

## 4.4 Zusammenfassung

(1250) Im Mittelpunkt des vierten Kapitels stand die Diskussion eines Referenzszenarios der energiewirtschaftlichen Entwicklung bis zur Mitte dieses Jahrhunderts auf der einen Seite sowie die Analyse der nachfrage- und angebotsseitigen Potenziale zur effizienteren Nutzung der Energie, zum verstärkten Einsatz erneuerbarer Energiequellen und zur Reduktion von Treibhausgasemissionen auf der anderen Seite.

(1251) Das Referenzszenario kommt zu folgenden Ergebnissen:

- Der Primärenergieverbrauch wird – je nach Bewertungsmethode – im Jahr 2050 um 20 bis 24 % niedriger sein als 1990;
- bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen wie bei den Treibhausgasemissionen insgesamt kommt es zu einer Reduktion um größenordnungsmäßig jeweils 30 % und
- bei den übrigen der erfassten Schadstoffemissionen sind sogar – wie bei den NMVOC- und Staub-Emissionen – Rückgänge um mehr als 90 % zu verzeichnen.
- Stark rückläufig werden außerdem die Emissionen von CH<sub>4</sub> (- 87 %), CO und SO<sub>2</sub> (jeweils - 85 %) sowie NO<sub>x</sub> (- 60 %) sein.
- Die Minderung bei den N<sub>2</sub>O-Emissionen mit 14 % fällt vergleichsweise schwach aus.

(1252) Sektoral differenziert ergibt sich unter den Bedingungen des Referenzszenarios für die Veränderungen der CO<sub>2</sub>- sowie der Treibhausgasemissionen insgesamt das folgende Bild: In beiden Fällen ist die relative Emissionsminderung in der Periode von 1990 bis 2050 besonders stark in der Industrie (- 48 %) sowie in den zusammengefassten Bereichen Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (- 36 bzw. 37 %). Am schwächsten ist der Rückgang im Verkehr, dessen Emissionen das 1990er-Niveau bis zum Jahr 2030 sogar noch spürbar überschreiten.

(1253) Vor dem Hintergrund der insbesondere nach 2030 stark sinkenden Einwohnerzahl gehen die Pro-Kopf-Emissionen nur abgeschwächt zurück: So betragen die CO<sub>2</sub>-Emissionen bzw. THG-Emissionen pro Einwohner im Jahr 2050 rund 10,3 t bzw. 10,6 t; gegenüber 1990 bedeutet das zwar eine Minderung um 17 bzw. 19 %, im Vergleich zu 1998 sind es aber lediglich 2 bzw. 4 % weniger. Gemessen an der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung kommt es dagegen zu einer beträchtlichen Emissionsreduktion. So sinkt die gesamtwirtschaftliche Emissionsintensität (Emissionen je Einheit Bruttoinlandsprodukt) von 1990 bis 2050 beim

CO<sub>2</sub> jahresdurchschnittlich um 1,9 % und bei den Treibhausgasemissionen insgesamt um 2,0 %. Im Vergleich zu dem Rückgang im Mittel der Neunzigerjahre (jeweils - 3,1 % p.a.) verlangsamt sich damit der Emissionsrückgang deutlich.

(1254) Die über das gesamte Energie- und Verkehrssystem bilanzierten Kosten (Investitionen, Betriebskosten, Brennstoffe) belaufen sich im Referenzszenario im Zeitraum von 1990 bis 2050 (ohne Berücksichtigung externer Kosten) kumuliert und abdiskontiert auf 2000 auf 10 043 Mrd. Euro (Preisbasis 1998). Ohne Abdiskontierung der laufenden Kosten betragen die kumulierten Kosten 19 198 Mrd. Euro; im Jahresdurchschnitt machen die nicht-abdiskontierten Werte rund 320 Mrd. Euro aus, die für die Befriedigung des Energiedienstleistungsbedarfes in Deutschland unter den Bedingungen des Referenzszenarios aufgebracht werden müssen. Gemessen am mittleren Bruttoinlandsprodukt im Zeitraum von 1990 bis 2050 sind das schätzungsweise etwa 11 %.

(1255) Bewertend kommt die Kommission zu dem Ergebnis, dass das Referenzszenario mit den Anforderungen an eine nachhaltige Energieversorgung und den dazu von der Kommission abgeleiteten Zielen in keiner Weise in Einklang zu bringen ist. Ungeachtet aller Effizienzverbesserungen wird gemäß Referenzszenario die Energieversorgung bis in die Mitte des Jahrhunderts mit einem Anteil von kaum weniger als 90 % des Primärenergiebedarfs von der Dominanz der fossilen Energieträger geprägt sein. Die aus Klimaschutzgründen notwendige Ablösung der fossilen Energieträger ist im Referenzszenario also nicht in Sicht – im Gegenteil. Zugleich bleibt die Abhängigkeit der deutschen Volkswirtschaft von Importenergien sowohl relativ als auch absolut sehr hoch. Unter dem Gesichtspunkt der Versorgungssicherheit und der Risikofreiheit kommt es daher im Referenzszenario eher zu einer Verschlechterung der Situation der Energieversorgung gegenüber der heutigen Ausgangssituation. Allerdings können schon in diesem Szenario zumindest die Risiken aus dem Betrieb der Kernkraftwerke mit deren Stilllegung nach 2020 vermieden werden. Eng verbunden mit der versorgungsseitigen Dominanz der fossilen Energieträger ist die Entwicklung der Treibhausgasemissionen. Zwar gehen die CO<sub>2</sub>-Emissionen wie die Treibhausgasemissionen insgesamt künftig weiter zurück, doch werden sämtliche Emissionsreduktionsziele verfehlt. Das gilt für das nationale Ziel, die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2005 um 25 % gegenüber 1990 zu reduzieren, ebenso wie für die von der Enquete-Kommission für 2020 und 2050 genannten Ziele einer Emissionsminderung um 40 % bzw. 80 %. Im Jahr 2005 klafft zwischen der im Referenzszenario errechneten CO<sub>2</sub>-Emission und dem Emissionsziel eine Lücke von rund 100 Mio. t, die sich bis 2020 auf etwa 240 Mio. t und bis 2050 sogar auf rund 500 Mio. t vergrößert.

(1256) Neben der nach wie vor sehr hohen Beanspruchung der begrenzten Öl- und Gasressourcen muss als die zentrale Verletzung der Nachhaltigkeitskriterien die dramatische

Verfehlung der aus Klimaschutzgründen geforderten Emissionsreduktionsziele angesehen werden. Die Enquete-Kommission zieht daraus den Schluss, dass eine Entwicklung entsprechend dem Referenzszenario wie schon die heutige Energieversorgung nicht nachhaltig ist und keinen akzeptablen Entwicklungspfad für die Zukunft darstellt. Das Ausmaß der Zielverfehlung signalisiert einen beträchtlichen energie- und umweltpolitischen Handlungsbedarf, mit dem sich Politik, Wirtschaft und Verbraucher in den nächsten Jahrzehnten auseinandersetzen haben werden. Um auszuloten, ob es für diesen Handlungsbedarf auch entsprechende Umsetzungspotenziale gibt oder ob er von vornherein durch zu hohe Schranken begrenzt wird, wurden die verschiedenen Sektoren der Volkswirtschaft aus diesem Blickwinkel einer eingehenden Analyse unterzogen.<sup>1</sup>

(1257) Das Ergebnis dieser Analysen fällt – bei allen Unterschieden im Detail – sehr eindeutig aus: Es gibt keinen energiewirtschaftlich bedeutsamen Sektor, in dem nicht noch erhebliche technische Potenziale zur Effizienz- bzw. Energieproduktivitätssteigerung existieren. Es stellt sich somit nicht die Frage, „ob“ Einsparmöglichkeiten vorhanden sind, sondern „wie“ diese realisiert werden können und „welche Ansatzpunkte“ sich für die Gestaltung von Maßnahmen anbieten.

Hierzu einige Beispiele:

- Die Einsparpotenziale, die mit den am Markt verfügbaren Techniken zum verbesserten Wärmeschutz im Wohngebäudebestand erschließbar sind, werden auf rund 70 % veranschlagt.
- Im Nicht-Wohngebäudebereich erscheint es als möglich, den Endenergieeinsatz zur Raumwärmebereitstellung durch Verbesserung der Gebäudehülle bis zur Jahrhundertmitte um mehr als die Hälfte zu reduzieren.
- Durch verstärkten Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen und perspektivisch durch Brennstoffzellen könnten die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Bereich von Gewerbe, Handel, Dienstleistungen bis 2050 um etwa ein Drittel der heutigen Emissionen dieses Sektors gemindert werden.
- Allein durch die Vermeidung des von Stand-by-Schaltungen verursachten Stromverbrauchs ließen sich etwa 15 bis 20 Mrd. kWh einsparen und bei diversen Elektrogeräten wird mit Einsparmöglichkeiten durch besonders effiziente Neugeräte in Größenordnungen von 60 bis 80 % gerechnet.

---

<sup>1</sup> ISI-STE (2001) im Auftrag der Enquete-Kommission, Prognos (2002)

- Gegenüber dem Trend lassen sich in den nächsten beiden Jahrzehnten etwa 20 % des industriellen Energieeinsatzes durch Ausschöpfung der „heute unmittelbar verfügbaren technischen Lösungen“ verringern. Die größten spezifischen und absoluten Einsparpotenziale finden sich dabei im Bereich der Querschnittstechniken. Neben den einzeltechnologiebezogenen Optionen liegt allerdings ein erheblicher Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz in der Industrie, in der Verfahrenssubstitution und Produktsubstitution, wodurch Potenziale von meist 30 bis 80 % realisiert werden können. Große Potenziale bietet auch die integrale Planung und Optimierung der industriellen Wärme- und Kälteversorgung innerhalb von Betrieben und durch Kooperation zwischen Unternehmen.
- Im Verkehrssektor lassen sich erhebliche Einsparpotenziale durch die Verbesserung der Fahrzeugtechnik und der konventionellen Antriebe nutzbar machen. Bei Ottomotoren werden Verbesserungen des spezifischen Verbrauchs um bis zu 35 % für möglich gehalten. Konzeptstudien lassen erkennen, dass insbesondere durch Ansätze zu radikalem Leichtbau der Verbrauch drastisch gesenkt werden kann. Neue Antriebe und alternative – fossil sowie regenerativ basierte – Kraftstoffe eröffnen erhebliche zusätzliche Möglichkeiten zur Kraftstoffverbrauchsminderung und Emissionsreduzierung.
- Neben den technischen Einsparpotenzialen eröffnet die Beeinflussung der Nachfrageentwicklung und des individuellen Verhaltens im Verkehrssektor – z.B. Fahrverhalten, Verkehrsmittelwahl (Änderung des modal split) und Verkehrsvermeidung (auch durch den verstärkten Einsatz von IuK in Wirtschaft und Gesellschaft) – große Möglichkeiten mit Blick auf die Minderung von Kraftstoffverbrauch und Emissionen.
- Beträchtliche Spielräume für eine effizientere und klimaverträglichere Energiebereitstellung existieren bei der Stromerzeugung, die innerhalb des Umwandlungssektors von herausragender Bedeutung für den Energieeinsatz und die Treibhausgasemissionen ist. Durch technische Verbesserungen im konventionellen Bereich, durch neue technische Konzepte sowie durch Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung – und hier insbesondere die Brennstoffzelle – lässt sich die Umwandlungseffizienz wesentlich erhöhen; durch Wechsel zu emissionsärmeren oder emissionsfreien Energieträgern kann erheblich zur Emissionsminderung beigetragen werden.
- Weitgehend ungeklärt sind demgegenüber die Perspektiven für die CO<sub>2</sub>-Abtrennung und -Deponierung; vieles deutet aber darauf hin, dass diese Option in jedem Fall nur einen quantitativ und zeitlich deutlich begrenzten Wirkungsbeitrag zum Klimaschutz erbringen kann.

- Nicht zu übersehen sind die großen Energieeffizienzpotenziale, die in Zukunft durch verstärkte Kreislaufwirtschaft, bessere und neue Materialeigenschaften sowie durch eine intensivere Produktnutzung erschließbar sind. Der Steigerung der Materialeffizienz und der intelligenten Materialsubstitution wird eine wachsende Bedeutung zukommen.

(1258) Mittelfristig können die erneuerbaren Energiequellen einen entscheidenden Beitrag zum Übergang zu einer nachhaltigen Energieversorgung leisten. Allerdings wird dies nur möglich sein, wenn es schon heute für eine längere Übergangszeit zu einer wesentlich alle erneuerbaren Energiequellen umfassenden politischen Flankierung kommt. Es steht eine breite Palette an Energiequellen und technischen Nutzungssystemen zur Verfügung: Durch Nutzung von Biomasse können Strom, Wärme und Brennstoffe (auch Kraftstoffe für den Verkehr) bereitgestellt werden; solarthermische Kraftwerke und photovoltaische Systeme liefern Strom aus dem Sonnenlicht, Solarkollektoren erlauben die Bereitstellung von Wärme und Kälte für Haushalte, Gewerbe und Industrie, Wind und Wasserkraftwerke erzeugen Strom (aus der Kombination von Strahlungsenergie und Gravitation), solare Architektur stellt ein angenehmes „Ambiente“ für das Wohnen, Leben und Arbeiten bei minimiertem Energiebedarf durch integrierte Planung und intelligente Verknüpfung technischer und „natürlicher“ Komponenten bereit und schließlich stellen geothermische Kraftwerke und Wärmepumpen bisher ungenutzte Wärmepotenziale zur Erzeugung von Strom, zur Beheizung und Kühlung bereit. Potenzialstudien zeigen, dass alle erneuerbaren Energiequellen zusammen genommen durchaus in der Lage sind, den Energiebedarf in Deutschland zu decken; unter volkswirtschaftlichen Aspekten ist daher die Erschließung der Kostendegressionspotenziale durch Technikentwicklung von großer Bedeutung.

(1259) Die existierenden und absehbaren Potenziale und Optionen der rationellen Energienutzung und Energiebereitstellung sowie der Einsatzchancen insbesondere von erneuerbaren Energiequellen lassen erkennen, dass es eine Vielzahl von primär „technischen“ Lösungen in Richtung einer nachhaltigen Energieversorgung gibt. Von ebenso großer Bedeutung könnten aber auch die von Verhalten und Lebensstil abhängigen Potenziale einer nachhaltigen Energienutzung sein. Anders als die technischen Lösungswege, für die umfangreichste Analysen vorliegen, sind viele der Fragen des energiebezogenen Nutzerverhaltens wie von Suffizienzstrategien empirisch bisher nur wenig erforscht. Die Kommission misst diesem Komplex mit Blick auf den potenziellen Zielerfüllungsbeitrag für eine nachhaltige Energieversorgung eine erhebliche Bedeutung zu.

(1260) Die Analysen der technischen Potenziale und Optionen haben auch gezeigt, dass es in nahezu allen Sektoren mehr oder weniger ausgeprägte Hemmnisse gibt, die der Erschließung im Wege stehen. Vor diesem Hintergrund muss die Überwindung solcher

Hemmnisse ein zentrales Element einer jeden Nachhaltigkeitsstrategie sein. Dazu haben die Sektoranalysen auch bereits zahlreiche Anhaltspunkte geliefert.

(1261) Insgesamt zieht die Kommission aus den Potenzialanalysen den Schluss, dass aus technisch-wirtschaftlicher Sicht eine nachhaltige Energieversorgung entsprechend ihrem Zielsystem realisierbar ist. Entsprechende Szenarien, wie sie in dem nachstehenden Kapitel 5 für unterschiedliche Konstellationen beschrieben werden sollen, dürften von daher jedenfalls nicht auf technische Schranken stoßen.

(1262) Bei dieser Bewertung ist nach Auffassung der Kommission auch zu berücksichtigen, dass das Referenzszenario die mit der Energieversorgung verbundenen externen Kosten grundsätzlich nicht berücksichtigt. Das bedeutet auch, dass aus gesamtwirtschaftlicher Sicht ein solches Szenario ohnehin nicht beanspruchen kann, effizient im Sinne einer optimalen Allokation der Ressourcen zu sein. Ungeachtet der Tatsache, dass selbst die Einbeziehung der externen Kosten in alle Entscheidungsprozesse der Wirtschaftssubjekte aufgrund vielfältiger anderer Hemmnisse, Marktunvollkommenheiten und Machtstrukturen auf den Energiemärkten für sich allein noch nicht zu solchen optimalen Resultaten führen würde, kommt für die Kommission einer Internalisierung der externen Kosten eine zentrale Bedeutung für die Herausbildung einer nachhaltigen Energieversorgung zu. Dies beinhaltet gleichzeitig auch einen an die Relation der externen Kosten angepassten wirtschaftlichen Strukturwandel.