einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung des Nachhaltigkeitsziels leisten. In diesem Sinne sollen sie ein politisches Fundament für eine nachhaltige Energieversorgung bilden. Die Kommission hat sich dafür entschieden, beispielhafte wie auch konkrete Ziele zu beschreiben. Der Kommission war dabei wichtig, dass die kurz- und mittelfristigen konkreten Maßnahmen stets mit dem langfristigen Nachhaltigkeitsziel kompatibel sind.

(24) Auf das im Einsetzungsbeschluss genannte Ziel bezogen, empfiehlt die Enquete-Kommission dem Deutschen Bundestag die Orientierung an nachfolgend konkretisierten Zielen, Strategien, Maßnahmen und Instrumenten.

### **Ziele einer nachhaltig-zukunftsfähigen Energieversorgung mit dem Zeithorizont 2020**

- Verbesserung der gesamtwirtschaftlichen Energieproduktivität um 3%/a in den nächsten 20 Jahren
- Minderung der nationalen Treibhausgasemissionen um 40% bis zum Jahr 2020,
- Erhöhung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien um den Faktor 4 bis zum Jahr 2020 und die Ausweitung des Einsatzes erneuerbarer Primärenergien um den Faktor 3,5 bis zum Jahr 2020,
- Erhöhung des Stromaufkommens aus KWK um den Faktor 2 bis 2010 und um den Faktor 3 bis 2020,
- Absenkung des durchschnittlichen spezifischen Endenergieverbrauchs neu sanierter Altbauwohnungen auf 50 kWh/m<sup>2</sup> bis 2020,
- Absenkung des Flottenverbrauchs neu zugelassener PKW bis 2020 auf 3,5 bis 4 Liter je 100 km,

- Erhöhung der F&E-Aufwendungen für den nicht-nuklearen Energiebereich um mindestens 30% bei gleichzeitiger Ausrichtung der Forschungsprogramme auf nachhaltige Technologien,
- Erreichen bzw. Erhalt der weltweiten Spitzenstellung bei F&E in Bezug auf energiesparende Technologien und erneuerbare Energieerzeugungstechnologien sowie
- konsequente Steigerung des Volumens für Technologien der umweltschonenden Energieerzeugung und -einsparung im Bereich der Entwicklungszusammenarbeit.

(25) Die Kommission empfiehlt, die **Strategien** zur Realisierung dieser Ziele in die absehbare allgemeine ökonomische und politische Entwicklung einzubetten. Sie weist darauf hin, dass den Befürchtungen einer Überforderung am ehesten begegnet werden kann, wenn Schritte frühzeitig eingeleitet werden, denn dann wird sich durch die Optimierung in kleinen Schritten die kostengünstigste Entwicklung ergeben. Dazu gehört auch eine Vorbildrolle Deutschlands bei der Innovation und Diffusion von nachhaltigen Technologien. Als Strategie empfiehlt die Kommission

- die anstehende Modernisierung der deutschen Volkswirtschaft (die vor dem Hintergrund von Globalisierung und Liberalisierung in den nächsten Jahrzehnten ohnehin stattfinden muss) zu nutzen. Dies sollte durch einen zielorientierten und langfristig angelegten integrierten Politikansatz auch für den Umbau der deutschen Energieversorgungsstrukturen zu einem nachhaltigen Energiesystem geschehen.
- nationale Strategien in den internationalen Kontext – insbesondere der EU – einzubetten. Das erfordert reformierte, leistungsfähige Strukturen. Dies schließt nach Ansicht der Kommission eine Vorbildrolle Deutschlands keineswegs aus, sondern sie wird andere Länder motivieren, diesem Weg zu folgen.
- den Ausbau der Wissensgesellschaft unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsziele voranzutreiben. Dabei müssen Forschung und Entwicklung mit großem Nachdruck auf Nachhaltigkeitsziele ausgerichtet werden. Eine innovationsorientierte Technologiepolitik schafft und sichert Arbeitsplätze in Deutschland und eröffnet neue Chancen („first-mover-advantages“) für deutsche Unternehmen auf den Weltmärkten.
- die Förderung von Aktivitäten zur Potenzialerschließung der rationellen Energiebereitstellung und –nutzung zu verstärken (im ersten Schritt sogenannte „No-regret“- Maßnahmen) sowie die erneuerbaren Energien gezielt auszubauen

- den Kapital-, Technologie- und Know-how Transfer aus den Industrieländern für den Energiesektor und eine faire energieorientierte Kooperation mit Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländern auszuweiten.

### **Instrumente und Maßnahmen**

(26) Die Kommission war sich einig, dass wichtige Gründe für staatliche Intervention u.a. die Bereitstellung bzw. der Erhalt öffentlicher Güter, der Abbau von Wettbewerbshemmnissen und die Internalisierung externer Kosten darstellen. Art, Umfang und Dauer dieser Intervention sind aus dem Grad des jeweils vorliegenden Markt- oder Wettbewerbsversagens abzuleiten.

(27) Die Kommission hat sich mit denjenigen Instrumenten vertieft auseinandergesetzt, die ihr unter dem Blickwinkel von Nachhaltigkeit, aber auch bezüglich der veränderten Rahmenbedingungen Globalisierung und Liberalisierung als besonders zielführend erschienen. Die Übersicht zeigt die wesentlichen Instrumentenkategorien, aus denen dann einzelne Instrumente ausgewählt wurden.

Darstellung der diskutierten Instrumentenkategorien im Überblick

Internationale Instrumente		nationale Instrumente				
Globale Instrumente	EU-Instrumente	global steuernde Instrumente		spezifische Instrumente		
Kioto-Mechanismen Entwicklungszusammenarbeit Energie- und Umweltaußenpolitik Andere Global Governance-Strukturen	Europäischer Emissionshandel	allgemeine Instrumente	spezielle Klimaschutzinstrumente	Sektorspezifisch	technologie-spezifisch	akteurs-spezifisch
	Richtlinien und Förderprogramme Revision Euratom	zum Beispiel: Liberalisierung	zum Beispiel: Ökologische Steuerreform	Strom	REN	Anlagenbetreiber
				Wärme	KWK	Endkunden
	Energiekompetenz der EU	Subventionsabbau	kommunale Klimaschutzaktivitäten	Verkehr	REG	Hersteller
Policy Mix						

(28) Um über einen Maßstab für die Qualität der ausgewählten Instrumente zu verfügen, hat die Kommission ein Kriterienraster vorgeschlagen, mit Hilfe dessen sie die Instrumente bewertet. Die Tabelle gibt einen Überblick über die angewandten Kriterien.

Oberkriterium	Einzelkriterium
Zielerreichung	Effektivität / Zielerreichung / Kontrollierbarkeit
	Spin-Offs / Erreichung von Nebenzielen
ökonomische Effizienz	(statische) Kosteneffizienz (inkl. administrativer Aufwand)
	Dynamische Effizienz
	Verursachergerechtigkeit

Umsetzbarkeit	Finanzierbarkeit
	EU-Verträglichkeit
	Politische Durchsetzbarkeit
Umsetzungsqualität	Praktikabilität
	Soziale Verträglichkeit / gesellschaftliche Akzeptanz
	Wettbewerbsförderung
	Markt-/Wettbewerbskonformität
	Kompatibilität mit anderen Instrumenten
	Flexibilität / Modifizierbarkeit
	Transparenz
	Trade-Offs / Umfeldauswirkungen

(29) Die Kommission betont, dass klare Zielvorgaben in Bezug auf den Policy-Mix für eine nachhaltige Energiewirtschaft von herausragender Bedeutung sind. Diese können dann mit einem flexiblen Instrumentarium angesteuert werden. Sie weist ausdrücklich darauf hin, dass zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele sowohl nationale wie internationale Instrumente als auch global wirkende wie spezifische Instrumente erforderlich sind.

### **Der Policy-Mix für eine nachhaltige Energieversorgung**

Klare Ziele, flexibler Instrumenteneinsatz

International harmonisierte plus flankierende nationale Instrumente

Global wirkende plus spezifische Instrumente

#### **Instrumentenmix statt Königsweg**

Anpassung der Instrumente an Markt- bzw. Wettbewerbsphasen

Ökonomische Instrumente einbinden in den politischen und sozialen Kontext

(30) Die Kommission ist zudem der Überzeugung, dass ökonomische Instrumente stets den jeweiligen politischen und sozialen Kontext berücksichtigen müssen. Instrumentenwirkungen können insofern je nach Kontext differieren, so dass der Instrumenteneinsatz stets angepasst erfolgen muss.

### **Nachhaltige Energieversorgung: Handlungsempfehlungen**

(31) Die Handlungsempfehlungen der Enquete-Kommission konzentrieren sich auf die nächsten 10 – 15 Jahre. Was jetzt getan werden kann, sollte realisiert werden. Oberste Priorität hat im Energiesektor dabei die Ausarbeitung, Stärkung und Umsetzung von operationalisierbaren Nachhaltigkeitsstrategien. Im einzelnen empfiehlt die Kommission dem Deutschen Bundestag, auf folgende Themen zu fokussieren und entsprechende Initiativen zu ergreifen:

#### ***Nationale Ansatzpunkte***

- Weiterentwicklung der Liberalisierung durch wettbewerbsermöglichende und -sichernde Regulierungen
- Herstellung größerer Akteursvielfalt, Abbau von Behinderungen
- Vermeidung von Machtkonzentration und Oligopolbildung, Verschärfung der Regelungen zur Fusionskontrolle, Einbeziehung des Parlaments in die Ausnahmetatbestandsfeststellung
- Verankerung einer Netzzugangsverordnung sowie die Einsetzung einer ex-ante agierenden Wettbewerbsinstanz bei Misserfolg der bestehenden Regelungen
- Abbau von Vorrechten und Subventionen, die nicht mit Nachhaltigkeitszielen zu vereinbaren sind
- Überführung der Rückstellungen der Energiewirtschaft zum Rückbau der Kernkraftwerke in einen öffentlich-rechtlichen Fonds
- Verpflichtung der Bundesrepublik auf eine Reduktion der nationalen Treibhausgasemissionen – auf der Basis von 1990 – um 40% bis 2020
- Ergänzung der zentralisierten Angebotsstrukturen durch dezentrale Optionen
- Konsequente Weiterentwicklung des KWK-Gesetzes in Abhängigkeit von der Evaluation im Jahre 2004

- Weiterentwicklung des Erneuerbaren Energiengesetzes (EEG) und der Programme zur Markteinführung bzw. der Kreditprogramme
- Mengenregelung im Sinne einer Umweltschutzpflicht für die entsprechenden Akteure der Händlerkette fossiler Brennstoffe für den REG-Wärmebereich
- entschiedene Stärkung der Energieeffizienz auf der Nachfrageseite und Organisation bzw. Flankierung funktionsfähigen Wettbewerbs um Energiedienstleistungen
- Einrichtung eines Energieeffizienz-Fonds
- aufkommensneutrale Weiterentwicklung der Ökosteuer als Instrument zur Internalisierung externer Kosten (umfassende ökologische Finanzreform)
- Einführung eines EU-Emissionshandelssystems in Deutschland
- Beseitigung einer Vielzahl administrativer und rechtlicher Hemmnisse, die einer massiven Ausweitung energienaher Dienstleistungen und einer Energiedienstleistungswirtschaft wie auch der Nutzung erneuerbarer Energien entgegenstehen
- Verabschiedung eines Maßnahmenbündels für nachträgliche Wärmeschutzmaßnahmen im Gebäudebestand in Verbindung mit rationeller Heizungs- und Warmwasserbereitungstechnik (zunehmend auf Basis regenerativer Energien)
- Stärkung und Förderung der Vielfalt zusätzlicher und stärker regional orientierter Akteure, kleiner Produzenten und Selbstversorger
- Start einer forschungs- und bildungspolitische Offensive für nachhaltige Technologien (Energieeffizienz (auch effizientere und „saubere“ Kohletechnologien) und erneuerbare Energien); Schaffung eines integrierten Forschungs-, Entwicklungs- und Bildungsprogramms (Bund und Länder) zur rationellen und wirtschaftlichen Verwendung von Elektrizität (RAVEL/RAWINE- Programm)
- Einrichtung eines F&E-Programms für sozial-ökologische „Energie“forschung (Energieeinsparpotenziale durch Verhalten und Lebensstil )
- Einsetzung einer Enquete-Kommission zum Thema „Nachhaltige Mobilität“ in der nächsten Legislaturperiode)

### **Ansatzpunkte in der Europapolitik**

- Schaffung von Energiemärkten mit transparenten und gleichen Rahmenbedingungen in der EU
- Aufnahme eines Energiekapitels in den EG- bzw. den zukünftigen EU-Vertrag mit Vorrangstellung für Effizienz und Erneuerbare Energien
- Beendigung des Euratom-Vertrages und umfassende parlamentarische Kontrolle über die Forschungsrahmenprogramme
- aktive Begleitung der EU-Osterweiterung (ökologische Standards, Förderung energiepolitischer Effizienzmaßnahmen und der erneuerbaren Energien, Unterstützung beim Atomausstieg, Umstrukturierung des Energiesektors und bei der Liberalisierung)

### **Ansatzpunkte in der internationalen Politik**

- Partnerschaft im Sinne einer deutschen Vorbildfunktion für die Entwicklung und den Aufbau von Zukunftssystemen mit Transformations-, Schwellen- und Entwicklungsländern
- Durchführung einer deutschen und europäischen Exportoffensive für regenerative Energie- und Effizienztechnologien in Entwicklungs- und Schwellenländern.
- Anerkennung der neuen außenpolitischen Dimension von Energiepolitik durch Zusammenarbeit mit den heutigen und zukünftigen Energielieferländern und -regionen.
- Auflage eines spezifischen Fonds zur gezielten Einführungsunterstützung für die projektbasierten Mechanismen des Kioto-Protokolls (DUFleM-Fonds)

## **Vorbemerkung**

(32) Die folgende Kurzfassung orientiert sich an der Gliederung des Endberichts. So wird das Zielsystem für eine nachhaltige Energieversorgung vorgestellt (Kapitel 1.2). Anschließend wird die Vielfalt an denkbaren „Zukünften“ für den Zeitraum bis 2050 in Form von vorhandenen wissenschaftlichen Projektionen anhand der demografischen, ökonomischen und energierelevanten Größen im europäischen und globalen Maßstab beschrieben und diskutiert (Kapitel 1.3). Die Darstellung und vergleichende Auswertung der von der Enquete-Kommission in Auftrag gegebenen Szenarien für das deutsche Energiesystem beginnt mit dem Referenzszenario (Business-as-usual-Szenario) in Kap. 1.4. Ihm werden die Potenziale zur Energiebedarfsminderung bzw. Emissionsminderung in einer sektor-, technologie- und verhaltensbezogenen Analyse gegenübergestellt. Die Enquete-Kommission stellt dabei fest, dass diese Einsparpotenziale eine Größenordnung von mehr als 50% des gegenwärtigen Primärenergieverbrauchs haben. Die 3 Zielszenarien (Kapitel 1.5) wurden in ihrer jeweiligen Philosophie so gewählt, dass sich aus ihrem Vergleich hinreichend charakteristische Entwicklungspfade ableiten lassen. Aus dem aus Sicht der Kommissionmehrheit zielführendsten Entwicklungspfad „3E“ (Energieeinsparung, Effizienzerhöhung, Erneuerbare Energien) werden politische Strategien abgeleitet (Kapitel 1.6), für die auch passfähige und geeignete Instrumente beschrieben werden. Zum Abschluss folgen Handlungsempfehlungen (Kapitel 1.7), die nicht nur als Basis für eine nationale Langfriststrategie, sondern auch als Beitrag zur europäischen und internationalen energiepolitischen Diskussion gedacht sind.

## **1.2 Ziele für ein nachhaltiges Energiesystem**

(33) Die heute weltweit dominierenden Produktions- und Konsumstile bringen zentrale Umweltprobleme mit sich. Die Stofffreisetzungen in die Umwelt durch nicht geschlossene Stoffkreisläufe, die mit den Produktions- und Konsumstilen verbundenen hohen Energieverbräuche, deren Emissionen, die Inkaufnahme nuklearer Risiken und das Ausmaß der Flächeninanspruchnahme sind mit dem Nachhaltigkeitsgedanken nicht vereinbar.

(34) Die Enquete-Kommission ist bereits in ihrem Ersten Bericht davon ausgegangen, dass das Leitbild „nachhaltig zukunftsfähige Entwicklung“ nach heutigem Verständnis drei Dimensionen umfasst: die schonende Nutzung und Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen (Life-Support-Systeme) sowie die soziale und wirtschaftliche Entwicklung. Entsprechend sollen ökologische, soziale und ökonomische Ziele formuliert und möglichst weitgehend in Einklang gebracht werden.

(35) Für Ökosysteme und die Atmosphäre lassen sich nach Meinung der Mehrheit der Kommission objektivierbare Naturschranken feststellen, die menschliche Aktivitäten prinzipiell limitieren. Mit der Metapher einer „Naturschranke“ ist gemeint, dass die Natur den anthropogen verursachten Eingriffen in natürliche Kreisläufe Grenzen setzt, die nur unter Inkaufnahme von für Mensch und Gesellschaft inakzeptablen Risiken überschritten werden können. „Naturschranken“ bilden jedoch keine starren Grenzen, sie können eher in Bandbreiten als mit eindeutig definierten Grenzwerten bestimmt werden.

(36) Daraus folgt eine Hierarchie der Nachhaltigkeitsziele, die mit dem faktischen Vorrang der Ökonomie, wie er heute noch praktiziert wird, nicht in Einklang steht: Eine irreversible Schädigung der Naturgrundlagen muss verhindert werden, weil intakte Naturgrundlagen Voraussetzung sind für die wirtschaftliche und soziale Entwicklung. Die Enquete-Kommission formuliert deshalb zunächst die Anforderungen für ein nachhaltiges Energiesystem aus der ökologischen Perspektive. Daraus leitet sich ein Zielkorridor ab, in dem soziale und dann ökonomischen Ziele formuliert werden können.

(37) Die Enquete-Kommission geht von dem energiebezogenen Leitziel aus, bis Mitte dieses Jahrhunderts den absoluten und den Pro-Kopf-Energieverbrauch in den heutigen Industriestaaten deutlich zu senken und gleichzeitig den Lebensstandard weltweit - auch in den Entwicklungs- und Schwellenländern - zu erhöhen (absolute Entkoppelung). Angesichts des zu erwartenden starken Bevölkerungswachstums in den Entwicklungs- und Schwellenländern ist dies eine besondere Herausforderung. Dies erscheint prinzipiell nur dann realisierbar, wenn effiziente und emissionsarme(-freie) Technologien und neue Organisationsformen der Energieumwandlung (z.B. virtuelle Kraftwerke) und -nutzung entlang der gesamten Umwandlungskette von der Erschließung über die Produktion von End- und Nutzenergie bis zur Nachfrage nach Energiedienstleistungen entwickelt und breit eingeführt werden. Die Enquete-Kommission geht von dem Grundsatz aus, dass die effizientere Nutzung Vorrang vor der Energieerzeugung aus nicht-erneuerbaren Energien erhalten soll.

(38) Wesentliche Beiträge zum Aufbau nachhaltiger Energieerzeugungsstrukturen erwartet die Enquete-Kommission auf der lokalen und regionalen Ebene. Die Unternehmen und anderen Akteure auf der örtlichen und regionalen Ebene werden ihre Chancen verstärkt wahrnehmen müssen, um die Herausforderungen und Aufgaben bei der effizienten Energie- und Materialnutzung, beim Recyceln energieintensiver Materialien, der Intensivierung der Produktnutzung und vieler produktbegleitender Dienstleistungen zu bewältigen. Häufig müssen verschiedene Akteure aus unterschiedlichen Produktionsstufen und Gewerken zur Erreichung von optimierten Systemlösungen zusammenarbeiten. Durch Optimierung über verschiedene Produktionsstufen kann eine qualitativ neue Dimension bei der Energieeffizienz-

steigerung und beim Einsatz erneuerbarer Energien erreicht werden, wobei gleichzeitig Energieverbrauch, Transportbedarf und Stoffströme verringert werden.

(39) Der Such- und Entdeckungsprozess von Wettbewerb und Markt muss auf die grundlegenden Ziele einer nachhaltigen Entwicklung ausgerichtet werden. Nur so lassen sich einerseits Fehlsteuerungen vermeiden, die das Ziel der Nachhaltigkeit in Frage stellen andererseits sind solche Prozesse ein zentraler Weg, die vielfältigen Optionen auf dem Weg zur Nachhaltigkeit zu identifizieren und miteinander zu kombinieren. Wettbewerb und Markt sind nicht das Ziel sondern ein wichtiges Instrument zur Umsetzung des Nachhaltigkeitsgebotes. Das impliziert aber auch die ständige Überprüfung, ob und wie konkrete marktwirtschaftliche Allokationsmechanismen in der Realität dem Nachhaltigkeitsgebot genügen.

(40) Die Möglichkeiten des Transfers und der Diffusion technischer, organisatorischer, unternehmerischer und politischer Innovationen in die Entwicklungs- und Schwellenländer unter Berücksichtigung der dortigen Bedingungen können dann einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung leisten, wenn die Industriestaaten mit ihren großen Potenzialen an Forschung, Innovationsfähigkeit und finanziellen Mitteln vorangehen und diesen Prozess unterstützen.

(41) Die Nachhaltigkeitsdiskussion verliert ihre Beliebigkeit erst dann, wenn über quantifizierte Umweltqualitätsziele und Leitindikatoren in einem demokratischen Prozess Einigkeit erzielt wird. Für den Bereich der Energieerzeugung, -nutzung und -dienstleistungen leitet die Enquete-Kommission folgende konkreten Ziele ab:

### **Ökologische Ziele**

(42) Die weltweite Reduzierung der energiebedingten Treibhausgase ist Kern einer auf Nachhaltigkeit angelegten Energie- und Verkehrspolitik. Ziel muss die Stabilisierung des Weltklimas sein. Notwendig ist demnach, den weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoß bis 2050 gegenüber dem heutigen Niveau um etwa 50% zu senken. Die Enquete-Kommission sieht es als notwendig an, dass die Treibhausgasemissionen in den Industrieländern, also auch in Deutschland, bis zum Jahr 2020 um 40, bis 2030 um 50 und bis 2050 um 80 Prozent gegenüber 1990 reduziert werden müssen.<sup>1</sup> So würde den mehr als 80 Prozent der Weltbevölkerung in den Entwicklungsländern eine nachhaltige Entwicklungsperspektive ermöglicht.

(43) Die für die Versauerung von Böden und Gewässern verantwortlichen Schadstoffe Schwefeldioxid, Stickoxide und Ammoniak müssen weltweit flächendeckend unter die soge-

---

<sup>1</sup> Im Kapitel 5 wertet die Kommission verschiedene Szenarien zum künftigen CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei verschiedener Energieträgerzusammensetzung aus.

nannten Critical Loads sinken, sowie die Emissionen von feinen und ultrafeinen Partikel langfristig um 99% verringert werden.

(44) Die Gewässerqualität bei energetischer Kühlwassernutzung, im Bereich von Wasserkraftwerken sowie bei Anlagen des Bergbaus soll im Jahr 2050 Werte entsprechend der in Deutschland definierten Gewässergüteklasse II nicht unterschreiten.

(45) Die Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsflächen und für den Rohstoffabbau sollte bis 2050 netto auf null reduziert werden. Dies bedeutet, dass zusätzliche Flächeninanspruchnahme dann nur noch akzeptiert wird, wenn entsprechende Ausgleichsmaßnahmen durchgeführt werden.

(46) Die weltweiten Energiesysteme sind nach Auffassung der Mehrheit der Kommission so auszurichten, dass hochradioaktiver Abfall, der über geologische Zeiträume zu deponieren ist, in Zukunft nicht mehr produziert wird. Das bereits existierende Volumen derartiger Abfälle darf nicht mehr wesentlich vergrößert werden – ihre Lagerung ist bereits heute eine der größten Herausforderungen für ein nachhaltiges Wirtschaften in den nächsten Jahrzehnten.

(47) Das Risiko von extrem großen Unfällen in Energieanlagen, beispielsweise Großwasserkraftwerken oder Kernkraftwerken, mit sehr großem Schadensumfang und Langzeitwirkungen muss so schnell wie möglich minimiert werden. Weil die heute absehbaren Reaktorkonzepte das Risiko von großen Reaktorunfällen – ganz abgesehen von Gefahren durch Terrorismus – nicht sicher vermeiden können, unterstützt die Enquete-Kommission das beschleunigte Auslaufen der Kernenergienutzung in Deutschland.

### **Soziale Ziele**

(48) Alle Menschen müssen freien und sicheren Zugang zu den Dienstleistungen im Energiebereich als Beitrag zur Daseinsvorsorge („Dienstleistungen im allgemeinen Interesse“) erhalten. Dies bedingt den bezahlbaren und sicheren Zugang zu effizienten Energiesystemen nach dem Stand der Technik.

(49) Der Anteil der Aufwendungen der privaten Haushalte für Energiekosten an ihrem Gesamtbudget soll – bezogen auf ein bestimmtes Niveau an Energiedienstleistungen - nicht steigen.

(50) Das Energiesystem muss demokratischen Entscheidungsstrukturen unterliegen, um Marktmacht auszugleichen und Konflikte um Ressourcennutzung oder mit der Energienutzung verbundene Umweltprobleme zu regeln. Strukturen, die fehleranfällig sind und Irreversibilitäten schaffen, sind zu vermeiden. Die demokratische Teilhabe aller gesellschaftlicher

Gruppen an energierelevanten Entscheidungsfindungen muss durch geeignete Maßnahmen gesteigert werden.

(51) Die Enquete-Kommission hält es für unabdingbar, dass zukünftige Generationen in ihren Entscheidungsmöglichkeiten nicht weiter eingeschränkt werden als zur Lösung aktueller Probleme und Erhaltung künftiger Optionen unbedingt notwendig ist.

(52) Leben und Gesundheit der im Energiebereich Beschäftigten müssen geschützt sein. Hohe Anforderungen an den Arbeitsschutz sind am Arbeitsplatz einzuhalten. Das Ziel, die Zahl der verlorengehenden Arbeitsplätze durch die Schaffung neuer Arbeitsplätze auszugleichen, ist mit Nachdruck zu verfolgen. Dies setzt auch eine aktive Arbeitsmarktpolitik des Staates voraus. An Energiestandorten sollen im Rahmen des Strukturwandels und der Umorientierung auf ein nachhaltiges Energiesystem im Rahmen der Möglichkeiten Ersatzarbeitsplätze im Bereich effizienter Energienutzung oder in Zukunftsenergien geschaffen werden.

(53) Arbeitnehmerinteressen (Arbeitsbedingungen, Löhne, Sozialleistungen, Arbeitszeitverkürzung, neue, flexible Arbeitsformen, Mitbestimmung) müssen im Rahmen der allgemeinen Entwicklung im gesamten Bereich der Energieerzeugung und -nutzung gesichert und weiterentwickelt werden.

(54) Die Formen nachhaltiger Energieerzeugung und -nutzung müssen wachsende Bedeutung in den Ausbildungsgängen der Universitäten, Fachhochschulen und des Handwerks sowie in den Fortbildungsangeboten auf allen Ebenen der Energieversorgung und -nutzung erhalten.

### **Ökonomische Ziele**

(55) Die Energieproduktivität (das Verhältnis von realer Wirtschaftsleistung zum Primärenergieverbrauch) soll sich von 1990 bis 2020 um den Faktor 2,5 und bis 2050 um den Faktor 4 erhöhen. Dies entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Steigerungsrate der Energieproduktivität von 3,1% (bis 2020) beziehungsweise von 2,4% (bis 2050). Dieses anspruchsvolle Ziel erscheint erreichbar, wenn es gelingt, die Nachfrageseite konsequenter in die Effizienzsteigerungsstrategien einzubeziehen. Energieeffizienzaktivitäten verringern auch die externen Kosten des Energiesystems.

(56) Auf Grund des hohen Kapitalbedarfs und der langen Investitionszyklen ist eine auf Langfristigkeit und Nachhaltigkeit ausgerichtete Orientierung der Energiewirtschaft unerlässlich. Der Energiestandort Deutschland mit seinen hohen Standards an Verlässlichkeit und Sicherheit muss erhalten bleiben, weshalb im Zuge des Reinvestitionszyklus der deutschen Kraftwerke neue Anlagen in Deutschland auf der Basis der effizientesten Technik errichtet

werden müssen. Dabei sollen vor allem der Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung und die Markteinführung erneuerbarer Energien vorangetrieben werden.

(57) Die Rahmenbedingungen für die deutsche Industrie müssen so angelegt sein, dass sie Innovationsmotor für neue Technologien und für Energieeffizienz entlang der gesamten Umwandlungskette werden kann. Derartige Innovationen können dazu beitragen, dass auch ihre internationale Wettbewerbsposition verbessert wird (first-mover-advantage).

(58) Die Wettbewerbsfähigkeit von Industrie und kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) muss durch effiziente und langfristig sichere Energieerzeugung und -nutzung erhalten und erhöht werden. Zur Verbesserung der Versorgungssicherheit und zur Absicherung gegenüber unkalkulierbaren Preisentwicklungen v.a. auf dem Weltölmärkten soll die Importabhängigkeit von Energieträgern reduziert, eine entsprechende Bevorratungspolitik verfolgt und die Energieträgerstruktur diversifiziert werden, insbesondere im Straßenverkehr mit bisher hundertprozentiger Abhängigkeit vom Erdöl.

(59) Der Verkehrssektor verursacht weltweit - entgegen allen Zielsetzungen - steigende Treibhausgasemissionen. Die Industriestaaten haben bislang den weitaus größten Anteil am Weltverkehrsaufkommen, weshalb eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen auch in diesem Bereich vorrangig ihre Aufgabe bleibt. Lösungen müssen gefunden werden, die die Verkehrsleistungen wesentlich stärker als bisher vom Kraftstoffverbrauch abkoppeln. Die Kommission empfiehlt, Maßnahmen zu ergreifen, um das Gesamtkilometeraufkommen beim motorisierten Straßen- und Luftverkehr bis 2010 zu stabilisieren. Hierzu scheint es erforderlich, dass der Anstieg des Straßengüterfernverkehrs und des Flugverkehrs begrenzt wird.

(60) Den Entwicklungs- und Transformationsländern muss der Spielraum für die Steigerung des Lebensstandards gesichert werden. Damit dies nicht zu hohen und damit nicht nachhaltigen Steigerungsraten des Weltenergieverbrauchs führt, müssen die Industriestaaten beim Export von Know-How, Anlagen, Maschinen und Fahrzeugen auf einen exzellenten technischen Standard achten. Dadurch kann der „Leap-frogging“ genannte Entwicklungseffekt gefördert werden, der es Entwicklungs- und Transformationsländern ermöglicht, bestimmte technische Entwicklungsstufen zu „überspringen“ und bereits während ihres Entwicklungsprozesses den Einsatz modernster Technologien für ein nachhaltiges Energiesystem zu beschleunigen.

## 1.3 Geopolitische, internationale und europäische Entwicklungstrends

(61) In Kapitel 3 werden die weltweiten und europäischen Rahmenbedingungen für ein nachhaltiges Energiesystem der Zukunft und dessen Perspektiven skizziert. Dabei werden zunächst globale und regionale wirtschaftliche und demographische Entwicklungen beschrieben und ihre Auswirkungen auf politische Stabilität und Geopolitik untersucht. Ausschlaggebend für die konkreten Entwicklungen der nächsten Jahrzehnte in Deutschland sind die sich abzeichnenden Trends und Veränderungen auf der Ebene der Europäischen Union, die abschließend dargestellt werden.

(62) Den verschiedenen Projektionen zufolge wird die Weltbevölkerung bis zur Mitte dieses Jahrhunderts auf 9 bis 11 Milliarden Menschen anwachsen. Dieser Trend setzt sich aus regional sehr unterschiedlichen Entwicklungen zusammen: Europa einschließlich der Staaten Mittel- und Osteuropas sowie der früheren Sowjetunion und Japan werden mit alternder und schrumpfender Bevölkerung rechnen müssen, während die Einwohnerzahl vieler der heutigen Entwicklungsländer und auch Nordamerikas wachsen wird. Die chinesische Bevölkerung wird sich voraussichtlich stabilisieren, die indische jedoch noch erheblich weiter wachsen. Besonders dramatische Entwicklungen werden für Afrika südlich der Sahara erwartet, wo die Bevölkerung sogar erheblich abnehmen könnte. Für die Energieversorgung besonders relevant sind die Entwicklungen in den OPEC-Staaten, die teilweise so starke Bevölkerungszuwächse erfahren, dass die Gefahr sozialer und politischer Instabilität wächst. Weltweit, aber vor allem in den Ländern des Südens, wird der Trend zur Urbanisierung anhalten: Im Jahr 2025 werden statt heute 2,4 etwa 5 Milliarden Menschen in Megastädten wohnen.

(63) Die Szenarienannahmen für das zukünftige, weltweite Wirtschaftswachstum streuen stark und reichen von 0,9 bis 2,6% pro Jahr. Bis zum Jahr 2050 führen die Schätzungen im weltweiten Durchschnitt zu einem Bruttoinlandsprodukt pro Einwohner zwischen 7.000 und 20.000 US\$ pro Kopf. Die wirtschaftlichen Ungleichgewichte in der Verteilung zwischen Nord und Süd bleiben nach den meisten Projektionen tendenziell erhalten, auch wenn einige Länder in Asien und Lateinamerika zur OECD aufschließen könnten. In einzelnen Ländern dürften sich auch die Einkommensunterschiede noch verstärken. Die damit verbundene wachsende soziale und politische Polarisierung widerspricht den Prinzipien einer gerechten Weltwirtschaftsordnung und könnte zudem zu erhöhten Gefahren des Terrorismus und im Endeffekt zu globaler Destabilisierung führen. Entwicklungszusammenarbeit und Armutsbekämpfung

fung, die helfen, hier entstehende Konfliktpotenziale zu entschärfen, sind daher für globale Nachhaltigkeitspolitik von herausragender Bedeutung.

(64) Geopolitisch wird sich im Zuge der Ablösung der bipolaren durch eine multipolare Welt die Zahl der strategisch maßgeblichen Länder vergrößern. Solche Länder sind zum Beispiel Indien, China und die großen lateinamerikanischen Länder, und nicht zuletzt wird auch Russland wieder eine verstärkte Rolle zukommen. Zwischen- und innerstaatliche Konflikte vor allem im Nahen Osten und der Golfregion könnten die Förderung und den Transport von Öl und Gas behindern und dadurch den Energie-Weltmarkt destabilisieren. Demgegenüber tritt das Problem physischer Verknappung von Energierohstoffen in den betrachteten Zeiträumen eher in den Hintergrund. Für den Aufbau einer weltweit nachhaltigen Energieversorgung sind daher außenpolitische Initiativen – auch zur Friedenssicherung – im Nahen Osten sowie im kaspischen Raum, im Iran und in Nordafrika, aber auch mit Blick auf Russland notwendig.

(65) Eine an Nachhaltigkeit orientierte „integrierende Globalisierung“ bietet die Chance, bisher benachteiligte Länder in globale Wirtschaftskreisläufe und nachhaltigere Entwicklungsperspektiven einzubinden und somit zu stabilisieren. Dadurch könnten Polarisierungen und Konfrontationen in einer stärker wirtschaftlich verflochtenen Welt, die zu Renationalisierung, neuen Formen von Protektionismus und Isolationismus führen können, eingedämmt werden. Um die Vorteile und Chancen der integrierenden Globalisierung nutzbar zu machen, sind die neuen und etablierten Formen der internationalen Zusammenarbeit (WTO, Rio-Nachfolgeprozesse etc.) zu intensivieren bzw. auf das Leitziel der nachhaltigen Entwicklung auszurichten. Insbesondere die internationale Umweltpolitik bietet hier ein wichtiges Handlungsfeld.

(66) Langfristige Projektionen für Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen geben Anhaltspunkte für die unter Trendbedingungen zu erwartenden bzw. gestaltungsfähigen Entwicklungen in bezug auf Umweltprobleme und Energieversorgungssicherheit. Betrachtet werden die Szenarienrechnungen des IPCC, die Szenarien der Weltenergiekonferenz, das Faktor 4-Szenario des Wuppertal Instituts sowie die Projektionen der US Energy Information Agency und der OECD/IEA. Aufgrund unterschiedlicher Szenariopfade und Annahmen sind die Spannweiten der Ergebnisse sehr groß. So unterscheidet sich z.B. der Primärenergiebedarf je nach Wachstumsannahmen um das Dreifache, regional auch in den OECD-Ländern auch um das Vierfache – vor allem aufgrund unterschiedlicher Annahmen über die Effizienzentwicklung. Noch größer sind die Unsicherheiten in den Entwicklungsregionen. Daraus resultiert, dass die Konzentration der Treibhausgase mit einer großen Bandbreite variiert; unter den Szenariopfaden sind indessen nur wenige, die zur Stabilisierung der atmosphärischen Treibhausgaskonzentrationen auf einem noch akzeptablen Niveau (450 bis 500 ppm)

führen können. Die Enquete-Kommission schließt aus diesen Szenarienrechnungen, dass es bewusster Klimaschutzpolitik und einer tiefgreifenden Veränderung von Energiesystemen im OECD-Bereich, aber zukünftig auch verstärkt in den Ländern des Südens, bedarf, um die von der UN-Rahmenkonvention zum Klimawandel geforderte Stabilisierung der atmosphärischen Treibhausgaskonzentrationen auf einem Niveau zu erreichen, mit dem gefährliche Folgen des Klimawandels für menschliche Gesellschaften vermieden werden können.

(67) Trotz aller Unterschiede können aus den unterschiedlichen Szenarien einige robuste Strategien abgeleitet werden: Alle Szenarien, die zur Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen auf noch akzeptablen Niveaus führen und daher eine zentrale Voraussetzung für Nachhaltigkeit erfüllen, weisen übereinstimmend folgende Strategieelemente auf: Die fossilen Brennstoffe verlieren an Bedeutung, und die Kohlenstoffintensität der fossilen Energieträger sinkt im globalen Durchschnitt. Das bedeutet einen Trend weg von kohlenstoffreichen fossilen Energieträgern. Die Energieeffizienz in diesen Szenarien wird massiv verbessert, und zwar im globalen Mittel um das 2,3 bis 3,1fache in den nächsten 50 Jahren. Die Nutzung erneuerbarer Energiequellen wird im gleichen Zeitraum um den Faktor 7 bis 8 gesteigert. Zur Kernenergie folgen die Szenarien unterschiedlichen gesellschaftlichen Richtungsentscheidungen. Aber selbst wenn Akzeptanz für eine weltweite Nutzung der Kernenergie unterstellt wird, bleibt sie in den meisten Szenarien ein Element mit begrenztem Wirkungsbeitrag.

(68) Deutschlands Energieversorgung und Energiepolitik werden zunehmend durch die Europäische Union beeinflusst, insbesondere durch die europäische Rahmengesetzgebung in der Wettbewerbs- und Umweltpolitik sowie die gemeinsame Führungsrolle im globalen Klimaschutzprozess. Richtlinien zur Schaffung des Binnenmarktes für Strom und Gas, zum Einsatz erneuerbarer Energiequellen, zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Begrenzung von Schadstoffemissionen oder das Kioto-Protokoll machen zunehmend ein koordiniertes Handeln innerhalb der Europäischen Union erforderlich. Mit dem geplanten EU-weiten Emissionshandel sowie durch Maßnahmen zur Versorgungssicherheit werden aktuell neue Dimensionen europäischer Politik eröffnet. Umgekehrt müssen traditionelle Vertragswerke wie EURATOM dahingehend überprüft werden, ob sie noch der aktuellen Situation und den Kriterien nachhaltiger Entwicklung entsprechen. Anzustreben ist ein weitgehend widerspruchsfreies Zusammenspiel dieser Rahmensetzungen miteinander und mit nationalen Maßnahmen. Die Kompetenzen für energiepolitisch relevante Handlungsfelder müssen konsistent verteilt werden.

(69) Wichtige Entwicklungen werden durch die geplante Erweiterung der EU um die Staaten Mittel- und Osteuropas ausgelöst. Trotz der gegenüber den westeuropäischen Staaten deutlich schwächeren einheimischen Wirtschafts- und Kaufkraft sind große Strukturreformen

notwendig. Dies betrifft auch die Energieversorgung. Energiepreise und -märkte werden liberalisiert. Gleichzeitig müssen, unter anderem um die europäischen Umwelt- und Sicherheitsstandards umzusetzen, alte Anlagen saniert oder erneuert werden. Insbesondere ist eine forcierte Politik zur Erhöhung der Energieeffizienz bei Energieanwendung und -erzeugung erforderlich, weil hier besonders hohe Defizite zu verzeichnen sind.

(70) Der Ausblick auf die zukünftigen Entwicklungen in Europa wird davon bestimmt, dass die Strom – und Gasmärkte trotz der Marktöffnung weitgehend national orientiert und organisiert blieben, auch wenn sich die großen Energieversorgungsunternehmen verstärkt internationalisiert haben. Der Abbau dieser Diskrepanz durch den weiteren Ausbau des Binnenmarktes sowie die Schaffung konsistenter ökologischer und wettbewerblicher Rahmenbedingungen für die liberalisierten Energiemärkte und der Abbau von Hemmnissen für die Substitution von Energie durch Effizienttechnologien muss in verstärktem Maße auf europäischer Ebene angegangen werden.

## **1.4 Potenziale und Szenarien für die Entwicklung in Deutschland**

(71) Um Strategien für die nachhaltige Gestaltung der Energiewirtschaft der Zukunft entwickeln zu können, sind Vorstellungen darüber zu erarbeiten, wohin die Fortsetzung bisheriger und künftig zu erwartender Trends der demographischen, der sozialen, der technisch-ökonomischen und der politischen Einflussfaktoren bis zum Jahr 2050 führen kann. Dies geschieht in Kapitel 4. Eine Bestandsaufnahme der Entwicklungen des letzten Jahrzehnts in Bezug auf die Elemente der Energie- und Treibhausgasbilanzen zeigt, dass die Energieeffizienzkennzahlen schon wesentlich verbessert und der Zuwachs des Treibhausgasausstoßes reduziert werden konnten, dass jedoch weiterhin große Verbesserungsspielräume bestehen und genutzt werden müssen.

(72) So haben sich von 1991 bis 2001 das gesamtwirtschaftliche Wachstum (1,5%/a) und die Energieproduktivität (1,4%/a) nahezu parallel entwickelt; das bedeutet aber auch, dass die Effizienzgewinne und das Wirtschaftswachstum sich bezüglich Emissionsreduktionen zunächst gegenseitig „ausgleichen“. Die sektorale Verbrauchsstruktur hat sich dagegen in den neunziger Jahren deutlich verändert: Während der Energieverbrauch im Jahr 2000 insbesondere im Energiesektor (also – energiebilanztechnisch gesehen – in den Umwandlungssektoren) sowie in der Industrie und im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen niedriger war als 1990, ist er vor allem im Verkehr, aber auch bei den privaten Haushalten

zuletzt spürbar höher gewesen; zugenommen hat auch der nichtenergetische Verbrauch fossiler Energieträger.

(73) Die Sektorstruktur des Energieverbrauchs spiegelt sich in etwa auch bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen wider: Der mit Abstand größte Emittent war der Energiesektor, gefolgt vom Verkehr, der Industrie, den Haushalten und dem Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen. Die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen sind wesentlich stärker als der gesamte Primärenergieverbrauch gesunken: Im Jahr 2000 waren sie um rund 15% niedriger als 1990. Jahresdurchschnittlich gingen die CO<sub>2</sub>-Emissionen über den Zeitraum von 1990 bis 2001 hinweg temperaturbereinigt um 3% zurück. Von 1990 bis 1993 waren es im Zuge des Wiedervereinigungsprozesses 5,2% pro Jahr, von 1993 bis 2001 aber nur 2,1%.

(74) Ein Referenzszenario, das im Auftrag der Kommission in einer Kooperation der PROGNOSE AG, dem IER Stuttgart und dem Wuppertal Institut erarbeitet wurde, schreibt diese Entwicklung in die Zukunft fort (vgl. Abschnitt 4.2). Dem Referenzszenario liegen optimistische Annahmen über die wirtschaftliche Entwicklung, insbesondere aber auch über die Verbesserung der Energieeffizienz zugrunde. Zusammen mit dem langfristig erwarteten kräftigen Rückgang der Bevölkerung sinkt daher im Ergebnis der Energieeinsatz insgesamt bereits stark und die gesamtwirtschaftliche Energieeffizienz wird deutlich erhöht. Dennoch ist der durch das Referenzszenario beschriebene Energiepfad nicht als nachhaltig zu bezeichnen. Die begrenzten Energieressourcen werden nach wie vor sehr hoch beansprucht. Vor allem aber werden die aus Klimaschutzgründen geforderten Emissionsreduktionsziele erheblich verfehlt – und damit ergibt sich eine zentrale Verletzung der Nachhaltigkeitskriterien.

(75) Die Enquete-Kommission kommt vor diesem Hintergrund zu dem Ergebnis, dass eine Entwicklung entsprechend dem Referenzszenario ebensowenig nachhaltig ist wie die heutige Energieversorgung und deshalb keine akzeptable Basis für die Zukunft darstellt. Eine Fortschreibung der heutigen Entwicklungstrends des Energiesystems führt nicht zu einer nachhaltigen Entwicklung. Es besteht beträchtlicher energie- und umweltpolitischer Handlungsbedarf.

(76) Um die künftigen Bandbreiten, Möglichkeiten, Gestaltungsoptionen und Entwicklungsperspektiven energiewirtschaftlicher Veränderungen abschätzen zu können, werden die nachfrage- und angebotsseitigen Potenziale und Optionen der rationellen Energienutzung und Energiebereitstellung, der Steigerung der Materialeffizienz sowie die Potenziale und Entwicklungsperspektiven insbesondere von erneuerbaren Energiequellen eingehend in Abschnitt 4.3 analysiert. Sie werden gegliedert nach Sektoren und Bereichen der Energieanwendung diskutiert; dabei gibt die Kommission auch Hinweise auf spezifische Hemmnisse bei der Ausschöpfung dieser Potenziale und auf Handlungsmöglichkeiten zu ihrer Überwin-

derung. Ergänzt wird die Analyse der technischen Potenziale um Überlegungen zu dem bisher noch wenig erforschten Feld der verhaltensbedingten Potenziale einer nachhaltigen Energienutzung.

(77) Für die einzelnen Sektoren lassen sich die Analysen zu folgenden Kernaussagen verdichten:

(78) Der Energieverbrauch der privaten Haushalte, dessen Anteil am gesamten Endenergieverbrauch fast 28% beträgt, wird vom Raumwärmebedarf dominiert. Einsparungen können in erheblichem Umfang beim Ersatz oder der energetischen Sanierung schlecht gedämmter Gebäude erzielt werden. Bestimmend sind hier vier Parameter: die Qualität und Konsequenz der Umsetzung der Prinzipien integraler Planung und Ausführung (Maßnahmenmix aus Einsparung, Effizienz und erneuerbaren Energien), das Verhalten der Bewohner, der Standort der Häuser (Stadt/Land) und schließlich die Kosten. Nach dem heutigen Stand der Technik kann der Energiebedarf im Bestand um etwa 70 Prozent („3-Liter-Haus“) gemindert werden, indem bekannte und erprobte Einzelmaßnahmen geschickt verknüpft werden. Im Neubau gibt es inzwischen zahlreiche Beispiele von noch effizienteren Gebäuden, die überwiegend oder vollständig mit Solarenergie versorgt werden.

Erheblich sind auch die Potenziale zur Reduzierung des Stromverbrauchs im Haushaltsbereich: Beispielsweise durch den Einsatz hocheffizienter Haushaltsgeräte, neuer Leuchten und neuer Heizungspumpen(und Regelung). Die Möglichkeit, Stand-by-Schaltungen zunächst bedarfsgerecht zu benutzen und in Zukunft neue elektronische Lösungen in den Geräten zu verwenden, eröffnet erhebliche Einsparpotenziale. Viele dieser Potenziale sind zudem oftmals - über die Lebensdauer gerechnet - kostengünstiger als weniger effiziente Geräte.

(79) Im Sektor Industrie mit einem Anteil von gut 25% am deutschen Energieverbrauch existieren nach wie vor große wirtschaftliche Chancen zur Senkung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen. Wichtig ist jedoch, wie diese realisiert werden können und welche Ansatzpunkte sich für die Gestaltung von Maßnahmen anbieten. Hierfür sind integrierte Ansätze zur Reduzierung der Energie- und Stoffströme sowie weitreichende verhaltens- und organisationsbezogene Veränderungen in den Unternehmen – insbesondere in kleinen und mittleren Unternehmen – erforderlich. Erschwerend für die Mobilisierung dieser Potenziale wirkt die große technologische Heterogenität des Energieeinsatzes. Der größte Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz (zwischen 30-80% je nach Anwendungsbereich) liegt in Verfahrens- und Produktsubstitutionen. Ein zweiter wichtiger Ansatzpunkt ist die integrale Planung und Optimierung der industriellen Wärme- und Kälteversorgung innerhalb der Betriebe und in der Kooperation zwischen Unternehmen.

(80) Der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) ist außerordentlich heterogen strukturiert und energiestatistisch nur wenig differenziert erfasst. In Energiebilanzen ergibt sich der Energieverbrauch dieses Sektors zusammen mit demjenigen der privaten Haushalte als „Restrechnung“. Gegenwärtig entfallen auf ihn etwa 16% des gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland, zu etwa gleichen Teilen von Gasen, Strom und Mineralölprodukten gedeckt. Hier dominiert der Energieeinsatz für die Raumheizung mit rund 47% (2000), gefolgt vom Bereich mechanische Energie (gut 22%), der sonstigen Prozesswärme (14,5%) sowie der Warmwasserbereitung (gut 10%) und der Beleuchtung (etwa 6%). Auch im Sektor GHD sind noch große Energieeinspar- und CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale vorhanden, besonders in fünf Querschnittsbereichen, die für alle Branchen dieses Bereiches bedeutsam sind: Heizung, Kühlung und Klimatisierung, Warmwasserbereitung, Beleuchtung und Elektrogerätenutzung. Vielfach werden die hier bestehenden Potenziale aber nur zögerlich umgesetzt, zum Beispiel aufgrund z.T. fehlender Wirtschaftlichkeit, unzureichender Anreize und von Kapitalmangel, mangelnder Information und Motivation der Akteure sowie fehlender Kontrolle des Vollzugs. Hier erschließt sich ein wirksames Feld für Contracting-Aktivitäten.

(81) Der Bereich Verkehr trägt heute mit rund 22% zu den energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland bei, sein Anteil am Endenergieverbrauch liegt bei 30%, jeweils mit steigender Tendenz. Auch weltweit steigen die Energieverbräuche und die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs. Die bisherigen und die im Trend weiter erwarteten Zuwächse im Gesamtverkehrsaufkommen ergeben sich als Folge und zugleich Voraussetzung gesellschaftlicher sowie wirtschaftsstruktureller Entwicklung. Das Zusammenwachsen Europas zu einem einheitlichen Wirtschaftsraum begünstigt die Ausdehnung von Produkt- und Distributionsnetzen. Um die Herstellungskosten deutscher Produkte zu senken, werden in steigendem Maße Zulieferungen aus bzw. Teilfertigungen in Ländern mit geringeren Arbeitskosten genutzt.

(82) Bezüglich der lufthygienisch relevanten Emissionen an Schadstoffen – CO, NO<sub>x</sub>, unverbrannte Kohlenwasserstoffe, Partikel, SO<sub>2</sub>, Schwermetalle (außer bei Abgaspartikel mit sehr kleinen Durchmessern) – dürften mit den Euronormen 4 und 5 die lufthygienisch erforderlichen Umweltqualitäten gesichert werden. Die wichtigsten Energieträger (Treibstoffe) im deutschen Verkehrssystem sind heute mit rund 45 % Benzin, Diesel mit knapp 42 % und im Flugverkehr Kerosin mit fast 11 % am Gesamtverbrauch des Sektors. Zwei Drittel des Energieeinsatzes im Verkehrsbereich sind (Stand 1999) auf den Personenverkehr zurückzuführen. Hiervon hält den Hauptanteil der motorisierte Individualverkehr (MIV), dessen Energieverbrauch sich allerdings innerhalb der nächsten Jahre bereits im Trend stabilisieren wird. Verkehrsaufkommen und Fahrzeugkilometer werden sich dann nur noch gering verändern und Fahrzeuge mit höherer Treibstoffeffizienz zum Einsatz kommen.

(83) In den vergangenen Jahren wurden bereits erhebliche Anstrengungen unternommen, leichtere Konstruktionen zu entwickeln. Die entsprechenden Fortschritte wurden aber im Wesentlichen durch den Trend zu höheren Standards bei aktiver und passiver Sicherheit, zu verminderter Anfälligkeit bei Bagatellunfällen, zu Komfortverbesserungen usw. kompensiert. Die Bemühungen der Fahrzeughersteller zum Leichtbau dürften auch in Zukunft fortgesetzt werden. Wenn bei den Ausstattungen eine gewisse Sättigung erreicht sein wird, könnten zukünftig die Gesamtgewichte fallen.

(84) Der (Straßen-)Güterverkehr ist während der letzten Dekade deutlich angestiegen. Eine Fortsetzung des überproportionalen Wachstums wird bei unveränderten Rahmenbedingungen auch für die Zukunft erwartet. Im Luftverkehr ist eine Stabilisierung oder gar Minderung nicht absehbar, weil im Trend der grenzüberschreitende Verkehr weiter wachsen wird.

(85) Für die zukünftige Entwicklung der Verkehrsnachfrage wird es von hoher Bedeutung sein, in welchem Umfang und mit welchen Strategien die Internalisierung der externen Kosten durchgeführt wird. Aus volkswirtschaftlicher Sicht empfiehlt die Kommission eine möglichst vollständige Internalisierung der externen Kosten durch Steuern und Abgaben, um einer gesamtwirtschaftlich ineffizienten Übernutzung des Faktors Verkehr entgegenzuwirken.

(86) Zusätzlich zur Verbesserung der Effizienz der Fahrzeuge können die Treibhausgasemissionen auch dadurch gemindert werden, dass die Treibstoffcharakteristik verändert wird. Herkömmliche Kraftstoffe können weiter verbessert werden, und andere Primärenergieträger zur Synthetisierung der Endenergieträger Kerosin, Benzin und Diesel auf der Basis nachwachsender Rohstoffe können eingesetzt werden. So kann ohne Systembruch mit frei wählbarer Geschwindigkeit von einer rein auf Erdöl basierenden Kraftstoffversorgung auf eine davon völlig unabhängige übergegangen werden.

(87) Wasserstoff, erzeugt auf regenerativer Basis, werden langfristig die besten Chancen eingeräumt, sofern die entsprechende Infrastruktur aufgebaut wird. Auch Methanol werden Vorteile bei den Nutzfahrzeugen zugeschrieben. Bei Betrachtung des Gesamtsystems erscheint jedoch derzeit der direkte Einsatz regenerativ erzeugten Stroms für Fahrzeugantriebe solange als vorteilhaftere Option, bis die Wirkungsgrade der Wasserstoff-Bereitstellungskette erheblich gesteigert worden sind.

(88) Bei PKWs können die diskutierten Energiespartechiken und alternativen Antriebs-/Treibstoffkonzepten die im Trend bereits zu erwartenden Rückgänge des Energiebedarfs weiter verstärken und damit mittel- bis langfristig (bis 2050) energie- und klimapolitisch bedeutsam werden. Von wesentlich größerer Bedeutung ist kurz- und mittelfristig die Beeinflussung des Wachstums im (Straßen-)Güterverkehr und im Luftverkehr. Vor dem Hintergrund

der erzielbaren Effizienzgewinne, der bisher absehbaren Technikpotentiale sowie der anderen Probleme des Verkehrssektors (Flächenverbrauch, Lärm, Unfälle etc.) ist es unumgänglich, die Nachfrageentwicklung (z.B. durch neue Siedlungsstrukturen) und die Verkehrsmittelwahl stärker zu thematisieren und konsequent in die Überlegungen einzubeziehen, wie das Verkehrsaufkommen vermindert werden kann.

(89) Die Aspekte Energieeffizienz und Klimaverträglichkeit müssen bei den Verkehr betreffenden Entscheidungen der privaten Haushalte und der Verantwortlichen in Betrieben verankert werden. Dazu bedarf es einer die Bedeutung dieser Kriterien betonenden Kommunikation.

(90) Am Segment "Verbrauch und Verluste im Umwandlungsbereich" nimmt die Stromwirtschaft per Saldo den bei weitem größten Anteil ein. Der Energieeinsatz zur Stromerzeugung war in den neunziger Jahren leicht rückläufig; dabei hat sich die Energieträgerstruktur deutlich verändert: Weniger Braunkohle stehen mehr Kernenergie und steigende Anteile von erneuerbaren Energiequellen und Gasen gegenüber. In den neunziger Jahren wurde eine Verbesserung des mittleren Nutzungsgrades der Stromerzeugung von 36,5% (1990) auf 38,4% (2000) erreicht. Ausschlaggebend hierfür waren Systemoptimierungen, vor allem aber neue Materialien und Anlagenkonzepte. Auch im Bereich der konventionellen Großkraftwerke sind so – ungeachtet der zusätzlichen Möglichkeiten, die Wärmeauskopplung bei der Stromproduktion auszubauen – auch in Zukunft noch Wirkungsgradsteigerungen zu erwarten.

(91) In Deutschland müssen Ersatzkapazitäten bzw. Stromeinsparungen von etwa 40 bis 60 GW im ersten Viertel dieses Jahrhunderts realisiert werden, um vom Netz gehende Altanlagen zu ersetzen – dies entspricht Investitionen von mehr als 30 Mrd. Euro bis 2020 bzw. 50 bis 60 Mrd. Euro bis 2030. Diese Investitionen sollten überwiegend in Deutschland erfolgen. Hier nimmt die Stromerzeugung aufgrund des großen Investitionsvolumens und der langen Lebensdauer der Anlagen eine Schlüsselrolle für die nachhaltige Ausgestaltung des Energiesystems ein. Neben einer Weiterentwicklung der heute umfangreich genutzten Kraftwerkskonzepte können zukünftig einige neue Kraftwerkskonzepte eine wichtige Rolle spielen, zum Beispiel moderne Gasturbinen, vor allem in Kombiprozessen- ggfs. auch in Verbindung mit der Kohlevergasung.

(92) Am 27. April 2002 ist in Deutschland die Novelle des Atomgesetzes in Kraft getreten, mit der unter anderem die Laufzeit der bestehenden Kernkraftwerke in Deutschland beschränkt und nach der keine Genehmigungen für die Neuerrichtung von Kernkraftwerken mehr erteilt werden. Die kritische Bewertung der Kernenergie in Bezug auf die drei Aspekte Restrisiko (verstärkt durch das aktuelle Risiko terroristischer Anschläge), Entsorgung und

Wiederaufarbeitung sowie Missbrauchsgefahr ändert sich auch im Licht derzeitiger und absehbarer technischer Entwicklungen nicht. Zwar weisen die evolutionär weiterentwickelten Reaktoren eine verbesserte Brennstoffausnutzung (höherer Brennstoffabbrand, bessere Anlageneffizienz etc.) und verbesserte Betriebseigenschaften auf, die strittigen Fragen zur Reaktorsicherheit und zur Entsorgung bleiben jedoch im Grundsatz unbeantwortet.

(93) Die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme (sowie ggf. Kälte) in modernen Anlagen leistet unbestritten einen Beitrag zu Energieeinsparung und CO<sub>2</sub>-Minderung. Hier bestehen in Deutschland noch erhebliche unerschlossene Potenziale, auch unter Maßgabe erheblicher Energieeinsparungen im Wärmebereich. Etwa die Hälfte des gesamten technischen Potenzials ist dabei von der Verfügbarkeit und der Möglichkeit des wirtschaftlichen Betriebs sehr effizienter KWK-Anlagen für die dezentrale Objekt- und Hausversorgung (Kleinst-BHKW und Brennstoffzelle) abhängig.

(94) Mit modernen Heizkraftwerken sowie Motor- und Gasturbinen-BHKW stehen technisch ausgereifte Technologien im gesamten Leistungsspektrum zur Verfügung. In der Demonstrations- bzw. kurz vor der Markteinführungsphase befinden sich eine ganze Reihe von neuen Technologien (Mikrogasturbinen, Stirlingmotoren, Brennstoffzellen), die eine weitere Effizienzverbesserung und (teilweise) bessere Betriebseigenschaften erwarten lassen und insbesondere den Einsatzbereich weiter zu kleinen Leistungen ausweiten können. In Bezug auf die Brennstoffzelle gilt dies nicht nur für kleine KWK-Anlagen im Kilowattbereich, sondern auch bis hin zu mittleren Heizkraftwerken im Bereich von über 100 MW.

(95) Im Lichte des derzeit erreichten Entwicklungsstandes für die verschiedenen neuen in Entwicklung befindlichen Technologien können wesentliche technologische und wirtschaftliche Verbesserungen im Laufe der nächsten 10 bis 20 Jahre erwartet werden. Gleichzeitig fügen sich die modernen KWK-Technologien sehr günstig in den sich abzeichnenden Trend einer stärkeren Dezentralisierung und Vernetzung (vgl. Kapitel 4.3.7) der Energieversorgung ein. Wesentliche Markterfolge hängen jedoch insbesondere von günstigen energiepolitischen Rahmenbedingungen sowie von kontinuierlichen und konzentrierten Forschungsanstrengungen ab.

(96) Die Kosten von CO<sub>2</sub>-Abtrennung und Speicherung – ca. 40 bis 100 €/t CO<sub>2</sub>, je nach Technologie entspricht dies um 1,5 bis 9 ct/kWh erhöhten Stromerzeugungskosten – werden vor allem durch die Kosten der Abtrennung sowie ggf. des Transports dominiert. Große naturwissenschaftliche und technische Unsicherheiten bestehen bei den CO<sub>2</sub>-Einlagerungspotenzialen. Der maximale Emissionsminderungsbeitrag von CO<sub>2</sub>-Abtrennung und -Speicherung im Umwandlungssektor Deutschlands beziffert sich auf höchstens 10% der Emissionen von 1990. Dabei wird sich der Einsatz dieser Technologien aus Kostengrün-

den auf Standorte nahe der potenziellen CO<sub>2</sub>-Endlager beschränken müssen. CO<sub>2</sub>-Abtrennung und -Speicherung bilden damit eine potenzielle Option für die mittlere bis langfristige Perspektive, stehen aber unter dem Vorbehalt erheblicher technischer Innovationen, der Absicherung und Ausweitung des Kenntnisstandes über die verschiedenen Speicheroptionen, der ökologischen Verträglichkeit sowie der sozialen Akzeptanz.

(97) Die regenerativen Energiequellen bieten ein unerschöpfliches Energiepotenzial, das den derzeitigen Weltenergieverbrauch um mehrere Größenordnungen übersteigt. Die regenerativen Energiequellen mit ihren direkten und indirekten Nutzungsmöglichkeiten sind aus technischer Sicht grundsätzlich in der Lage, alle heute und in Zukunft benötigten Sekundärenergieträger bzw. Nutzenergieformen bereitzustellen. Von den drei regenerativen Energiequellen solare Strahlung, Geothermie und Gezeitenkraft, weist die Sonnenenergie bei weitem das größte Potenzial auf.

(98) Für die Nutzung der erneuerbaren Energiepotenziale stehen vielfältige Technologien bereit, die bisher unterschiedliche technische Entwicklungsstände erreicht haben.

(99) Die Frage, warum regenerative Energiequellen nicht längst den überwiegenden Teil der Energieträger stellen, ist historisch, technisch und wirtschaftlich zu beantworten. Mit der zunehmenden Verfügbarkeit billiger fossiler Brennstoffe und der Entwicklung preiswerter und sicherer Wandlungstechnologien dafür ist die historisch ursprünglich vorherrschende Nutzung erneuerbarer Technologien zurückgegangen mit der Nebenfolge, dass diese Technologien eine Zeit lang nicht mehr weiterentwickelt worden sind.

(100) Des Weiteren hat ein Teil der erneuerbaren Energietechnologien zwei Eigenschaften, die ihre Nutzung bisher erschwert haben: Die geringe Leistungsdichte (bezogen auf Fläche oder Volumen) sowie ihre Schwankungen im Energiedargebot. Für die Biomasse- und Geothermie-Anwendungen – die größten Potenziale - und zum Teil auch für die Wasserkraft gilt dies allerdings nicht; sie sind – technisch gesprochen – grundlastfähig. Mit ihnen kann daher – auch in Kombination mit den anderen fluktuierenden, nicht ständig verfügbaren erneuerbaren Energiequellen – ein bedarfsgerechtes Erzeugungsprofil zur Verfügung gestellt werden. Mittel- und langfristig werden sich die Möglichkeiten für derart integrierte Konzepte durch die Entwicklung der Informationstechnologie („virtuelle Kraftwerke“), von Speichersystemen sowie der Bereitstellung von Sekundärenergieträgern noch verbessern.

(101) Den beiden Nachteilen der regenerativen Energiequellen stehen jedoch entscheidende Vorteile gegenüber:

- Der heute am stärksten ins Gewicht fallende Vorteil ist die Tatsache ihrer Umweltverträglichkeit im Betrieb.

- Sie sind unerschöpflich.
- Global gesehen sind sie viel homogener verteilt als fossile oder nukleare Energiereserven.
- Darüber hinaus werden sie durch die Natur häufig kostenlos bereitgestellt und die absehbaren (z.T. erheblichen) Kostensenkungspotenziale der Wandlertechnologien führen in Verbindung mit der Internalisierung externer Kosten zu einer zunehmenden Wettbewerbsfähigkeit.

(102) Der Marktanteil der regenerativen Energietechniken zeigt in Deutschland seit 1990 einen Aufwärtstrend. In Europa ist inzwischen die Biomasse (mit einem Anteil von 64% an den regenerativen Energiequellen insgesamt) vor der Wasserkraft die meist genutzte erneuerbare Energiequelle. Solarthermie und in den letzten Jahren Windenergie liefern zunehmend größere Beiträge zur Energieversorgung Europas. In allen Ländern Europas steigt in den letzten Jahren der Anteil der erneuerbaren Energietechnologien am Markt.

(103) Für Europa ist im Weißbuch der EU das Ziel festgelegt worden, den Anteil der erneuerbaren Energien in der EU bis zum Jahr 2010 auf zunächst 12% des Bruttoinlandsenergieverbrauchs der EU zu steigern.

(104) Das Hauptargument gegen erneuerbare Energien wird oft in ihrer „mangelnden Wirtschaftlichkeit“ gesehen. Dabei wird aber meist nur auf die Kosten im betriebswirtschaftlichen Sinne Bezug genommen, und es werden die gesamtwirtschaftlichen/sozialen Kosten vernachlässigt. Daher hat das Prinzip der Internalisierung externer Kosten für den Vergleich von Energiepreisen eine zentrale Bedeutung. Das weltweite Energiesystem wird sich nur dann in Richtung Nachhaltigkeit entwickeln, wenn die Energiepreise zunehmend mehr – zumindest in der Dimension – die „ökologische Wahrheit“ abbilden. Die methodischen Probleme bei der Bestimmung externer Kosten machen wiederum deutlich, dass diese Betrachtung eine politische Diskussion nicht ersetzen kann.

(105) Die Potenziale zur Minderung der CO<sub>2</sub>- Emissionen sind nicht auf Sektoren, Wandler- oder Einsparttechnologien beschränkt. Es gibt einige Querschnittsbereiche, die relevante Beiträge liefern können.

So bieten Innovationen bei der Steuerungs- und Regelungstechnik Möglichkeiten zur Erschließung hoher Effizienzpotenziale, zum Beispiel durch „Gebäudeintelligenz“ und „Virtuelle Kraftwerke“.

Im Bereich der Bürogebäude und Zweckbauten ist die „Gebäudeintelligenz“ bereits mehr oder weniger Standard. Im Wohnhausbereich wurden Effizienzpotenziale bisher unter architektonischen und bauphysikalischen Fragestellungen betrachtet. Die Basis für ein intelligentes Gebäude/Wohnhaus bildet grundsätzlich eine Kommunikationsinfrastruktur (Feldbus), über die Geräte miteinander kommunizieren und gesteuert werden. Die Schnittstelle zwischen externem Netz mit einem Dienstleister und dem Inhaus-Netz scheint zunehmend auch die interne Vernetzung zu beschleunigen und anzutreiben. Es zeigt sich ein Trend zur Standardisierung der Systeme. Die bisherigen Zielgruppen für „Intelligente Gebäudetechnik“ befanden sich im Sektor für Nutzbauten in Industrie, Gewerbe und öffentlichen Bereich. Große ungenutzte Einsatzmöglichkeiten liegen jedoch im privaten Haus- und Mietwohnbereich, auch in Altbauten.

Die Energieversorgung der Zukunft wird auf der Erzeugungsseite stärker dezentral aufgebaut sein: bisherige Energieverbraucher werden teilweise auch zu Energielieferanten. Kommunikationstechnologie und Mikroprozessoren in Energieerzeugungs- und Verbrauchsanlagen beim Endkunden werden es Energiedienstleistern ermöglichen, in einem elektronischen „Dialogprozess“ das Lastmanagement mit vielfältigeren Methoden vorzunehmen als bisher. Durch die intelligente Verknüpfung zentraler und dezentraler Energieeinheiten mit dem Netzverbund ist bei steigendem Einsatz dezentraler Systeme im Laufe der nächsten zwanzig Jahre ein Primärenergie-Einsparpotenzial von mindestens 20% möglich. Dabei ist gleichbleibende Versorgungssicherheit möglich. Hier sind allerdings noch Entwicklungsaufgaben zu lösen und Betriebserfahrung zu gewinnen.

Der gesamte Bereich der Materialwirtschaft (Rohstoffe und Produkte sowie deren Nutzung) bietet ein erhebliches Effizienzpotenzial. Eine sektoral ausgerichtete Analyse der fünf technisch-organisatorischen Optionen Recycling, Materialeffizienz, Werkstoffsubstitution, Nutzungsintensivierung und Lebensdauererlängerung eröffnet eine Fülle von Möglichkeiten, mit denen der spezifische Energiebedarf je Dienstleistung reduziert werden könnte. Neben den Kosten sind wesentliche Hemmnisse in diesem Bereich verhaltens-, einstellungs- und designbedingt. Mangelnde Reparaturmöglichkeiten, bewusst einkalkulierter Verschleiß bei Gebrauchsgütern und nicht mehr lieferbare Ersatzteile machen bei vielen Gebrauchsgütern eine längere Nutzungsdauer unmöglich. Allerdings sind auch die Lebensstile verschiedener sozialer Milieus nicht auf langlebige Gebrauchsgüter ausgerichtet. Vom Steuerrecht her bedingte Abschreibungszeiträume können die Nutzungszeiten beeinflussen, oder sie verleiten zu Erwartungen an kurze Kapitalrücklaufzeiten, die von den langlebigeren Investitionsoptionen wegen etwas höherer Investitionskosten nicht erfüllt werden können, aber wegen ihrer längeren Nutzungszeiten auch nicht erbracht werden müssen.

Das Verhalten bei Kauf- bzw. Investitionsentscheidungen und bei der Nutzung (einschließlich Wartung und Instandhaltung) energieverbrauchender Güter und Dienstleistungen wird maßgeblich von Konsumpräferenzen, Lebensstilen und Wertsystemen bestimmt. Für die Entwicklung eines nachhaltigen Energiesystems sind auch jene Verhaltenspotenziale von Bedeutung, die sich auf Qualitätsänderungen beim Angebot und bei der Nachfrage nach Energiedienstleistungen beziehen. Im Zuge einer zukünftig verstärkten Dezentralisierung der Strom- und Wärmebereitstellung könnte der bewusstere Umgang mit Energie eine größere Rolle spielen. Es ist daher wichtig, die Analyse des rein ökonomisch bedingten Investitions- und Verbrauchsverhaltens durch die Erforschung von weiteren nicht weniger wichtigen sozialpsychologischen und ethischen Determinanten von „Verhalten“ anzureichern.

Dies gilt oft auch für Unternehmen, die ohne zusätzliche Motivationsimpulse und verhaltensändernde Randbedingungen auch eigentlich hoch rentable Energieeffizienzmaßnahmen nicht realisieren (sogenannte „gehemmte Potenziale“).

Dem Zusammenhang zwischen der individuellen Motivation, dem innerbetrieblichen Engagement und der allgemeinen gesellschaftlichen Ökologiediskussion sollte durch umfassende Zukunftsfähigkeitsdebatten auf allen gesellschaftlichen Ebenen Rechnung getragen werden. Die Änderung von Verhaltensmustern und ein an einem neuem Wohlstandsmodell orientierter Lebensstil (eine Verbindung von Effizienz und Suffizienz) muss nicht als Verlust, sondern kann sogar als eine Steigerung von Lebensqualität empfunden werden. Suffizienz im Sinne von „gut leben, statt viel haben“ ist auch eine Frage der Wahrnehmung bzw. sozial vermittelter Konsumerwartungen.

In allen Sektoren bestehen erhebliche und vielfältige Hemmnisse zur Erschließung der Einsparpotenziale. Um diese zu überwinden, ist auch eine Verstärkung der sozio-ökologischen Umsetzungsforschung erforderlich und den energierelevanten Aspekten in der Aus- und Weiterbildung mehr Aufmerksamkeit zu widmen.

## **1.5 Zielszenarien für Deutschland**

In Kapitel 5 werden die im Auftrag der Kommission extern errechneten Zielszenarien dargestellt. Das beauftragte Gutachterkonsortium aus PROGNOSE AG, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart und Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (WI) übernahm in weiten Teilen die Vorgaben der Kommission (energiepolitische Ausbauziele, Annahmen für Investitionskosten und ökonomische Parameter, etc.), musste aber zusätzlich eigene Annahmen treffen, zum Beispiel bei der Entwicklung der Energieeffizienz in den Anwendungssektoren. Um die Aussagekraft der Modellierung zu erhöhen und den Einfluss des Modellansatz bewerten zu können, wurden die Szenarien und

eine Variante in Modellkonkurrenz gerechnet: Während das IER das Energiesystem als Ganzes betrachtet und global unter ökonomischen Aspekten sektorübergreifend optimiert, minimiert das Simulationsmodell des Wuppertal-Instituts die Kosten in einer eher sektoralen Betrachtungsweise und unter Anwendung zusätzlicher Entscheidungskriterien.

Insgesamt wurden vierzehn Szenarien und Varianten gerechnet – alle unter der Maßgabe der ambitionierten Klimaschutzziele, die von einer Reduktion des Treibhausgasausstoßes um 80% bis 2050 ausgehen. Drei Hauptszenarien stehen repräsentativ für die grundsätzlichen Entwicklungslinien einer zukünftigen Energieversorgung:

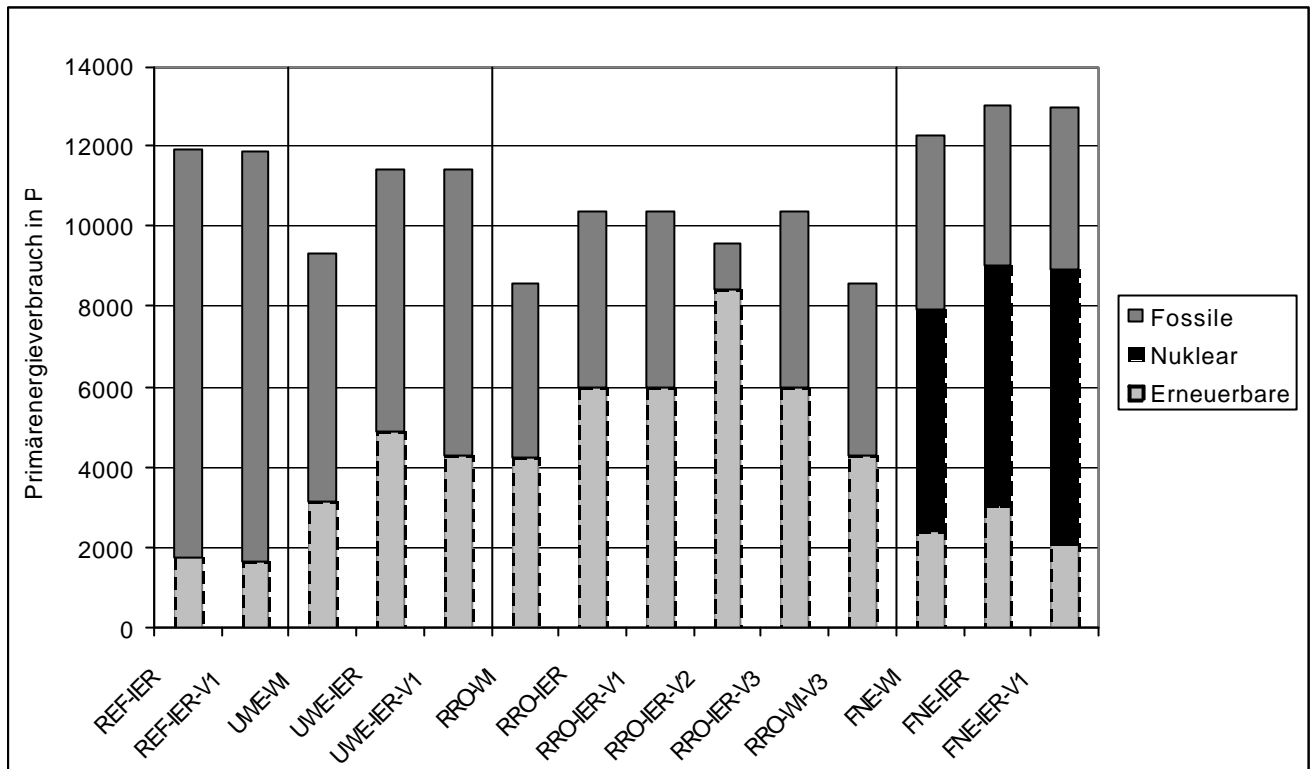
Im Szenario „Umwandlungseffizienz“ wird eine Strategie der forcierten Steigerung der Effizienz in der Energieumwandlung und -anwendung gewählt. Die Nutzung der Kernenergie wird nicht fortgesetzt. Um fossile Energieträger (vor allem Kohle) trotz der ambitionierten Klimaschutzziele weiter nutzen zu können, wird die Abtrennung und Endlagerung von Kohlendioxid zugelassen.

Im Szenario „REG/REN-Offensive“ wird bis 2030 aus der Kernkraft vollständig und bis 2050 aus der Nutzung der fossilen Energieträger soweit ausgestiegen, dass die Klimaschutzziele erreicht werden können. Zur Kompensation werden Energieeffizienz und erneuerbare Energiequellen massiv forciert. Der Anteil der erneuerbaren Energiequellen soll nach den Vorgaben im Jahr 2050 mindestens 50% des Primärenergieverbrauchs betragen. Zusätzlich zu diesem Szenario wurde eine Variante Solare Vollversorgung modelliert, in der die Energieversorgung 2050 vollständig durch regenerative Energieträger gewährleistet wird. Eine dritte Variante unter dem Eindruck des 11. Septembers betrachtet, inwieweit ein sehr kurzfristiger Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie möglich ist.

Im Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“ wird die Nutzung der Kernenergie fortgesetzt und ein Ausbau ermöglicht. Der Ausbau der erneuerbaren Energien sowie die Energieeffizienz werden insofern nicht forciert. Die Abtrennung und Endlagerung von Kohlendioxid wird ebenfalls zugelassen. Im Referenzszenario und den anderen Szenarien noch enthaltene Restriktionen, z.B. im Verkehrs- und Gebäudebereich, werden zudem aufgehoben.

Um die Unsicherheiten, die aufgrund von Annahmen über die Entwicklung zukünftiger Kosten schon beim Modellinput bestehen, abschätzen zu können, wurde zu jedem Szenario und auch zum Referenzszenario eine Variante gerechnet, der ein von der Minderheit der Kommission entworfener Datensatz zugrunde gelegt wurde. Damit konnte die Sensitivität der Modelle auf die Kostenvorgaben getestet werden.

Abbildung: Primärenergieverbrauch 2050 in den verschiedenen Szenarien



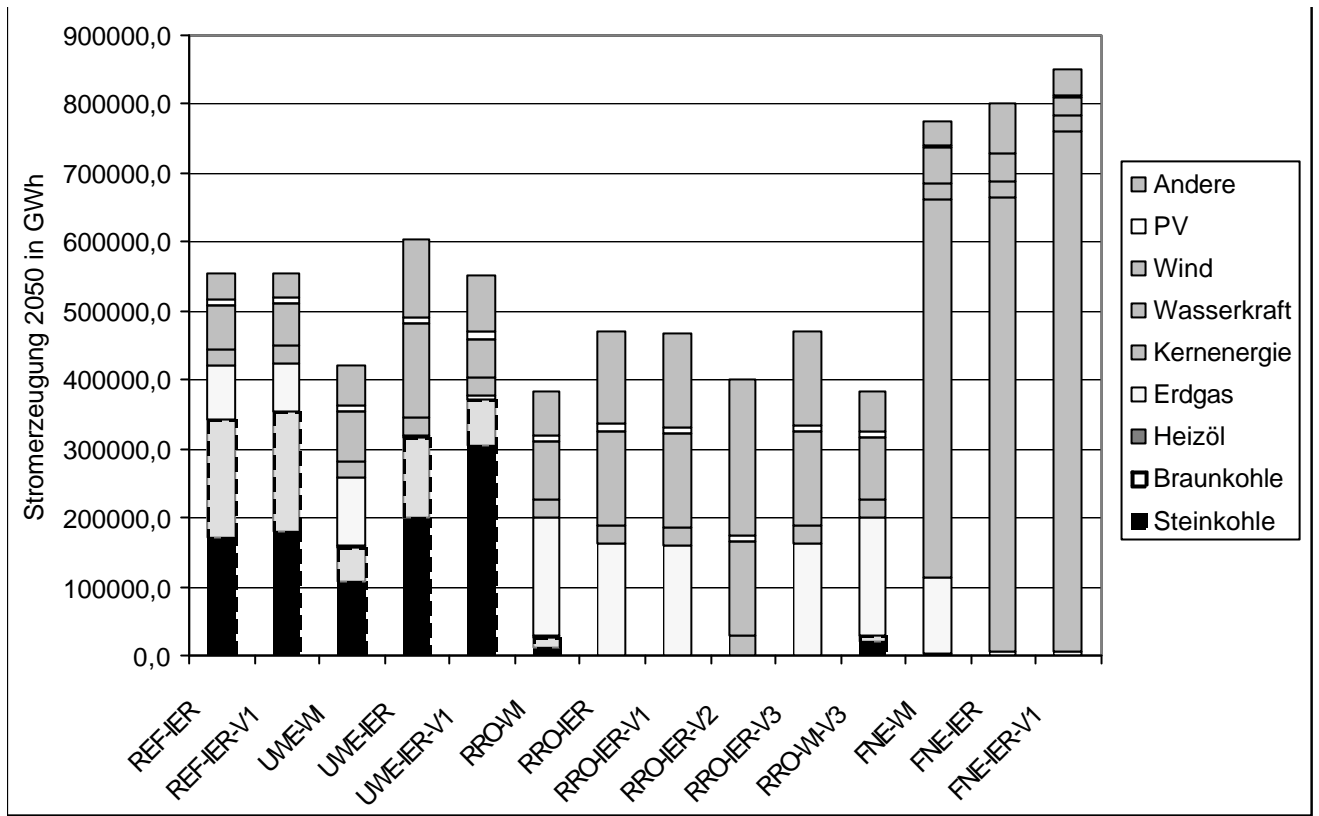


Abbildung 1-2 : Nettostrombereitstellung im Jahr 2050

Abbildung 1-3: Zusammensetzung des Kraftwerksparks in den verschiedenen Szenarien im Jahr 2050.

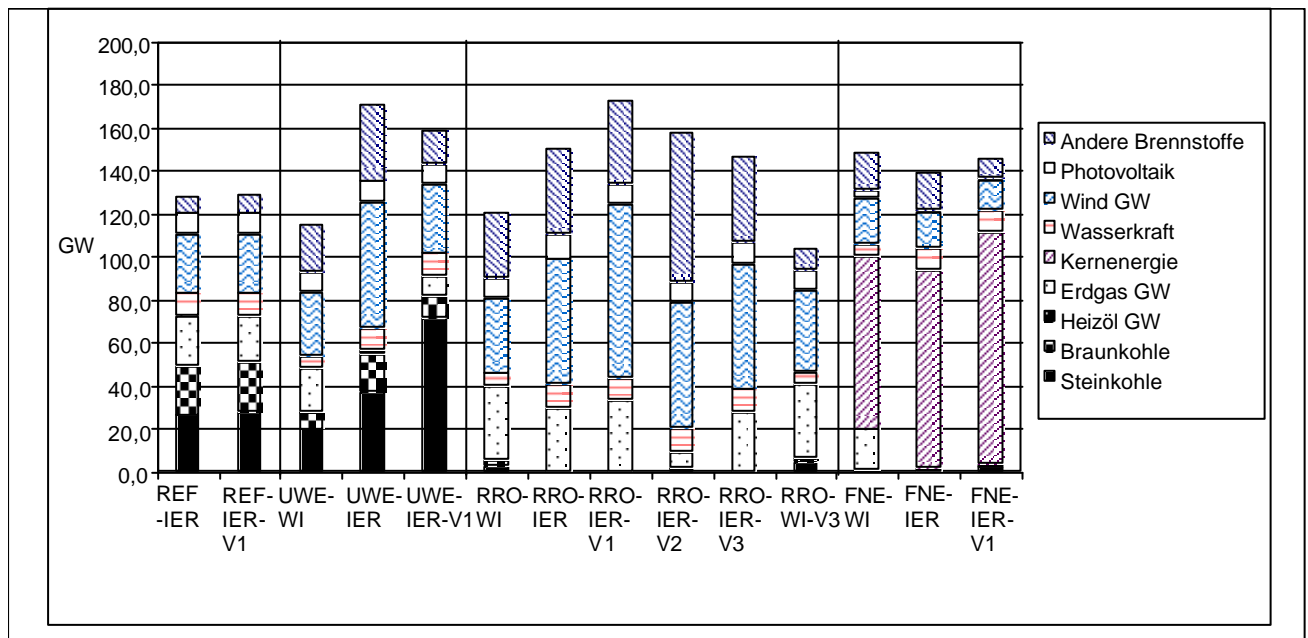


Tabelle 1-2 fasst die Ergebnisse der Szenarien zusammen. Die Abbildung 1-3 stellt die aus den Simulationen resultierenden Kraftwerkspportfolios im Jahr 2050 dar. Analysiert man die Ausbaupfade, so lässt sich zusammenfassen:

1. auf die Kernkraft kann verzichtet werden
2. eine maßgebliche Rolle für Stein- und Braunkohle kann nachhaltig nur dann aufrechterhalten werden, wenn die Abtrennung von CO<sub>2</sub> und dessen dauerhafte Speicherung technisch und kostengünstig gelöst wird
3. Erdgas nimmt in einigen Szenarien eine wichtige Brückenfunktion beim endgültigen Übergang zu CO<sub>2</sub>-freien Energieträgern ein
4. eine solare Vollversorgung ist möglich
5. die REG/REN-Offensive in ihrer Hauptform ist ein Entwicklungspfad, der auch für Zeiträume jenseits der hier betrachteten Horizonte weitere Entfaltungsmöglichkeiten zulässt.

Tabelle 1-2: Ergebnisse der Szenarien im Überblick

	REF-IER	UWE-WI	UWE-IER	RRO-WI	RRO-IER	Var. 2*	RRO-IER	Var. 3	RRO-WI	FNE-WI	FNE-IER	REF-IER	UWE-IER	RRO-IER	Var. 1	FNE-IER	Var. 1	FNE-IER	Var. 1	
																				Var. 1
Erdenergie	Summe	8.208	5.918	6.656	5.156	5.910	5.531	5.909	5.183	6.140	7.229	8.224	6.764	5.904	7.232	5.904	7.232	5.904	7.232	
	Verkehr	2.299	1.247	1.975	1.122	1.689	1.894	1.687	1.122	1.409	2.115	2.299	1.949	1.687	2.115	1.687	2.115	1.687	2.115	
	Haushalte	2.221	1.632	1.732	1.362	1.654	1.474	1.653	1.368	1.651	1.814	2.218	1.756	1.655	1.799	1.756	1.655	1.799	1.756	
	GHD	1.389	1.075	1.169	960	1.057	1.065	1.057	962	1.093	1.275	1.376	1.237	1.058	1.275	1.237	1.058	1.275	1.237	
	Industrie	2.299	1.964	1.779	1.732	1.530	1.099	1.532	1.742	1.987	2.026	2.331	1.823	1.524	2.043	1.823	1.524	2.043	1.823	
	Erneuerbare	334	796	1.220	1.142	1.437	2.136	1.424	1.204	690	1.065	360	1.315	1.424	984	1.315	1.424	984	1.315	
	Artteil EEV	4%	13%	18%	22%	24%	39%	24%	23%	11%	15%	4%	19%	24%	14%	19%	24%	14%	19%	
	Sonstige	152	718	34	252	78	675	81	44	906	7	152	47	84	7	47	84	7	47	
	Artteil EEV	2%	12%	1%	5%	1%	12%	1%	1%	15%	0%	2%	1%	1%	0%	1%	1%	0%	1%	
	EE gesamt	488	1.514	1.254	1.394	1.515	2.811	1.504	1.247	1.596	1.072	512	1.362	1.507	991	1.362	1.507	991	1.362	
Erdenergie nach Energieträgern	Artteil EEV	6%	26%	19%	27%	26%	51%	25%	24%	26%	15%	6%	20%	26%	14%	20%	26%	14%	20%	
	Fossil	5.539	2.277	2.644	1.864	1.989	300	1.988	1.864	2.465	2.634	5.517	2.495	2.024	2.863	2.495	2.024	2.863	2.495	
	Artteil EEV	67%	38%	40%	36%	34%	5%	34%	36%	40%	36%	67%	37%	34%	37%	37%	34%	37%	37%	
	Strom	1.816	1.542	1.935	1.388	1.563	1.495	1.564	1.368	1.793	2.628	1.818	2.066	1.553	2.782	2.066	1.553	2.782	2.066	
	Artteil EEV	22%	26%	29%	27%	26%	27%	26%	26%	29%	36%	22%	31%	26%	38%	31%	26%	38%	31%	
	Wärme	368	427	823	266	843	925	853	286	240	761	375	841	820	681	841	820	681	841	
	Artteil EEV	4%	7%	12%	6%	14%	17%	14%	6%	4%	11%	5%	12%	14%	9%	12%	14%	9%	12%	
	Summe	11.937	9.348	11.400	8.552	10.397	9.547	10.396	8.599	12.266	13.048	11.864	11.421	10.396	12.940	11.421	10.396	12.940	11.421	
	Artteil EEV	176	138	168	126	153	141	153	127	181	192	175	168	153	191	168	153	191	168	
	Erneuerbare	1.765	3.130	4.896	4.266	5.998	8.420	5.993	4.318	2.381	3.041	1.626	4.316	5.990	2.086	4.316	5.990	2.086	4.316	
Primärenergie	Artteil EEV	15%	33%	43%	50%	58%	89%	58%	50%	19%	23%	14%	38%	58%	16%	38%	58%	16%	38%	
	Fossil	10.172	6.218	6.504	4.285	4.398	1.127	4.404	4.281	4.321	4.009	10.238	7.105	4.405	4.010	7.105	4.405	4.010	7.105	
	Artteil EEV	86%	67%	57%	50%	42%	12%	42%	50%	35%	31%	86%	62%	42%	31%	62%	42%	31%	62%	
	Nuklear	0	0	0	0	0	0	0	0	5.563	5.997	0	0	0	6.844	0	0	6.844	0	
	Artteil EEV	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	45%	46%	0%	0%	0%	53%	0%	0%	53%	0%	
	Kumulierte Kostendifferenz ggü. Referenz (19.182,6 Mrd.€)	€/cap	3.333	5.134	2.966	9.106	25.383	9.954	2.077	-4.928	4.876	11.841	-7.922	4.876	11.841	-7.922	4.876	11.841	-7.922	4.876
	Auf 1998 abdiskontierte kum. Kostendifferenz ggü. Referenz (9.280,1 Mrd.€)	€/cap	527	1.158	2.094	6.136	2.560	2.560	227	-1.345	1.149	2.830	-2.062	1.149	2.830	-2.062	1.149	2.830	-2.062	1.149
	Kostendifferenz ggü. Referenz in 2050 (5.201,6 Mrd.€)	€/cap für 2050	298	323	605	1.225	616	616	175	-144	318	702	-305	318	702	-305	318	702	-305	318
	Auf 1998 abdiskontierte Kostendifferenz ggü. Referenz in 2050 (676,7 Mrd.€)	€/cap für 2050	39	42	79	159	80	80	23	-19	41	91	-40	41	91	-40	41	91	-40	41
	Kostendifferenz ggü. Referenz in 2050 (5.074,8 Mrd.€)	€/cap für 2050	-1.848	-2.338	-2.649	-2.700	-2.647	-2.647	14.717	17.515	-2.215	-2.575	20.505	-2.215	-2.575	20.505	-2.215	-2.575	20.505	-2.215
Auf 1998 abdiskontierte Kostendifferenz ggü. Referenz in 2050 (680,2 Mrd.€)	€/cap für 2050	-240	-304	-345	-351	-344	-344	1.915	2.279	-288	-335	2.668	-288	-335	2.668	-288	-335	2.668	-288	

Durch Rundungsfehler können sich in der Summe Prozentwerte über 100% ergeben.  
 \* Eine regenerative Vollversorgung wird aus modellinneren Gründen nicht erreicht. Die Differenz zu 100% beim primärenergetischen Anteil resultiert aus nicht energetischer Nutzung von Energieträgern.

Im folgenden sollen weitere aus der Szenarienstudie erarbeitete Schlussfolgerungen dargestellt werden.

### **Handlungsspielräume bei der Erreichung der Klimaschutzziele**

Auch unter den genannten Einschränkungen, sowohl bezüglich der Unsicherheit der Aussagen über Technologien und Kosten sowie der gewählten, relativ konservativen Rahmenannahmen kommt die Kommission zu dem Ergebnis, dass eine Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80 % (gegenüber dem Niveau von 1990) aus heutiger Sicht technisch und wirtschaftlich realisierbar ist. Sämtliche untersuchten Technologiepfade in den Zielszenarien erlauben eine Erreichung der ehrgeizigen Treibhausgas-Reduktionsziele, die in Deutschland bereits heute in ersten Schritten in Angriff genommen werden. Der Entwicklungspfad in ein regeneratives und effizienteres Energiesystem ist eine realistische Zukunftsoption und keine Sackgasse: auch eine weitgehende bzw. vollständige Versorgung Deutschlands aus erneuerbaren Energiequellen ist aus heutiger Sicht in einem hocheffizienten Energiesystem möglich.

Nur wenn die in den Modellen angenommenen Entwicklungen der Technologien - und dies gilt für alle drei Pfade - auch durch entsprechende Rahmenbedingungen und Energiepolitiken forciert werden, werden die Ergebnisse der Szenarien realisierbar. Dabei unterscheiden sich die Szenarien in ihrer Abhängigkeit von Technologien. Die Realisierbarkeit der Szenarien Umwandlungseffizienz (UWE) und fossil-nuklearer Energiemix (FNE) ist jeweils maßgeblich von einer Schlüsseltechnologie abhängig (CO<sub>2</sub>-Abtrennung und Speicherung bzw. Kernkraft), das Szenario REG/REN-Offensive (RRO) baut dagegen auf einer relativ großen Vielfalt von für die Emissionsminderung relevanten Technologien auf. Sollten sich die Erwartungen z.B. an die Photovoltaik nicht erfüllen, so ließe sich dies durch eine andere erneuerbare Technologie abdecken. Dieser Aspekt kann sich gleichzeitig als ein wichtiger Beitrag zur Versorgungssicherheit erweisen.

Strukturelle Veränderungen, wie der Übergang von einer Energieversorgungswirtschaft zu einer solaren Energiedienstleistungswirtschaft oder denkbare noch höhere Steigerungsraten der Ressourceneffizienz (z.B. Faktor 10) konnten in den Szenarien nur sehr begrenzt bzw. nicht berücksichtigt werden. Auch eine signifikante Änderung von Verhalten und Lebensstilen konnte weder quantifiziert noch hinsichtlich ihrer strukturellen und qualitativen Effekte in den Szenarien abgebildet werden. Eine Anpassung der Nachfrage nach Energiedienstleistungen gegenüber dem Referenzszenario war in den Szenarien nicht möglich. Insofern bilden die Szenarien bei weitem nicht alle gesellschaftlichen und individuellen Optionen zur CO<sub>2</sub>-Minderung ab. Dies und der unterstellte starke Anstieg der Energiedienstleistungen pro Kopf

führen dazu, dass die resultierende Energiedienstleistungsnachfrage eher als oberer Rand der erwartbaren Bandbreite anzusehen ist. Dass die Szenarien dennoch die gesteckten Klimaschutzziele erreichen, deutet darauf hin, dass der Wechsel zu einer ökoeffizienten Energiedienstleistungswirtschaft, zur forcierten Ressourceneffizienz und auch die Änderung von Lebensstilen die Erreichung der Reduktionsziele und den Umbau der Energiewirtschaft erleichtern können.

Es lassen sich jenseits aller Unsicherheit und politischer Maßnahmen drei robuste Trends ausmachen, die allen Szenarien gemeinsam sind: Regenerative Energien, rationelle Energieverwendung und ein neuer Sekundärenergieträger werden in Zukunft eine wichtige Rolle spielen.

### **Robuste Pfade 1 - Energieeffizienz**

Alle Szenarien beinhalten über den Trend hinausgehende Effizienzsteigerungen. Allerdings sind – in Abhängigkeit von den beiden verwendeten Modellen - zwei unterschiedliche zeitliche Profile der Effizienzentwicklung zu konstatieren: Einerseits ein kontinuierlicher Anstieg der Effizienz (Simulationsansatz des WI) und andererseits ein um ein bis zwei Jahrzehnte verzögerter, aber dann forciertes Effizienzzuwachs (Optimierungsansatz des IER). Bei der eher sprunghaften Entwicklungsvariante (IER) stellt sich jedoch die Frage, ob die hierfür notwendige Dynamik auch tatsächlich (quasi plötzlich) erzeugt werden kann, wenn über Jahrzehnte hinweg keine diesbezüglich vermehrten Anstrengungen unternommen wurden. Auch aus der Perspektive von Vorsorge und robuster Pfadabsicherung ergibt sich, dass einer möglichst frühzeitig eingeleiteten Strategie und konsequenten Erschließung der Effizienzpotenziale sowie verlässlicher langfristig ausgerichteter Rahmenbedingungen eine wichtige Rolle für die Erreichung der Emissionsreduktionsziele zukommt.

Wichtige Einsparpotenziale liegen im Gebäudebereich, sowohl in den Privathaushalten als auch in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Die Energieeinsparungen bei den Neubauten und dem Gebäudebestand sind insbesondere wegen der Langlebigkeit der Gebäude und der langen Zeiträume zwischen den Sanierungsmaßnahmen ab sofort möglichst kontinuierlich – im Zuge ohnehin erfolgreicher Sanierungen - zu realisieren. Die Sanierungsziele sind heute technisch und in den meisten Fällen auch einzelwirtschaftlich bei entsprechend günstigen Rahmenbedingungen machbar. In den Szenarien werden als Ziel im Jahr 2050 energetische Sanierungsraten von 1,3 % bis zu 2,5 % angenommen. Diese liegen erheblich über der heutigen energetischen Sanierungsrate von 0,5 % pro Jahr. Bei einer vergleichenden Analyse zeigt sich, dass der durch die Erhöhung der Sanierungsrate erreichbare Mengeneffekt (gemessen an der resultierenden Wärmeverbrauchsminderung) deutlich größer ist als derjenige, der durch die spezifische Verbesserung des Wärmedämmstandards bei weiterhin konstanter energetischer Sanierungsrate erzielt werden kann. Breitenwirksame Maßnahmen

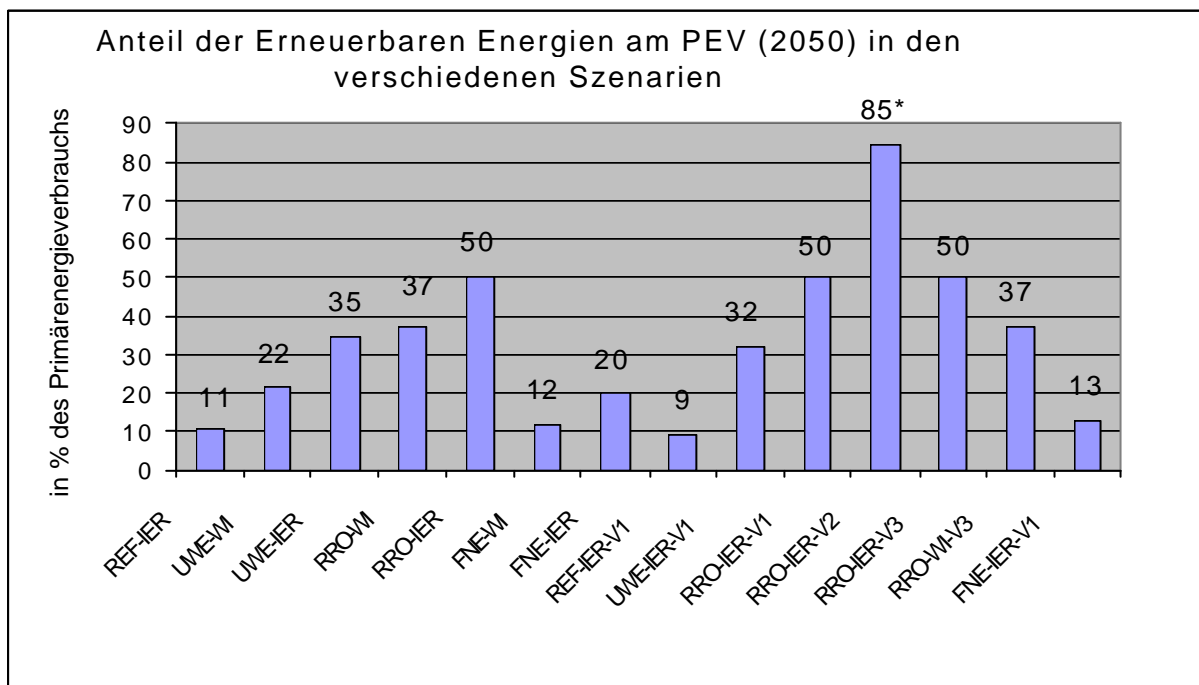
und begünstigende Anreizstrukturen zur Aktivierung dieser Effizienzpotenziale im Zuge der „normalen“ Sanierungszyklen sind also besonders wichtig und dringend.

Eine zentrale Rolle kommt darüber hinaus der Stromeinsparung zu. Hierzu sind in allen Sektoren eine Vielzahl von technischen Optionen, aber auch erhebliche Potenziale verhaltensbedingter Einsparungen verfügbar. Dies betrifft sowohl hoch typisierbare Anwendungen (Motoren, Beleuchtung, Haushaltsgeräte) als auch sehr heterogene Anwendungen, zum Beispiel im Industriesektor.

Letztlich müssen jedoch alle Sektoren ihren Beitrag zur Senkung der Energienachfrage leisten. Dabei kann eine möglichst schnelle und prinzipiell relativ wirtschaftliche Realisierung der Effizienzpotenziale im Verkehr an anderer Stelle Spielräume schaffen. Im Transportsektor wird angesichts der im Trend enormen Zuwachsraten und der beinahe totalen Abhängigkeit von Mineralöl als einziger Ressource auch mittel- und langfristig der Übergang zu klimafreundlichen Sekundärenergieträgern notwendig sein. Dies fällt umso leichter, je niedriger die dann vom Verkehrssektor noch benötigten Energiemengen sind.

## Robuste Pfade 2 – erneuerbare Energien

Abbildung 1-4: Anteil der erneuerbaren Energiequellen am Gesamtprimärenergieverbrauch



\*Hinweis: Beim Szenario "solare Vollversorgung" (RRO-IER-V2) zeigt die Analyse der verbleibenden Anteile, dass diese auch mit erneuerbaren Ressourcen abdeckbar sind

(106) Alle Szenarien, auch das Szenario (fossile) Umwandlungseffizienz, beinhalten in weit höherem Umfang als das Referenzszenario den Einsatz regenerativer Energieträger. Dies

ergibt sich zwar auch durch Berücksichtigung der politischen Forderung der Europäische Union, die für Deutschland bis 2010 mit 12,5 % der Stromerzeugung durch Erneuerbare Energien spezifiziert wurde. Es zeigt sich jedoch auch im „fossil-nuklearen“ Szenario, dass ein weiterer Ausbau aller regenerativen Energien zur Erreichung der Klimaschutzziele unabdingbar ist. Die FNE-Szenarien zeigen andererseits, dass die erneuerbaren Technologien, wenn sie durch risikobehafteten Atomstrom bei ihrer Markteinführung behindert werden, nicht die notwendige Entwicklungszeit für ausreichende Kostensenkungen bekommen und daher ihren Marktanteil nicht ausweiten können. Die Kommission ist daher der Auffassung, dass in allen denkbaren Entwicklungspfaden eine langfristige, angemessene Fortsetzung von Markteinführungsmaßnahmen (wie z.B. EEG und Marktanreizprogramm, Länderförderprogramme, Programme der Energiewirtschaft) aus Klimaschutz- und Innovationsgründen gerechtfertigt ist.

Der Mix der verschiedenen erneuerbaren Energien in den Szenarien resultiert in den Simulationen bzw. Optimierungen aus Kostengesichtspunkten oder wurde exogen auf Grund von Expertenschätzungen vorgegeben. Nach Ansicht der Kommission wird insbesondere eine Energiewirtschaft, die vornehmlich auf erneuerbare Energieträger aufbaut, den Mix auch daran orientieren müssen, dass eine durchgängig sichere Versorgung mit Energiedienstleistungen gewährleistet ist.

### **Robuste Pfade 3 - Sekundärenergieträger**

In allen Szenarien wird bis spätestens 2050 Wasserstoff als neuer Sekundärenergieträger eingeführt. Bei den Rechnungen des IER wird er u.a. aus der Abpufferung der überschüssigen fluktuierenden Stromerzeugung durch Elektrolyse gewonnen und als Brennstoff für Brennstoffzellen auch in Kraft-Wärme-Kopplung benutzt. Dies verhilft dem Wasserstoff auch in solchen Szenarien zum Einsatz, in denen weder KWK- noch REG-Quoten vorgegeben sind (z.B. FNE). WI sieht den Hauptvorteil des Wasserstoffs in seiner Einsatzfähigkeit im Verkehrssektor, dessen klimaschädliche Emissionen aus fossilen Treibstoffen so um das notwendige Maß gesenkt werden können, und zwar über die Annahmen für gesteigerte Effizienz hinaus. Darüber hinaus sieht WI gute und relativ kostengünstige (zunächst keine hohen Infrastrukturaufwendungen) Möglichkeiten, den Wasserstoff durch Beimischung zum Erdgas einzuführen, indem er anteilig in das Erdgasnetz eingespeist wird.

Die notwendige Einführung eines Sekundärenergieträgers, der keine Treibhausgasemissionen verursacht, hier Wasserstoff, oder einer anderen, heute noch nicht etablierten (Speicher-)Technologie zeigt auch auf, dass erhebliche Anstrengungen notwendig sind, um ein nachhaltiges Energiesystem im allgemeinen und die Klimaschutzziele im besonderen zu erreichen. Wenn Wasserstoff zukünftig die Funktion eines Speichers übernehmen soll, der im wesentlichen ohne zusätzliche Treibhausgasemissionen den Umbau zu einer klimafreundli-

chen Energiewirtschaft ermöglicht, sind dafür frühzeitig politische Weichenstellungen notwendig. Sinnvoll erscheint im ersten Schritt eine Erweiterung der Erdgas-Infrastruktur auch für Erdgas-Fahrzeuge als Übergangstechnologie mit der Option eines stetig wachsenden Wasserstoffanteils im Erdgasnetz, bis dann (wegen technischer Eigenschaften) später eine Umrüstung der Infrastruktur notwendig und möglich wird.

### **Nachhaltigkeit der Szenarien sehr unterschiedlich**

In Bezug auf die Verwirklichung der Prinzipien nachhaltiger Energieversorgung müssen die Szenarien unterschiedlich bewertet werden. Zwar erreichen alle die 80% Emissionsreduktion, die meisten weisen aber in anderen Bereichen Defizite auf.

Im Szenario Umwandlungseffizienz (UWE) ist die insgesamt anfallende Menge an Kohlendioxid, die deponiert werden muss, mittel- und langfristig in den bekannten dauerhaft sicheren Lagerstätten nicht unterzubringen. Berücksichtigt man außerdem, dass sich die Technologien zur großflächigen Abtrennung und Endlagerung noch in frühen Entwicklungsstadien befinden, so ist es sehr unsicher, ob die entscheidende technologische Option für diese Szenarien überhaupt bzw. in ausreichendem Umfang verfügbar sein wird. Hinzu kommt, dass diese Option trotz der gegenüber heute weitgehend unveränderten Energieträgerstruktur zu einer erheblichen Umstrukturierung der Energieversorgung, vor allem im Bezug auf die Kraftwerksstandorte führen würde: Viele Kraftwerke müssten, um die Kosten niedrig zu halten, nahe an den Kohlendioxidendlagerstätten gebaut und mit Importkohle betrieben werden. Damit würde der größte Teil der Steinkohle-Stromerzeugung in neu errichteten küstennahen oder anderen norddeutschen Standorten stattfinden. Der breite Einsatz von Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung mit CO<sub>2</sub>-Abtrennung ist in diesem Kontext angesichts der räumlichen Bindung an das Wärmeabsatzpotenzial fraglich.

Im fossil-nuklearen Szenario (FNE) werden bis zum Jahr 2050 mindestens 50 neue Atomkraftwerke gebraucht. Das vom IER einbezogene Konzept der industrienahen nuklearen Wärmeauskopplung mit Reaktoren in der Größenordnung von 100 – 300 MW lässt eine eher noch größere Anzahl (bis zu 100) erwarten. Weder für die heute existierenden, noch für diese Anzahl von neuen Atomkraftwerken ist eine mit Nachhaltigkeitsgrundsätzen vereinbare Entsorgung der radioaktiven Reststoffe möglich. Eine soziale Akzeptanz für einen forcierten Ausbau der Atomenergie ist nicht vorstellbar. Die Risiken für Deutschland durch den Betrieb dieser Anlagen – nicht zuletzt durch die neuen Risiken des internationalen Terrorismus - sind nicht tragbar. Die Kommission sieht daher keine Alternative zum jetzt begonnenen Ausstieg aus der Atomenergie.

Bei den Szenarien, die auf einer REG/REN-Offensive (RRO) aufbauen, ist die Flächennutzung durch die Windenergie und die Nutzung der Biomasse ein Aspekt, der die Nachhaltig-

keit einschränkt. Die Doppelnutzung der Windnutzungsgebiete, ein Biomasseanbau ohne Monokultur und die Berücksichtigung der Ergebnisse der ökologischen Begleitforschung können diese Nachteile relativieren. Die Kommission ist der Ansicht, dass durch die Vielzahl an verschiedenen Technologien zur Effizienzsteigerung und zur Nutzung der erneuerbaren Energien sowie durch die dezentrale Charakteristik vieler erneuerbarer Energietechnologien ein Mix in der Anwendung gefunden werden kann, der diese Belastungen in einem akzeptablen Rahmen hält und durch die Diversifikation der Quellen dauerhafte Stabilität der Versorgung mit Energiedienstleistungen gewährleistet.

### **Kosten der Treibhausgas-Reduktion für Deutschland tragbar**

Ein wesentliches Kriterium bei der Wahl zwischen verschiedenen Entwicklungspfaden sind die gesamtwirtschaftlichen Kosten eines Energiesystems. Bei Szenarien, die weit in die Zukunft reichen, ist dieser Bewertungsmaßstab angesichts der Quantifizierungsprobleme allerdings mit großen Unsicherheiten verbunden.

Die Systemkosten des Referenzszenarios und seiner Variante belaufen sich im Jahr 2010 auf 12,5 % des BIP und gehen bis 2050 auf 9,2 bzw. 9,1 % zurück. In den Zielszenarien ohne Kernenergienutzung erhöht sich dieser Wert um 0,3 (WI-Szenario RRO) bis 1,2 Prozentpunkte (IER-Szenario RRO Var. 1) im Jahr 2050. In den fossil-nuklearen Szenarien bewegen sich die Kostendifferenzen zwischen –0,5 und +0,3 Prozentpunkten gegenüber der Referenz. Damit liegen die Systemkosten des RRO-Szenarios im Jahr 2050 prozentual – gemessen am BIP – etwa auf dem gleichen Niveau wie heute.

Die Betrachtung der Kostendifferenz der externen Kosten gegenüber der Referenz im Jahr 2050 zeigt ein deutlich zweigeteiltes Bild: Während das FNE-Szenario in 2050 deutlich höhere externe Kosten aufweist als die Referenzentwicklung, führen sowohl das UWE als auch das RRO-Szenario gegenüber der Referenz zu einer Kostenreduktion. Die deutlichsten Reduktionen werden dabei im RRO-Szenario beider Institute erreicht.

Bei Berücksichtigung der externen Kosten führt das FNE-Szenario im Bezugsjahr 2050 zu einer Mehrkosten von ca. 26% - 31% gegenüber der Referenz. Demgegenüber ergibt sich für die übrigen Szenarien eine Verringerung von etwa 3% - 5%. Selbst Ansätze für die externen Kosten der Kernenergieerzeugung, die um den Faktor 20 bis 40 unter den Annahmen der Kommissionsmehrheit liegen, führen dazu, dass sich das FNE-Szenario als Szenario mit den höchsten Gesamtkosten (direkten und externen Kosten) ergibt.

Berücksichtigt man die in Kap. 5.2.3 des Endberichts dargestellten Berechnungs- und Interpretationsunterschiede der Gutachter, die unterschiedlichen Basisdatensätze und die unterschiedlichen Ausbaupfade, so ist die Bandbreite der zusätzlichen volkswirtschaftlichen Kosten relativ klein, des weiteren liegen diese Zahlen sehr nahe beieinander und errechnen die

auf die Volkswirtschaft zukommenden zusätzlichen Kosten daher wohl relativ zuverlässig. Vor dem Hintergrund des mit diesen Mehrkosten verbundenen Nutzens – nämlich der Reduktion der Treibhausgasemissionen um 80 % bis 2050 bei Verzicht auf die Kernenergie, der Schaffung von Arbeitsplätzen und Standortvorteilen für zukunftsträchtige Wirtschaftszweige in Deutschland – sind für die Kommission selbst die Maximalwerte gesellschaftlich vermittelbar und akzeptabel. Diese Schlussfolgerung gilt erst recht, wenn die externen Kosten mit ins Kalkül gezogen werden.

### **Nachhaltige Energiewirtschaft durch effiziente Energietechnologien und erneuerbare Energien**

Aufgrund all dieser Überlegungen kommt die Kommission zu der Überzeugung, dass nur ein am Szenario „REG/REN-Offensive“ orientierter Entwicklungspfad als nachhaltig bezeichnet werden kann. Eine Hauptaufgabe von zukünftiger Energiepolitik wird es sein, die heutige Energiewirtschaft und neue Akteure in diesem Transformationsprozess zu begleiten und zu fördern. Integriert man in diese REG/REN-Offensive auch noch Aspekte der Steigerung der Umwandlungseffizienz ohne dabei den Ausbau der erneuerbaren Energietechnologien zu behindern, so wird es noch leichter, den gewünschten Klimaschutzeffekt zu erreichen.

Das Szenario REG/REN-Offensive ist gesellschaftlich und technologisch entwicklungs offen: Wie die Variante 2 dieses Szenarios aufzeigt, ist auch eine volle Versorgung auf der Basis erneuerbarer Energien möglich. Allerdings sollte dieses Ziel angesichts der zusätzlichen hohen Kosten aus heutiger Sicht nicht schon bis 2050 realisiert werden, sofern nicht zusätzliche Kostendegressionen gegenüber den Annahmen erreicht werden. Eine Offensive in den Technologien der erneuerbaren Energien und Effizienztechnologien ermöglicht es jedoch auch, falls notwendig, noch früher mit entsprechender Vorlaufzeit aus der Atomenergie auszustei gen; dies ist somit nicht nur ein gangbarer Weg mit geringen negativen Auswirkungen sondern eröffnet für Gesellschaft, Politik und Wirtschaft neue und große Handlungsspielräume.

## **1.6 Politische Strategien und Instrumente einer nachhaltigen Energiewirtschaft**

Der Strategiediskussion über eine nachhaltig-zukunftsfähige Energiewirtschaft bis zum Jahr 2050 werden einige grundsätzliche Überlegungen vorangestellt: So ist ein wesentlicher Ausgangspunkt die Einsicht, dass die real existierenden Märkte und Wettbewerbsformen keinesfalls in der Lage sind, die mit diesem Konzept verfolgten Zielsetzungen gleichsam „automa-

tisch“ zu erfüllen, sondern dass der Politik explizit neue Aufgaben zugewiesen werden. Zur Umsetzung einer nachhaltigen Energiewirtschaft bedarf es ordnungsrechtlicher, organisatorischer und institutioneller Voraussetzungen sowie finanzieller Transfers und Anschubfinanzierungen. Darüber hinaus müssen nationale Nachhaltigkeitsstrategien unter den Bedingungen der Globalisierung in ihren vielfältigen Dimensionen in internationale Strategien eingebettet werden.

Wie bereits dargelegt wurde, steht die Politik zur Verwirklichung einer nachhaltigen Energiewirtschaft im Spannungsfeld von Umwelt- und Klimaschutz, wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit und sozialen Anforderungen.

Der Klimaschutz erfordert eine ökologische Modernisierung durch eine zielorientierte und langfristig angelegte Umweltpolitik. Dabei ist dem globalen Handlungsdruck Rechnung zu tragen, den die geographisch ungleiche Verteilung von Verursachern und Betroffenen hervorruft. Das Instrument Wettbewerb ist ohne entsprechende Flankierung in Bezug auf langfristige gesellschaftliche Ziele wie Verteilungsgerechtigkeit oder Klimaverträglichkeit perspektivisch blind. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit sozialer und ökologischer Rahmensetzung für die Märkte. Der Umbau des Energiesystems bringt die Umstrukturierung ganzer Wirtschaftszweige mit sich, was sozial flankierende Maßnahmen der Politik erfordert. Liberalisierung und Wettbewerb können die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit durch Anreize für effiziente Lösungen fördern. Bedingungen hierfür sind allerdings Akteursvielfalt und gleichverteilte Marktchancen, Markttransparenz und freier Marktzugang.

Die Kommission verkennt nicht, dass die Erfüllung aller drei Anforderungskategorien – ökologisch, sozial, ökonomisch – zu Zielkonflikten führen kann, doch existiert auch eine Vielzahl sogenannter Win-Win-Optionen wie z.B. bei der Effizienzsteigerung. Ihnen ist Vorrang einzuräumen.

Die Globalisierung von Güter-, Kapital- und Dienstleistungsmärkten sowie die Liberalisierung der Energiemärkte mit den sich daraus ableitenden spezifischen Marktbedingungen werden langfristig prägend sein: Chancen der Globalisierung für den Umbau zu einem nachhaltigen Energiesystem können sich aus der Steigerung von Effizienz und Kostensenkungen, dem größeren Anteil der Entwicklungsländer am Kapital-, Know-How- und Technologietransfer und aus neuen Absatzmärkten für Anbieter von Effizienz- und Regenerativtechnologien ergeben. Problematisch sind dagegen die bisher einseitige Verteilung der Effizienzgewinne vor allem auf die Industrieländer, ein Einflussverlust der Nationalstaaten, die Gefahr des Exports veralteter Technologien in die Entwicklungsländer und die erhebliche Ausweitung des weltweiten Transportaufkommens.

Chancen der Liberalisierung ergeben sich durch das Auftreten neuer Akteure auf den wettbewerblichen Teilmärkten und damit verbunden eine stärkere Kundenorientierung, die Entwicklung neuer Produktangebote sowie die Erschließung von Rationalisierungspotenzialen. Durch technologische Neuerungen kann es darüber hinaus auch zu einer Dezentralisierung der Energiebereitstellung kommen. Nachteile der Liberalisierung sind die Gefahren zunehmender Oligopolisierung der Märkte und strategischen Verdrängungswettbewerbs, der ökologisch effiziente dezentrale Anlagen gefährdet sowie falsche Preissignale an Hersteller und Verbraucher gibt. Auch eine nur auf kurzfristige Wirtschaftlichkeit zielende Forschung und Entwicklungstätigkeit ist bedenklich.

Im Kontext der liberalisierten Energiemärkte kommt dem Staat eine doppelte Rolle zu: einerseits tritt er als Wettbewerbshüter auf, andererseits gestaltet er den Wandel hin zu einer nachhaltigen Energiewirtschaft. Seine Aufgaben umfassen die Wettbewerbssicherung, die möglichst weitgehende Internalisierung externer Effekte, die Formulierung energie- und klimapolitischer Ziele, die Realisierung dieser Ziele durch geeignete Instrumente sowie die Innovationsförderung.

Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energiewirtschaft empfiehlt die Kommission als ersten Schritt eine No-Regret-Strategie, mit der Klimaschutzmaßnahmen bei gleichzeitiger Kosteneinsparung erreicht werden. Diese umfasst insbesondere die Ausschöpfung kostengünstiger Effizienzpotenziale, den Abbau ökologisch schädlicher Subventionen und die Sicherung fairer Marktchancen für klimaverträgliche Anlagen. Strittig ist dabei allenfalls der Potenzialumfang der No-Regret-Optionen, nicht jedoch ihre Existenz.

Weiteres zentrales Element der Nachhaltigkeitsstrategie ist eine innovationsorientierte Technologiepolitik. Schwerpunkte sind dabei die Steigerung der Effizienzgewinne sowie ehrgeizige Nutzungsziele für regenerative Energiequellen. Technologiepolitik soll dazu beitragen, den Qualitäts- und Innovationswettbewerb auf Umwelt- und Klimaschutz hin auszurichten. Durch den weltweit wachsenden Bedarf an Energiedienstleistungen ist davon auszugehen, dass die Regel gilt: Wer sich als erster bewegt, gewinnt („first-mover-advantage“). Ein wichtiger Bestandteil einer derartigen Strategie ist eine aktive Bildungs- und Forschungspolitik.

Dem Staat fällt auf allen politischen Ebenen eine besondere Verantwortung für die Förderung der Aktivitäten im Bereich der rationellen Energienutzung zu, da in diesem Bereich Transaktionshemmnisse ein zentrales Problem darstellen: Trotz häufiger wirtschaftlicher Vorteile ist bei vielen Effizienztechnologien wegen besonderer Markthemmnisse noch keine befriedigende Marktdiffusion gelungen. Dies liegt häufig auch an der schwierigen bildhaften Vermittelbarkeit des Einsparens von Energie im Vergleich mit Energieangebotstechniken. Energiedienstleistungsunternehmen könnten hier durch Optimierung über alle Produktions-

stufen für eine kostenminimale Bereitstellung von Energiedienstleistungen sorgen und eine nachfrageseitige Orientierung bei ihren Kunden vorantreiben.

Die Nutzung erneuerbarer Energien, gekoppelt mit einer um ein vielfaches höheren Energieeffizienz, ist nach Auffassung der Kommission langfristig die einzige Alternative zur Versorgung durch fossile und atomare Energieträger. Ihre Förderung ist in dem Maße konsequent, wie dadurch die Entstehung externer Kosten bei konventionellen Energieträgern vermieden wird oder deren Internalisierung nur unzureichend erfolgt. Art und Ausmaß der Unterstützung sollten dem Entwicklungsstand der jeweiligen Technologien angepasst sein und ihren künftigen Nachhaltigkeitsbeitrag reflektieren.

Als wichtigen Baustein für den Umbau zu einem nachhaltigen Energiesystem sieht die Kommission eine Entwicklung hin zur Dezentralität. Die Stromversorgung aus Großkraftwerken und über landes- und europaweite Verbundsysteme könnte durch dezentrale, in „virtuellen Kraftwerken“ vernetzte Erzeugungseinheiten zunächst ergänzt und schließlich mittel- und langfristig in ihrer derzeitigen Bedeutung abgelöst werden. Da die technischen Innovationserfordernisse und die Liberalisierung der leitungsgebundenen Energiemärkte zeitlich zusammenfallen, ergeben sich bei entsprechender politischer Rahmensetzung Chancen eines tiefgreifenden Umbaus. Vorteile dezentraler Bereitstellungsstrukturen sind eine wachsende Versorgungssicherheit mit Energiedienstleistungen, die Vielfalt neuer Akteure, die in der Energiewirtschaft ein Gegengewicht zur bisher dominierenden Stellung einiger weniger Stromerzeugungsunternehmen bilden können und die Streuung des Investitionsrisikos.

Die Kommission betont, dass eine nachhaltige nationale Energiepolitik in den internationalen Kontext eingebettet werden muss. Im Bereich der Liberalisierungs- und Wettbewerbspolitik empfiehlt sie, EU-weite Regelungen zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung voranzutreiben und zu vereinheitlichen, um inakzeptable Wettbewerbsverzerrungen zu vermeiden. Auf globaler Ebene sind internationale Aktivitäten für nachhaltige Energiesysteme im Rahmen der verschiedenen Prozesse der *Global Governance* zu etablieren und durch neue internationale Rahmenbedingungen zu fördern. Für die nationale Energiepolitik empfiehlt die Kommission gleichwohl eine klare Vorreiterrolle, die durch Best-practice-Beispiele internationale Entwicklungen anstoßen kann: Die nationalen Innovationsfreiräume dürfen daher nicht unangemessen eingeschränkt werden. Die internationale Übertragbarkeit und langfristig vergleichbare Wettbewerbsbedingungen sollen dabei jedoch Prüfsteine bleiben.

Nachhaltigkeitspolitik im Energiesektor muss Strategien und Instrumente mit Bezug auf lange Zeithorizonte und daher für wechselnde Rahmenbedingungen und Unsicherheiten entwerfen. Nach Auffassung der Kommission gelten folgende drei Grundprinzipien für die Aufstellung von entsprechenden Zielen: die Konsistenz der verschiedenen Ziele, der Vorrang

der Verbindlichkeit vor der Anzahl der Ziele und die explizite Begründung aus Nachhaltigkeitssicht in Bezug auf bestimmte Technologien, Energieträger oder Sektoren.

Die Kommission hat aus diesen Überlegungen eine Reihe von energiepolitischen Zielen für Deutschland, zunächst für den Zeithorizont 2020, abgeleitet (siehe Tz. 22). Sie sind als Zwischenziele einer nachhaltigen Entwicklung des Energiesystems bis 2050 zu verstehen.

Ein im Rahmen einer fairen Kooperation organisierter Transfer von Kapital, Technologie und Know-how im Energiebereich aus den Industrieländern in die Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländer ist eine wesentliche Voraussetzung für eine international nachhaltige Entwicklung. Gleichzeitig ergeben sich hieraus wirtschaftliche Chancen für die Industrieländer und für die Lösung von globalen Problemen wie z.B. für die Armutsbekämpfung und den Klimaschutz. Dabei ist eine Strategie anzustreben, die die Chancen für wirtschaftliche und soziale Entwicklung in den Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländern mit den Energie- und Umweltpolitiken der Industrienationen verknüpft. Diese Strategie ergibt sich auch aus der Mitverantwortung der Industriestaaten dafür, dass sich deren Fehler bei der Industrialisierung des Südens nicht wiederholen.

Angesichts des bisher geringen Stellenwerts des Energiebereichs in der internationalen Entwicklungszusammenarbeit muss nachhaltige Energieversorgung neu in den Mittelpunkt der internationalen Entwicklungspolitik rücken. Es gilt, an das Konzept der nachhaltigen Entwicklung konkret angepasste Programme zu entwickeln.

Die Strategie des Finanz- und Technologietransfers sowie der Entwicklungszusammenarbeit sollte je nach Zielland verschiedene Schwerpunkte haben: Effizienzsteigerung in den Transformationsländern, Verbesserung bzw. Aufbau effizienter, erschwinglicher und an Bedürfnisse und Lebensgrundlagen angepasster Versorgung in den Entwicklungsländern.

Eine klimaverträgliche und risikominimierende weltweite Energiepolitik beruht wesentlich auf dem Vorrang der rationellen Energienutzung (REN), der verstärkten Nutzung der Kraft-Wärme/Kälte-Kopplung (KWK/K) und der forcierten Markteinführung der regenerativen Energien (REG). Diese drei Säulen sollen durch einen weltweiten Policy-Mix flankiert werden. Die Enquete-Kommission unterstützt eine Weltenergiestrategie, die das Zusammenwirken von Effizienz und Solarenergie in den Mittelpunkt stellt. Darüber hinaus fordert sie den Aufbau einer internationalen Agentur für Energieeffizienz und Solarenergie, Welteffizienzkonferenzen und neue Prioritäten für Forschung und Entwicklung sowie für die internationale Projekt- und Kreditförderung. Die Vergabe wie auch die Evaluierung der Wirkung öffentlicher Kredite sollte an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichtet werden. Der Know-How- und Kapitaltransfer zur Flankierung einer nachhaltigen Entwicklung im Süden sollte auch auf *Capacity Building*

gerichtet sein, um so Abhängigkeiten abzubauen und alle Faktoren eines sich selbst tragenden wirtschaftlichen Entwicklungsprozesses im Süden zu stärken.

Die Enquete-Kommission beschränkt sich auftragsgemäß darauf, eine Auswahl von Instrumenten zu behandeln. Dabei geht es ihr um eine möglichst prägnante Einordnung, Darstellung und Bewertung weniger Instrumente, die sie auf mittlere Sicht für besonders wichtig und zielführend für eine nachhaltige Energiewirtschaft hält. Der Diskussion vorangestellt sind eine Reihe methodischer Vorüberlegungen. So sind Art, Umfang und Dauer staatlicher Intervention aus dem Grad des jeweils vorliegenden Markt- und Wettbewerbsversagens abzuleiten. Wichtige Gründe für staatliche Intervention sind unter anderem die Bereitstellung öffentlicher Güter, der Abbau von Wettbewerbshemmnissen und die Internalisierung externer Effekte. Die Teilziele der Intervention und die Instrumente werden getrennt diskutiert, so dass die mögliche Ablehnung von Teilzielen dennoch eine separate Diskussion und Bewertung der jeweiligen Instrumente erlaubt.

Die Darstellung der Instrumente folgt zur besseren Vergleichbarkeit so weit wie möglich einem einheitlichen Charakterisierungsschema. Sie werden durch einen Kriterienkatalog bewertet, wobei nur die aus Sicht der Kommission wesentlichen Bewertungskriterien herangezogen werden. Durch einen gezielten Instrumenteneinsatz gilt es, Hemmnisse auf dem Weg zu einem nachhaltigen Energiesystem zu überwinden.

Die Globalisierung ist durch internationale Instrumente zu flankieren. Insbesondere sind die internationalen Rahmenvereinbarungen weiterzuentwickeln sowie die flexiblen Mechanismen im Rahmen des Kioto-Protokolls zu nutzen. Da die projektbasierten Instrumente JI und CDM bei Technologietransfer und der Einbeziehung von Unternehmen eine besondere Rolle spielen können, erscheint der Kommission die Einrichtung eines spezifischen Fonds als besonders geeignet, um die Einführung der projektbasierten Mechanismen des Kioto-Protokolls (DUFleM-Fonds) im Bereich nachhaltiger Technologien zu unterstützen.

Auf EU-Ebene ist ein europäisches Emissionshandelssystem einzuführen, das auch einzelnen Wirtschaftssubjekten offen steht. Allerdings weist die Enquete-Kommission auf einige noch zu lösenden Fragen bezüglich einer fairen Ausgestaltung hin. Spätestens ab Beginn der ersten Verpflichtungsperiode des Kioto-Protokolls soll das Emissionshandelssystem verpflichtend eingeführt sein. Angesichts der hohen Zielerreichung, der hohen Wettbewerbskonformität sowie der guten Flexibilität bewertet die Enquete-Kommission den CO<sub>2</sub>-Emissionshandel gerade für den Bereich der Industrie als ein besonders geeignetes Instrument von Klimaschutzpolitik.

Der EURATOM-Vertrag wird angesichts des beschlossenen Ausstieges aus der Kernenergie in vielen EU-Staaten als anachronistisch angesehen. Die verbleibenden Regelungstatbestände können nach Beendigung des EURATOM-Vertrages in den EG- bzw. den zukünftigen EU-Vertrag überführt werden. Im Bereich der Sicherheitsstandards sind EU-weite Vereinheitlichungen notwendig sowie eine Angleichung der Mitwirkungs- und Entscheidungsmechanismen an die Verfahrensweisen im nicht-nuklearen Sektor. Im Rahmen der Reform des EG-Vertrags soll ein eigenes Kapitel „Nachhaltige Energiepolitik“ geschaffen werden, um diese angesichts der fortschreitenden Integration anderer Politikfelder ebenfalls auf EU-Ebene zu verankern. Dabei sollte auf die Bereiche erneuerbare Energien und Energieeffizienz fokussiert werden, wobei ausreichende Innovationsspielräume für nationale Energiepolitik offen gelassen werden müssen.

Ziel des Einsatzes global steuernder Instrumente auf nationaler Ebene ist vor allem die Schaffung langfristig verlässlicher Rahmenbedingungen für alle Akteure, insbesondere auch in der Wirtschaft. Dabei sind allgemeine Instrumente von klimaspezifischen Instrumenten zu unterscheiden.

Durch eine konsequentere und zielgerichtete Liberalisierung der Strom- und Gasmärkte müssen beispielsweise die Rahmenbedingungen für eine Ausweitung der Akteursvielfalt geschaffen, Marktzutrittsschranken verringert und Transaktionskosten gesenkt werden. Auf Grund einer Vielzahl von Mängeln und Unzulänglichkeiten des deutschen Sonderwegs der Liberalisierung ist das bestehende Energiewirtschaftsgesetz entsprechend zu novellieren.

Wichtig ist auch der Abbau von Subventionen klimabelastender und risikobehafteter Energieträger (Rückführung der Subventionierung heimischer Steinkohle und der Gasölbeihilfe für die Landwirtschaft, Abbau der Steuerermäßigung des Dieselmotors etc). Abzubauen sind auch die Wettbewerbsvorteile durch die Rückstellungen für Entsorgung und Stilllegung bei Kernkraftwerksbetreibern. Stattdessen sind die Rückstellungen in einem öffentlich-rechtlichen Stilllegungs- und Entsorgungsfonds für ihren Verwendungszweck zu sichern.

Als global steuernde klimaspezifische Instrumente bieten sich nach Ansicht der Kommission die Weiterentwicklung der ökologischen Steuerreform zur ökologischen Finanzreform sowie die Unterstützung kommunaler sowie landesspezifischer Klimaschutzaktivitäten an. Dabei soll die hohe Bereitschaft vieler Kommunen, aber auch teilweise von Bundesländern zur Durchführung von Klimaschutzaktivitäten finanziell flankiert werden.

Aus verschiedenen Gründen ergeben sich Grenzen global steuernder Instrumente: So sind die Märkte im allgemeinen wie auch Märkte für Energiedienstleistungen nicht vollkommen, sondern weisen auch jenseits der externen Kosten Defizite wie Informationsasymmetrien

und Marktmacht auf. Darüber hinaus bewirken sie eher kurzfristige Anpassungsreaktionen, so dass sie bei Sektoren mit Schwerpunkt auf der Langfristperspektive oft keine ausreichenden Preissignale setzen. Das Zielspektrum für eine nachhaltige Energieversorgung ist außerdem mehrdimensional und beschränkt sich nicht auf einen Schadstoff (wie z.B. CO<sub>2</sub>) oder Risikobereich (wie die Kernenergie), so dass Anreize, die nur einen Regelungsstatbestand betreffen, nicht ausreichend sind. Im Gegensatz zu aktors-, sektor- oder technologiespezifischen Instrumenten stoßen global steuernde Instrumente auch eher auf politische oder Akzeptanzprobleme.

Auf dem Strommarkt hält die Enquete-Kommission den Einsatz zusätzlicher spezifischer Instrumente für unerlässlich, um folgende drei Teilziele zu verfolgen: Erstens soll der Anteil regenerativer Energien erhöht werden. Zweitens strebt die Kommission einen deutlichen Ausbau des KWK-Anteils an der Stromerzeugung an und drittens muss die Stromeffizienz beim Verbraucher erhöht werden, da durch die Liberalisierung des Strommarktes Einsparbemühungen beim Verbraucher in der Hintergrund getreten sind.

Zur weiteren Förderung der erneuerbaren Energien im Strombereich bieten sich eine Weiterentwicklung des bewährten Einspeisegesetzes und der Kredit- und Förderprogramme für erneuerbare Energien und die Einführung einer Kennzeichnungspflicht für Strom an.

Um der Zurückdrängung der KWK durch den Liberalisierungsprozess zu begegnen, ist am 1. April 2002 das KWK-Gesetz in Kraft getreten. Für den Fall, dass die dadurch beabsichtigte Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 10 Mio. t bis 2005 nicht erreicht wird, hält die Enquete-Kommission als Anschlussregelung die Einführung einer Mengenregelung zur Förderung der KWK für notwendig und zielführend. Sie soll KWK-Anlagen den Marktzutritt ermöglichen und ihnen die Möglichkeit geben, nach Abbau der bestehenden Überkapazitäten und bei reiferem Wettbewerbsmarkt konkurrieren zu können.

Als wichtiger Teil der Strategie einer stärkeren Nachfrageorientierung durch rationelle Energienutzung ist die Verbesserung der Stromeffizienz beim Verbraucher anzusehen, da hier erhebliche Effizienzpotenziale bestehen. Dafür besonders geeignet hält die Enquete-Kommission eine Förderung der beschleunigten Marktdiffusion von Effizienztechnologien durch ein integriertes Forschungs-, Demonstrations- und Weiterbildungsprogramm (RAW I-NE) sowie durch die Einrichtung eines Energieeffizienzfonds. Dieser Fonds ist als unabhängige öffentlich-rechtliche Einrichtung zu konzipieren und dient insbesondere dem Abbau von Markthemmnissen für Effizienztechnologien bei Stromanwendungen sowie der Senkung von Transaktionskosten für die unterschiedlichen Akteure. Von hoher Wirksamkeit erscheint zudem eine Ausdehnung von Labelling und Standards auf bisher noch nicht erfasste Geräte.

Dies ist durch eine entsprechende Novellierung des Energieverbrauchskennzeichnungsgesetzes sowie der Energieverbrauchshöchstwertverordnung zu bewerkstelligen.

Im Wärmemarkt sieht die Kommission Handlungsbedarf auf zwei zentralen Feldern: Zum einen strebt sie eine Senkung des Energiebedarfs durch verbesserten Wärmeschutz der Gebäude in Kombination mit Effizienzverbesserungen der Energiewandleraggregate an. Der Wärmeschutz kann durch eine Weiterentwicklung der Energieeinsparverordnung verbessert werden, wobei es notwendig erscheint, die jeweiligen Anforderungen an den sicherzustellenden Primärenergiebedarf kontinuierlich zu erhöhen. Erfolg verspricht zum anderen die finanzielle Förderung von Maßnahmen zur Energiebedarfsminderung. Dies kann durch die Vergabe zinsverbilligter Kredite für effiziente Gebäudesanierung oder steuerliche Abschreibungsvergünstigungen erfolgen. Flankierend sollten organisatorische und mietrechtliche Verbesserungen in Bezug auf Contracting-Maßnahmen und deren Anwendbarkeit auch im Mietwohnungsbereich gefördert werden. Dadurch können aufgrund bestehender Investitionshemmnisse vielfach ungenutzt bleibende Energieeinsparpotenziale im Gebäudebereich erschlossen werden.

Einen wesentlichen Beitrag zur Minderung der vom Wärmemarkt herrührenden Treibhausgasemissionen kann auch ein verstärkter Einsatz erneuerbarer Energiequellen leisten. Hierzu kommen in erster Linie Solarkollektoranlagen zur Warmwasserbereitung, biomassebefeuerte Heizungsanlagen, Wärmepumpenanlagen und solare Nahwärmesysteme in Betracht. Für die kleineren dezentralen Systeme hält die Kommission eine Förderung analog zum derzeit geltenden Marktanreizprogramm zugunsten erneuerbarer Energiequellen für besonders geeignet, während für die nahwärmeorientierten Systeme neben der direkten finanziellen Unterstützung eine mengenorientierte Regelung zur Unterstützung regenerativer Energien im Wärmemarkt vorgeschlagen wird.

Im Verkehrsbereich wird ein angemessener Beitrag zu den klimapolitischen Zielen dadurch behindert, dass der PKW-Verkehr weiterhin den deutlich größten Beitrag zu den verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht und der Straßengüterverkehr sowie insbesondere der Flugverkehr deutlich wachsen.

Als Ziel hält die Kommission die Reduktion des durchschnittlichen Verbrauchs der PKW-Flotte auf unter 4,5l / 100km bis 2020 für möglich sowie bis 2050 auf unter 2l / 100km. Dazu bedarf es Festlegungen von geeigneten Zielgrößen auf nationalstaatlicher Ebene oder durch die EU, am besten im Rahmen von Vereinbarungen mit der Automobilindustrie. Effiziente PKW sind durch eine differenzierte Besteuerung zu fördern. Tempolimits für PKW und leichte Nutzfahrzeuge vermeiden den überproportionalen Schadstoffausstoß bei hohen Geschwindigkeiten. Die Absetzbarkeit betrieblich genutzter PKW ist auf die wirklich betriebliche Erfordernis zurückzuführen. Die externen Kosten der LKW sollen so weit wie möglich durch Stra-

ßennutzungsgebühren gedeckt werden. Flugverkehr, Bahn und Bus sind bei der Mineralölsteuer gleich zu behandeln.

Im Güterverkehr ist eine EU-weite Verlagerung auf Schiene und Schiff anzustreben. Dies müsste national durch die Internalisierung der externen Kosten im Straßengüterverkehr flankiert werden. Beim Flugverkehr sollte die abgabenseitige Begünstigung der Flugkraftstoffe aufgehoben werden. Wünschenswert wäre auch, die Expansion des Luftverkehrs auf maximal den Umfang zu beschränken, der durch Effizienzgewinne als Folge verbesserten Fluggeräts kompensiert wird.

Wegen der Komplexität des Verkehrsbereichs empfiehlt die Kommission die Einsetzung einer Enquete-Kommission „Nachhaltige Mobilität“ in der nächsten Wahlperiode.

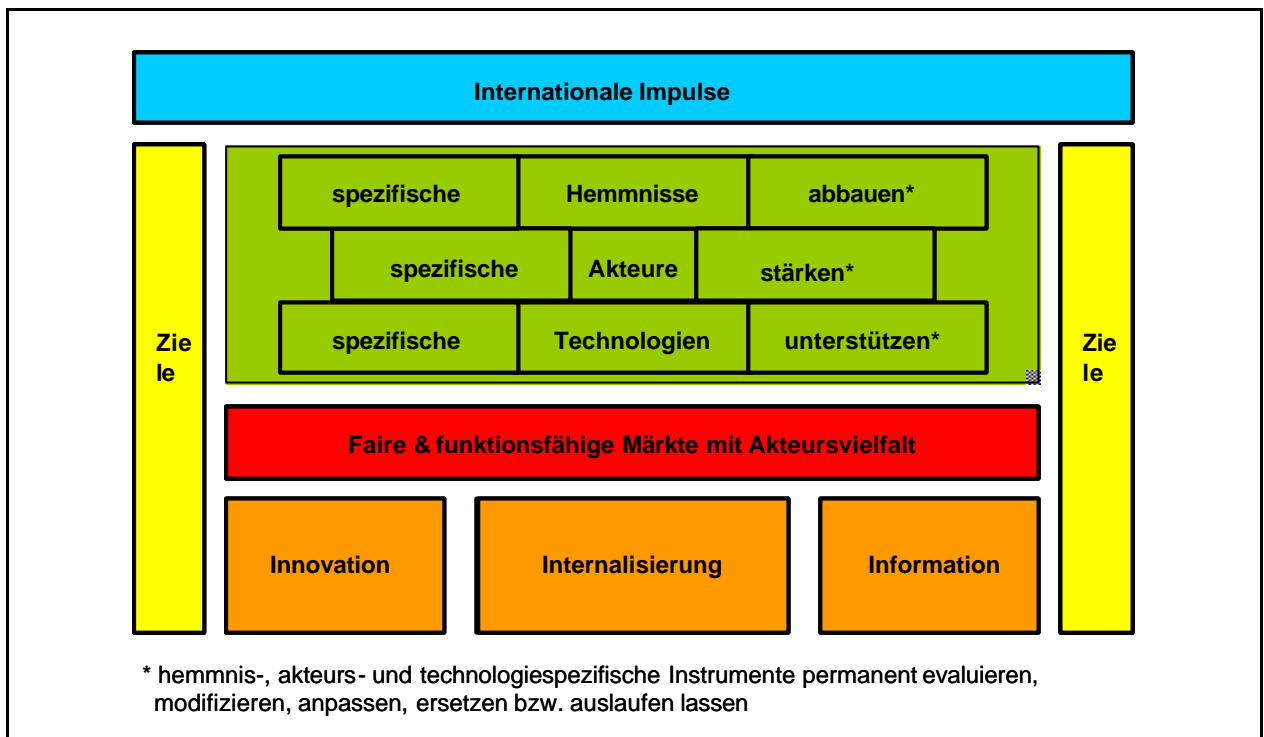
Wegen der großen Rolle technischer, wirtschaftlicher und sozialer Innovationen bei der Gestaltung eines nachhaltigen Energiesystems vertritt die Enquete-Kommission die Ansicht, dass ein nachhaltiges Energiesystem nur dann realisierbar ist, wenn es zu einem zeitnahen Prioritätenwechsel in der Energieforschungsförderung kommt. Die Kommission schließt sich den Kriterien an, die sich in der internationalen Diskussion (z.B. in den Niederlanden) für eine nachhaltige F&E-Politik herausgebildet haben. In Ergänzung zu diesen Punkten hält die Enquete-Kommission es für bedeutsam, die Analyse der Hemmnisse für eine beschleunigte Markteinführung, der Instrumente und Maßnahmen für eine erfolgreiche Markttransformation und der Evaluierung der Wirkungen von neuen Techniken in transdisziplinäre Forschungsprogramme mit einzubeziehen.

Die Bildungs- und Forschungspolitik hat die zentrale Aufgabe, in allen energierelevanten Bereichen technische und soziale Neuerungen durch problemgerechte Rahmenbedingungen anzuregen, so dass der Qualitäts- und Innovationswettbewerb auf Nachhaltigkeitsziele ausgerichtet werden kann.

Darüber hinaus schlägt die Kommission ein integriertes sozialwissenschaftlich-technisches Forschungsprogramm vor, in dem auch die Schnittstelle zwischen Effizienz und Suffizienz zum Thema gemacht wird.

Zur Umsetzung der verschiedenen Strategieelemente bedarf es eines differenzierten Policy-Mix. Dieser Mix enthält einige Elemente, die für ein nachhaltiges Energiesystem konstituierend sind, aber auch Elemente, die sich im Zeitverlauf ändern bzw. auch abgelöst werden können:

Abbildung 1-5: Elemente des Policy-Mix für die Ausgestaltung eines nachhaltigen Energiesystems



(107) Die fortlaufende Anpassung und Optimierung des Policy-Mix ist eine anspruchsvolle Aufgabe, der sich der Staat mit dem Ziel, eine nachhaltige Energiewirtschaft zu entwickeln, zu stellen hat. Ein zielführendes Instrumentenbündel fördert die Funktionsfähigkeit der Märkte. Funktionsfähige Märkte für Energie bilden eine Grundlage und Rahmenbedingung für die Entwicklung eines nachhaltigen Energiesystems. Hierzu muss das gesamte Spektrum der Instrumente zur Schaffung und Absicherung liberalisierter Energiemärkte mit großer Akteursvielfalt Anwendung finden. Unabdingbar sind ebenfalls global marktsteuernde Instrumente zur Internalisierung externer Kosten, eine gezielte Innovationspolitik sowie Instrumente der Information und Motivation, die einerseits die gesellschaftliche Akzeptanz und die gesellschaftliche Tragfähigkeit von Nachhaltigkeitsstrategien im Energiebereich sichern, gleichzeitig aber auch Informationsasymmetrien abbauen, Markttransparenz herstellen sowie zur Senkung von Transaktionskosten beitragen sollen. Komplementär dazu adressieren sektor-, zielgruppen- und technologiespezifische Instrumente spezielle Marktunvollkommenheiten und –hemmnisse, vor allem hinsichtlich der Substitution von Energie durch Effizienztechnologien. Alle Instrumente sind regelmäßig einem Monitoring-Prozess zu unterwerfen, um zu klären, ob die adressierten Hemmnisse noch bestehen und die eingesetzten Instrumente noch angemessen und zielführend sind.

Die Formulierung von globalen und Sektorzielen bildet ein entscheidendes Verbindungselement zwischen klaren Strategien bzw. Entwicklungszielen und einem möglichst flexiblen Instrumenteneinsatz. Die Formulierung, Evaluierung und Erneuerung von Zielen ist damit ein konstituierendes Element des Policy-Mix.

Schließlich bildet die internationale Ebene eine unabdingbare Dimension für nachhaltigkeitsorientierte Politik im Energiesektor. Dies betrifft sowohl die Ausarbeitung von Global Governance-Regimen als auch den gezielten Transfer von Technologien und Politiken in den internationalen Raum, z.B. über die flexiblen Instrumente des Kioto-Protokolls.

Der Instrumentenmix soll bei Formulierung klarer Ziele flexibel gehandhabt werden können. Häufige Instrumentenwechsel sind zu vermeiden. Freiwillige Selbstverpflichtungen als Ergänzung staatlicher Instrumente müssen – bei offensichtlicher Zielverfehlung - einher gehen mit der Option eines zum Einsatz bereiten alternativen Instruments zur Zielerreichung.

## **1.7 Handlungsempfehlungen**

In ihren abschließenden Handlungsempfehlungen schlägt die Enquete-Kommission, basierend auf der systematischen Analyse der Nachhaltigkeitsstrategien und Instrumente, einen

Policy-Mix vor, der besonders geeignet erscheint, den Strukturwandel zu einer nachhaltigen Energiewirtschaft einzuleiten. Der für die Handlungsempfehlungen der Enquete-Kommission gewählte Zeithorizont ist auf eine mittelfristige Perspektive von 10 bis 15 Jahren begrenzt. Oberste Priorität hat im Energiesektor dabei die Ausarbeitung, Stärkung und Umsetzung von operationalisierbaren Nachhaltigkeitsstrategien.

Der Prozess der Liberalisierung sollte durch wettbewerbsermöglichende und -sichernde Regulierungen fundiert werden, um der zu beobachtenden Machtkonzentration und Oligopolbildung entgegenzuwirken und eine größere Akteursvielfalt zu gewährleisten. Darüber hinaus ist sicherzustellen, dass durch die Liberalisierung die ökologischen Leitziele von Nachhaltigkeit nicht in Frage gestellt werden; insofern erfordert die Realisierung von Nachhaltigkeit einen durchsetzungsfähigen Staat, der das Primat der Politik umsetzt.

### **Weiterentwicklung der Liberalisierung:**

Um zu verhindern, dass weitere Marktkonzentrationsprozesse und der Missbrauch bestehender marktbeherrschender Stellungen einen funktionsfähigen Wettbewerb auf den Energiemärkten de facto verhindern, sollten die bestehenden Regelungen eines verhandelten Netzzugangs sowie das Fehlen einer unabhängigen nationalen Regulierungsbehörde zeitnah im Hinblick auf das Ziel eines diskriminierungsfreien Netzzugangs überprüft werden. Die Enquete-Kommission empfiehlt im Falle von ausbleibenden Liberalisierungsfortschritten oder zu geringen Fortschritten in Richtung auf ein nachhaltigeres Energiesystem die gesetzliche Verankerung einer Netzzugangsverordnung sowie die Einsetzung einer ex ante agierenden Wettbewerbsinstanz. Die Regelungen zur Fusionskontrolle sind im Interesse einer größeren Akteursvielfalt zu verschärfen, und die aus Gemeinwohlgründen ggf. weiterhin notwendigen Ausnahmetatbestände müssen durch die Einbeziehung des Parlaments transparenter gemacht und demokratisiert werden.

Angesichts der zunehmenden Marktrisiken (vgl. z.B. den Bankrott des amerikanischen Energieversorgers ENRON) ist eine Neubewertung des Umgangs mit den Rückstellungen der Energiewirtschaft zum Rückbau der Atomkraftwerke vorzunehmen: Die Rückstellungen sollten in einen öffentlich-rechtlichen Fonds überführt werden.

### **Nachhaltige Energiewirtschaft:**

Ohne klare quantifizierte Ziele gibt es keine hinreichenden Maßstäbe, um die Realisierung von Klimaschutzmaßnahmen zu bewerten: Die Bundesrepublik sollte sich verpflichten, auch bei möglicherweise zögerlicher Klimaschutzpolitik anderer Staaten die nationalen Treibhausgasemissionen – auf der Basis von 1990 – um 40% bis 2020 zu reduzieren. Längerfristig

empfiehlt die Enquete-Kommission eine Orientierung Deutschlands an einer Minderung der Treibhausgasemissionen um 50% bis 2030 und 80% bis 2050. Wie die Szenarienrechnungen gezeigt haben, entstehen hierfür keine untragbaren volkswirtschaftlichen Kosten.

Ein wichtiger Baustein für ein nachhaltiges Energiesystem ist nach Überzeugung der Kommission die Dezentralisierung der Versorgungsstrukturen. Die zentralisierten Angebotsstrukturen sind daher durch dezentrale Optionen zu ergänzen und in der längerfristigen Perspektive weitgehend durch dezentrale Angebots- und Netzkonfigurationen abzulösen. Diese Optionen lassen sich mit Hilfe moderner IuK-Technik zu „virtuellen“ Kraftwerken zusammenfassen. Zu diesem Umbau müssen jedoch die regulatorischen Rahmenbedingungen für dezentrale Optionen verbessert werden. Zudem ist der Aufbau der notwendigen Infrastruktur mit gezielten Markteinführungsprogrammen zu unterstützen und voranzutreiben.

Durch die bevorstehenden Investitions- und Erneuerungszyklen des bundesdeutschen Kraftwerksparks (2005-2025) öffnet sich ein Zeitfenster, das genutzt werden muss, um durch temporär verstärkte Anreizsetzung den Durchbruch zu einer Energieeffizienz- und Solarenergiewirtschaft zu erreichen. Die Marktdurchdringung von Kraft-Wärme-Kopplung ist verstärkt durch die Sicherung eines fairen Marktzutritts zu fördern. Das KWK-Gesetz ist – vor allem in Abhängigkeit von der Evaluation im Jahre 2004 – konsequent weiterzuentwickeln, gegebenenfalls durch die Einführung einer Mengenregelung. Zur weiteren Förderung regenerativer Energien im Stromsektor ist die Weiterentwicklung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) und eine Weiterführung von entsprechenden Kreditprogrammen in der augenblicklichen Marktphase ohne Alternative. Für den Wärmebereich empfiehlt die Kommission zunächst die Ausweitung der Förderprogramme bis eine Mengenregelung im Sinne einer Umweltschutzpflicht für die entsprechenden Akteure der Händlerkette fossiler Brennstoffe festgelegt ist.

Angesichts der existierenden Markthemmnisse tritt die Kommission auch für eine entschiedenere Stärkung der Energieeffizienz auf der Nachfrageseite ein. Ein funktionsfähiger Wettbewerb um Energiedienstleistungen muss organisiert bzw. flankiert werden. Dazu ist das derzeit vorrangig angebotsorientierte System der Versorgung mit Energieträgern durch ein stärker nachfrageorientiertes System der Effizienzverbesserung und der volkswirtschaftlich preiswürdigen Bereitstellung von Energiedienstleistungen beim Verbraucher zu vervollständigen. Die vielfältigen Hemmnisse, die den Substitutionswettbewerb zwischen Energieeffizienztechnologien und dem Energieangebot behindern, sind abzubauen.

Zur Gestaltung einer nachhaltig-zukunftsfähigen Energiewirtschaft möchte die Kommission folgende Instrumente als besonders geeignet hervorheben:

Die Ökosteuer ist als aufkommensneutrales Instrument zur Internalisierung externer Kosten weiterzuentwickeln. Der reale Steuersatz sollte kontinuierlich angehoben werden. Durch stetige und langfristige Nachfolgeregelungen sollte neben der Senkung der Bruttolohnkosten die gezielte Nutzung eines Teils des Steueraufkommens für den ökologischen Strukturwandel geprüft werden, so dass daraus eine umfassende ökologische Finanzreform resultiert.

Ein Konzept zur Umsetzung eines Emissionshandelssystems sollte auch in Deutschland zügig entwickelt werden, wobei dessen Umsetzung in den von der Enquete-Kommission beschriebenen Policy Mix integriert werden sollte.

Ein Energieeffizienz-Fonds sollte eingerichtet werden, der gespeist wird aus einer wettbewerbsneutralen Umlage auf die Erlöse der Strom- und Gasnetzbetreiber und/oder aus einem Teil des Aufkommens der Ökosteuer. Daraus sollen wettbewerbliche Kampagnen, Maßnahmen und Programme zur Marktunterstützung von Effizienztechnologien und -dienstleistungen sowie Motivations- und Informationskampagnen finanziert werden. Ausführende Instanz wäre eine marktnah agierende Effizienzagentur nach dem englischen oder dänischen Vorbild.

Ein integriertes Forschungs-, Demonstrations- und Weiterbildungsprogramm des Bundes und der Länder zur „Rationellen und wirtschaftlichen Verwendung von Elektrizität“ (RAWINE) sollte in Anlehnung an das Schweizer RAVEL-Programm und erfolgreiche landespolitische Aktivitäten (in Hessen und NRW) aufgelegt werden

Ein Maßnahmenbündel für nachträgliche Wärmeschutzmaßnahmen im Gebäudebestand und die Einführung von rationeller Heizungs- und Warmwasserbereitungstechnik (verstärkt auf Basis regenerativer Energien) im Rahmen von ohnehin anstehenden Sanierungsmaßnahmen ist besonders dringlich, da hier ein wirtschaftliches CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial von bis zu 50% realisierbar ist.

Anzustreben ist nach Auffassung der Kommission eine Vielfalt regionspezifischer Erzeugungspotenziale, die durch niedrige Zutrittsbarrieren zu den Energie- und Technologiemarkten zu befördern sind. Hierzu sind regional orientierte Akteure wie auch deren Koordinierung innerhalb dezentraler Netzstrukturen zu fördern und dauerhaft zu etablieren. Dafür sind die kleinen Produzenten und Selbstversorger rechtlich und gegenüber etablierten Akteuren des Energiemarktes wirtschaftlich zu stärken.

Die Enquete-Kommission empfiehlt eine forschungs- und bildungspolitische Offensive, deren zentrale Elemente Energieeffizienz Aspekte und erneuerbare Energien sein sollen. Dabei sind auch die durch Verhalten und den Lebensstil beeinflussbaren CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale in

einem integrierten F&E-Programm zu erforschen, das sozial-ökologische und technische Aspekte (d.h. auch Fragen der Effizienz und Suffizienz) miteinander verbindet.

### **Verkehr:**

Die Kommission empfiehlt in der nächsten Legislaturperiode die Einsetzung einer Enquete-Kommission zum Thema „Nachhaltige Mobilität“.

### **Europapolitik:**

Auf europäischer Ebene sind Energiemärkte mit transparenten und gleichen Rahmenbedingungen zu schaffen und gezielt Hemmnisse für die Substitution von Energie durch Effizienztechnologien abzubauen. In einem eigenständigen Energiekapitel des EG- bzw. künftigen EU-Vertrages sind die EU-weite Forcierung der Energieeffizienz und die Förderung regenerativer Energietechnologien zu verankern. Deutschland sollte sich für eine Beendigung des Euratom-Vertrages einsetzen. Einzelne Länder müssen durch Vorreiterrollen und vielfältige Experimente die zum Aufbau eines nachhaltigen Energiesystems notwendigen Innovationen erproben und in breitem Maßstab anwendbar machen. Die Erhaltung bzw. Schaffung solcher nationalen Innovationsspielräume ist ein eigenständiges Element europäischer Energiepolitik.

Die Kommission sieht eine aktive Begleitung der EU-Osterweiterung in energie- und klimapolitischer Hinsicht als vordringlichen Bestandteil deutscher EU-Politik. Die Beitrittsländer müssen mit dem Ziel des Aufbaus einer nachhaltigen Energieversorgung rechtlich, politisch-strukturell und technologisch bei der Umsetzung energiepolitischer Maßnahmen sowie bei der Einführung funktionierender Preis- und Abrechnungssysteme unterstützt werden. Ziel sollte auch in den neuen Mitgliedsstaaten der Ausstieg aus der Nutzung der Atomenergie sein.

### **Internationale Politik:**

Gegenüber den Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländern müssen die Industrieländer eine besondere Partnerschaft im Sinne einer Vorbildfunktion und Vorreiterrolle für die Entwicklung und den Aufbau von Zukunftssystemen entwickeln.

Die nationalen Anstrengungen sind durch einen Finanz-, Technologie- und Know-How-Transfer in Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländer zu flankieren. Dies dient auch der Erschließung von Exportmärkten. Daher empfiehlt die Enquete-Kommission eine Exportoffensive für regenerative Energie- und Effizienztechnologien in Entwicklungs- und Schwellenländer. Auch im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit und der Projektförderung sollen regenerative Energien und Effizienztechnologien eine größere Rolle spielen.

Eine wichtige Rolle wird in jedem Fall der Zusammenarbeit mit den heutigen und zukünftigen Energielieferländern und -regionen zukommen. Die starke Verflechtung der Welt über die globalen Energiemärkte führt dazu, dass politische Instabilitäten in den Energielieferländern und -regionen erhebliche wirtschaftliche und politische Auswirkungen im globalen Maßstab nach sich ziehen können. Dabei stehen vor allem die Folgen von Preisturbulenzen auf den zunehmend integrierten Weltenergiemärkten und weniger die physische Verknappung von Energierohstoffen im Vordergrund. Die Förderung einer partnerschaftlichen Zusammenarbeit für die Erhaltung der wirtschaftlichen und politischen Stabilität sowie für eine nachhaltige Entwicklung in den Lieferregionen wie auch die Flankierung bei der Bewältigung der wirtschaftlichen und politischen Folgen (z.B. für OPEC-Länder) bei einem weltweiten Übergang auf effizientere und erneuerbare Energiesysteme begründen eine neue außenpolitische Dimension von Energiepolitik.