

Analyseraster der Enquete-Kommission
 "Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der
 Globalisierung und der Liberalisierung"

Stand: 2.April 2001

1. Definitionen _____	1224
1.1 Energieeinsparung und Rationelle Energienutzung _____	1224
1.2 Theoretisches Potenzial technischer Maßnahmen zur Energieeinsparung _____	1229
1.3 Theoretisches Potenzial von Energietechniken _____	1229
1.4 Technisches Potenzial der Energieeinsparung _____	1229
1.5 Technisches Potenzial von Energietechniken _____	1229
1.6 Technisches Potenzial der CO₂-Minderung _____	1230
1.7 Wirtschaftliches Potenzial rationeller Energienutzung _____	1230
1.8 Wirtschaftliches Potenzial von Energietechniken _____	1230
1.9 Wirtschaftliches Potenzial der CO₂ -Minderung _____	1231
1.10 Erwartungspotenzial rationeller Energienutzung _____	1231
1.11 Erwartungspotenzial von Energietechniken _____	1232
1.12 Verhaltens- und strukturbedingte Potenziale _____	1232
1.13 Hemmnisse _____	1232
1.14 Effizienz und Effektivität _____	1233
1.15 Einheiten _____	1234
2.1 Energieeinheit _____	1234
2.2 Energieeinheit Strom _____	1234
2.3 Leistungseinheit _____	1234
2.4 Emissionseinheit _____	1234
2.5 Währungseinheit _____	1234
2.6 Zeiteinheit _____	1234
2.7 Spezifische Kosten _____	1234
2.8 Spezifische Kosten Strom _____	1235
2.9 Spezifische Minderungskosten _____	1235
2.10 Vorsatzzeichen _____	1235
3 Orientierungsgrößen _____	1235
3.1 Energieverbrauchsmatrix für das Jahr 1998 _____	1235
3.2 Emissionen und Spezifische Emissionsfaktoren _____	1235
3.3 Basisjahr _____	1236
3.4 Betrachtungszeitraum _____	1236

3.5 Bevölkerungsentwicklung	1236
3.6 Entwicklung des Bruttosozialproduktes und der Wirtschaftsstruktur (Orientierungswerte)	1237
3.7 Wechselkursentwicklung	1238
3.8 Mittel- und langfristige Entwicklung der Energieträgerpreise	1238
3.9 Mittel- und langfristige Entwicklung des Verkehrs	1240
4. Wirtschaftlichkeitsberechnungen	1241
4.1 Investitionskosten	1241
4.2 Preis- bzw. Kostenangaben	1241
4.3 Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung	1241
4.4 Abschreibungsdauer	1244
4.5 Diskontrate	1244
5 Weitere Vorgaben	1244
5.1 Zu betrachtende klimawirksame Emissionen	1244
5.2 Weitere quantitativ zu betrachtende Nachhaltigkeitsindikatoren	1244
Literatur	1245

1. Definitionen

(1) Die folgenden Begriffe wurden als Grundlage aller Studien definiert. Die Punkte 1.1 bis 1.11 versuchen, die Potenziale allgemein zu strukturieren. Sie werden jeweils technologie-spezifisch unterschiedlich nutzbar sein. Generell sollten Potenziale wenn möglich für 1998 und künftige Zeitpunkte 2005, 2010, 2020, 2030, 2050 angegeben werden.

1.1 Energieeinsparung und Rationelle Energienutzung

(2) In Anlehnung an das VDI-Lexikon Energietechnik wird folgende Begriffsbestimmung verwendet:

Energieeinsparung: Reduzierung des Energieverbrauchs einer Anlage, eines Verbrauchers, einer Verbrauchergruppe oder einer Volkswirtschaft gegenüber einer Referenzperiode oder einem Referenzverlauf.¹ Darunter wird im weiteren neben dem i. a. geringeren Energieeinsatz einer neuen bzw. anderen Technik bei gleichem Output oder Nutzen, auch eine Minderung des Energieverbrauchs durch eine Veränderung bzw. Reduktion der Nachfrage nach

Energiedienstleistungen (Verhaltens- und Strukturänderungen, Vermeidung und Verzicht) verstanden.

Rationelle Energienutzung bzw. -verwendung: Rationelle Energieverwendung (bzw. -nutzung) ist jene, die bei Berücksichtigung energetischer, ökonomischer und ökologischer Gesichtspunkte optimal erfolgt.¹ Im weiteren wird rationeller Energieeinsatz so verstanden, dass er insbesondere alle Energieeinsparmöglichkeiten umfasst, die wirtschaftlich rentabel sind.

(3) Im Bereich der Endenergiesektoren ist der Output oder Nutzen beispielsweise

- eine Nutzenergiemenge (z.B. Raumwärme),
- eine Produktmenge (z.B. Tonnen Stahl oder Euro Nettoproduktion) oder
- eine Energiedienstleistung

Zur Definition des Begriffs „Energiedienstleistungen“

(4) **Energiedienstleistungen** sind die aus dem Einsatz von Nutzenergie und anderen Produktionsfaktoren befriedigten Bedürfnisse bzw. erzeugten Güter.² Energiedienstleistungen sind z.B. Beleuchtung mit einem ausreichenden Niveau, warme Räume (z.B. in kWh/qm/Jahr), angemessen gekühlte Lebensmittel, Transport (z.B. in Pkm oder tkm) oder Herstellung von Produkten (z.B. in Tonnen).³ Die Bereitstellung von Energiedienstleistungen erfordert eine Kombination von einem Energienutzungssystem, einer Energiewandlertechnik und Endenergie sowie ggfs. auch von anderen Gütern, Faktoren und Dienstleistungen (z.B. Beratung, Management).

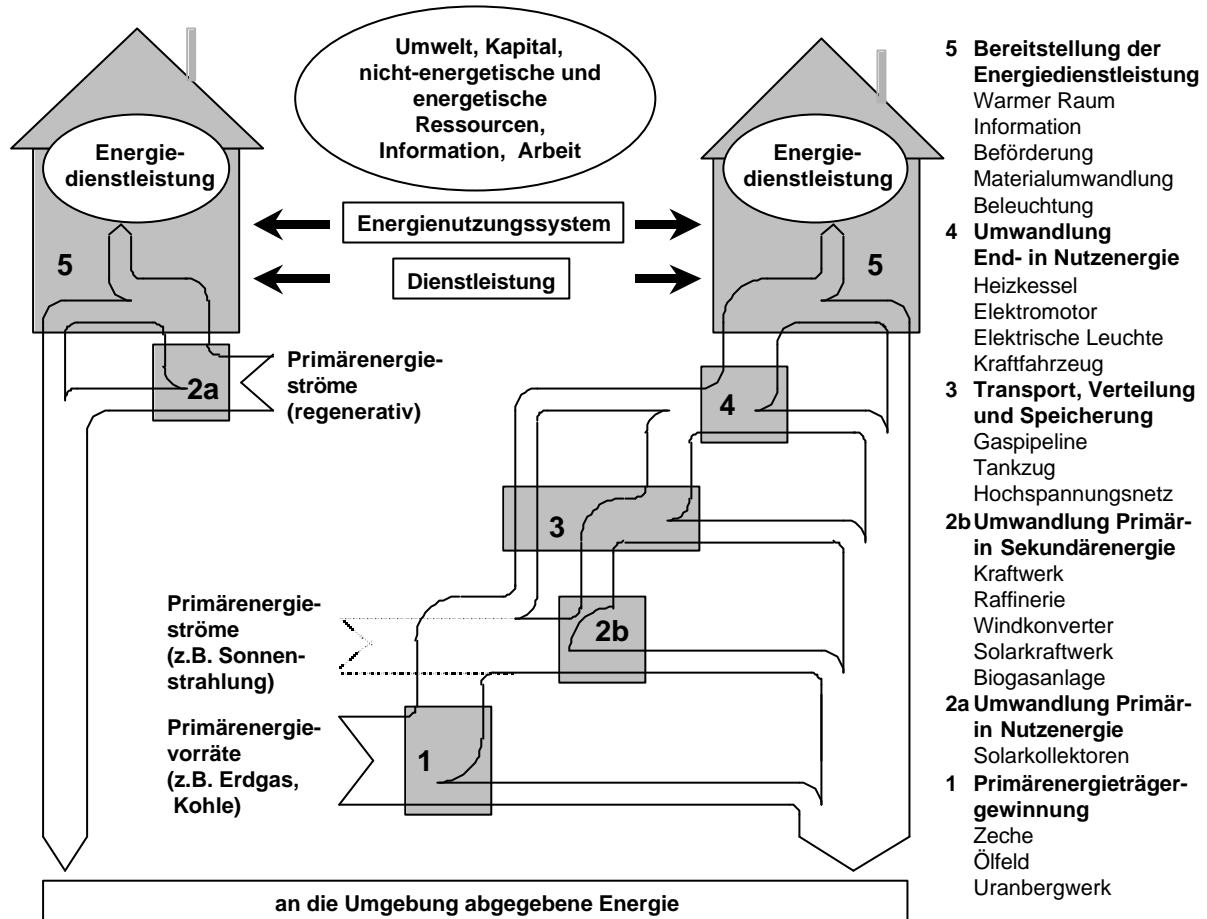
¹ Schaefer, H. (Hrsg.): VDI-Lexikon Energietechnik, VDI-Verlag, 1994

² VDI Richtlinie 4661: Energiekennwerte. Definitionen - Begriffe - Methodik

³ Vergl. z.B. Swisher/Jannuzzi/Redlinger 1997, 208; cf. also Reddy/Williams/Johansson 1997, and Nakiceno-vic/Grübler/McDonald 1998.

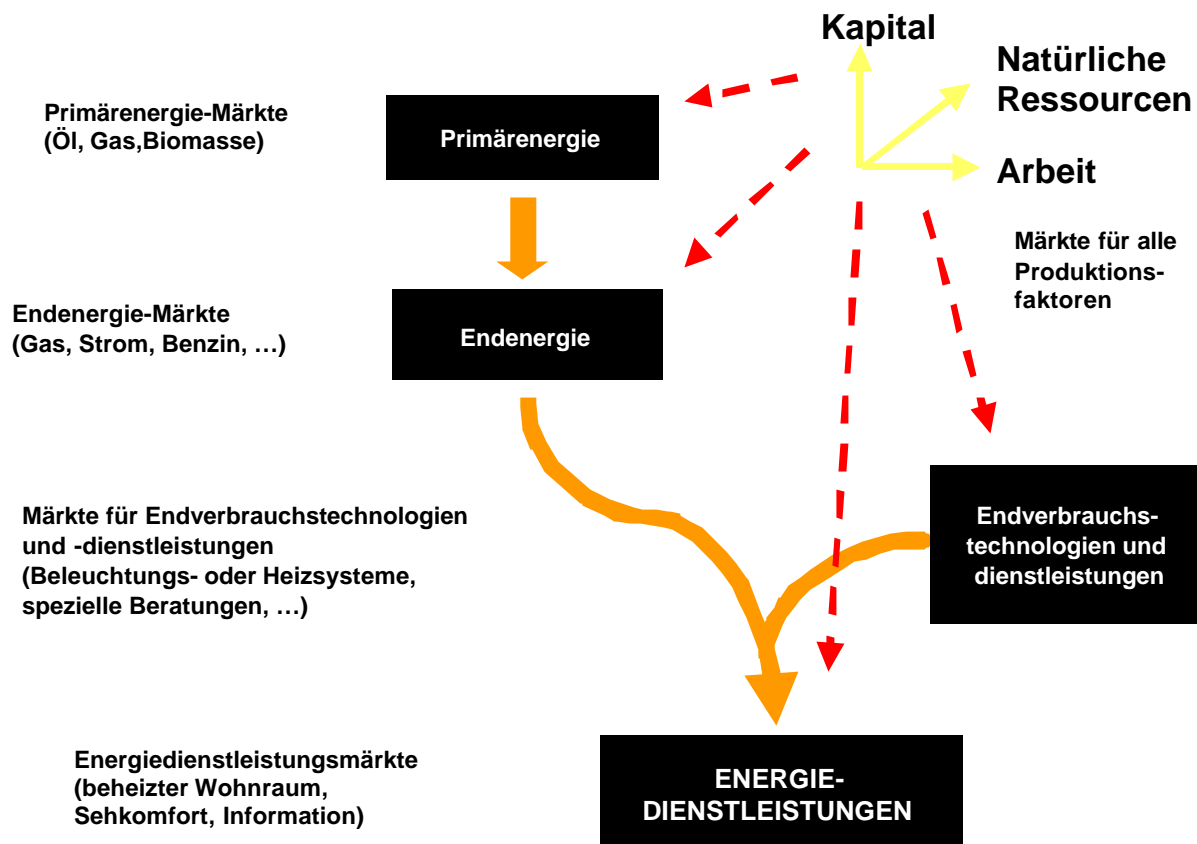
(5) Die folgende Abbildung 1 stellt die technische Umwandlungskette von der Primärenergie bis zum Nutzen dar.

Abb. 1: Energiedienstleistungen



(6) Die Energiedienstleistung „warme Räume“ wird z.B. durch die Umwandlung von Endenergie (z.B. Erdgas, Öl) durch eine Wandlertechnologie (z.B. Heizkessel) innerhalb eines Gebäudes als Energienutzungssystem (z.B. mit Niedrigenergiehaus-Standard) bereitgestellt. Die Bereitstellung von Energiedienstleistungen ist **im technischen Sinne energieeffektiv**, wenn durch entsprechende Technologien, Prozessführung, Gebäude oder Dienstleistungen ein möglichst geringer Aufwand an Primärenergie für einen jeweils definierten Nutzen anfällt; energieeffektive Technologien und Dienstleistungen sind ihrerseits Kombinationen der Produktionsfaktoren Kapital, Arbeit (Humankapital, Know-How, Verhalten) und natürlicher Ressourcen (siehe Abbildung 2).

Abbildung 2: Das Zusammenwirken von Produktionsfaktoren und Märkten bei der Bereitstellung von Energiedienstleistungen



(7) Diese Definition von Energiedienstleistungen ist von anderen oder erweiterten Definitionen wie z.B. den energienahen Dienstleistungen zu unterscheiden.

(8) **Energienahe Dienstleistungen** können allen Verbrauchern in Verbindung mit der Nutzung von Energie angeboten werden. Zu den energienahen Dienstleistungen gehören einerseits Dienstleistungen auf der Angebots- und Nachfrageseite, die **unabhängig von einer Energielieferung** erbracht werden können (z.B. Wartung und Reparatur von Energieanlagen), darunter insbesondere Energieeffizienz-Dienstleistungen (z.B. Energiespar-Contracting, Beratung zu oder Finanzierung von energieeffizienten Geräten und Anlagen). Andererseits umfassen energienahe Dienstleistungen auch Systemdienstleistungen wie Frequenzstabilisierung und Spannungshaltung beim Strom sowie die Verbrauchsmessung, Zählerablesung und Abrechnung, die als Paket „Energie plus Dienstleistungen“ in direktem Zusammenhang mit einer Energielieferung oder einem Strom/Gas/Fernwärmenetzbetrieb erbracht werden.⁴

⁴ Die Welthandelsorganisation WTO verwendet z.B. für ihre Zwecke einen erweiterten Begriff von Energiedienstleistungen: der Transport und die Lieferung von Energie werden als „Dienstleistungen“ klassifiziert (im

(9) Es ist auch möglich, **Energiedienstleistungen zu verkaufen**. So kann die Energiedienstleistung „Beleuchtung eines Gebäudes“ durch ein Paket aus Beleuchtungstechnologie, Wartung und Instandhaltung sowie Strom bereitgestellt und auf der Basis von DM/m²/Jahr verkauft und abgerechnet werden. Oder: Kühlen und Gefrieren im Haushalt kann auf Basis einer Monatsrate abgerechnet werden, die die Gerätemiete, Wartung und Instandhaltung sowie Strom enthält. Die Bereitstellung und der Verkauf von Energiedienstleistungen bilden das Geschäftsfeld von Energiedienstleistungsunternehmen.

(10) Bei Analysen der Energiewirtschaft werden Kosten- und Wettbewerbsfragen häufig nur für Märkte diskutiert, die bei der **Bereitstellung von Endenergie** (z.B. kostenminimale Bereitstellung von Elektrizität oder von Wärme) enden. In der Realität werden aber zunehmend auch Energiedienstleistungen vermarktet. In wirtschaftstheoretischer Sicht gilt bei **Märkten für Energiedienstleistungen**, dass nur eine simultane Optimierung für die Energiedienstleistungen in ihrer Kombination von Energienutzungssystem, Energiewandlertechnik, Endenergie und ggf. anderen Dienstleistungen zu einer effizienten Allokation der Ressourcen, d.h. zu einer kostenminimalen Bereitstellung von Energiedienstleistungen (*“least cost”*) führt.

(11) In wettbewerbstheoretischer Hinsicht wird also durch Märkte für Energiedienstleistungen der **direkte** Wettbewerb zwischen unterschiedlichen Anbietern von Endenergie (z.B. „Strom zu Strom“-Wettbewerb) erweitert um den **Substitutionswettbewerb** zwischen Anbietern von Endenergien (z.B. Strom, Erdgas, Heizöl) gegenüber den **Anbietern von Effizienztechniken** (z.B. bessere Wärmedämmung, effizientere Beleuchtung oder verbesserte Heizanlagen) oder anderen Dienstleistungen (z.B. Energiemanagement).

(12) Der Begriff "rationelle Energienutzung" umfasst somit

- sowohl die Verminderung von Enthalpie- und Exergieverlusten
- als auch die Verminderung des spezifischen Nutzenergiebedarfes. Er umfasst nicht die Verminderung von Energiedienstleistungen. Der Begriff "Energieeinsparung" umfasst sowohl die rationelle Energienutzung, wie oben definiert, als auch die Verminderung von Energiedienstleistungen (durch z.B. Vermeidung und Verzicht).

Unterschied zur Stromerzeugung, die von der WTO als „Produktion“ eingeordnet wurde). Teilweise werden auch jede Form von Transport oder die Lieferung von Strom oder Gas als „Energiedienstleistungen“ bezeichnet. Nach der hier vorgeschlagenen Definition handelt es sich dabei jedoch um die Bereitstellung von **Endenergie**, nicht von Energiedienstleistungen.

1.2 Theoretisches Potenzial technischer Maßnahmen zur Energieeinsparung

(13) Dieses Potenzial umfasst neben den technischen Potenzialen jene Verminderungen des Energieeinsatzes, die mit heute noch nicht konkretisierten Techniken, aber mit technologisch fundierten Kenntnissen geschätzt werden können. Sie betreffen in der Regel Aussagen wie z.B. über Verminderungen des Nutzenergiebedarfs durch Veränderungen der Aktivierungsenergien (z.B. durch Katalysatoren, Enzyme u.a.), durch Kreislaufschließung, durch den Einsatz erhöhter Anteile von Sekundärrohstoffen oder durch Prozesssubstitutionen.

1.3 Theoretisches Potenzial von Energietechniken

(14) Das theoretische Potenzial bezeichnet im Falle einer Energiequelle das physikalische Dargebot, z.B. die potenzielle Energie aller Flüsse eines Landes.

1.4 Technisches Potenzial der Energieeinsparung

(15) Das technische Potenzial der Energieeinsparung umfasst jene Verminderungen des Energieeinsatzes, die mit heute bekannten Techniken unter Einschluss von Systemlösungen realisierbar sind. Eine wirtschaftliche Beurteilung der technischen Potenziale wird im Rahmen der Analyse der wirtschaftlichen Potenziale erfolgen. Nach Möglichkeit soll das technische Potenzial auch in Abhängigkeit von den Kosten je eingesparter Energieeinheit (kWh) als Kostenfunktion angegeben werden.

1.5 Technisches Potenzial von Energietechniken

(16) Das technische Potenzial von Energietechniken beschreibt das "technisch Machbare" auf Basis des derzeitigen Standes der Technik und der zu erwartenden Entwicklung unter Darstellung des theoretischen Potenzials. Insbesondere sind auch die Potenziale von Systemlösungen zu betrachten, unter Berücksichtigung von

- den verfügbaren Nutzungstechniken und ihrer Nutzungsgrade,
- der Höhe, dem zeitlichem Verlauf und der räumlichen Verteilung von Energiedargebot und -bedarf,
- der Verfügbarkeit von Standorten und konkurrierenden Nutzungen sowie
- strukturellen und ökologischen Beschränkungen.

(17) Nach Möglichkeit soll das technische Potenzial auch in Abhängigkeit von den Kosten pro erzeugter kWh als Kostenfunktion angegeben werden.

1.6 Technisches Potenzial der CO₂-Minderung

(18) Das technische Potenzial der Maßnahmen zur Verminderung (Vermeidung) von energiebedingten klimarelevanten Spurengasen beschreibt das "technisch Machbare" unter Berücksichtigung von

- den verfügbaren Nutzungstechniken und ihrer Nutzungsgrade,
- der Höhe, dem zeitlichem Verlauf und der räumlichen Verteilung von Energiedargebot und -bedarf,
- der Verfügbarkeit von Standorten und konkurrierenden Nutzungen sowie
- strukturellen und ökologischen Beschränkungen.

(19) Die Auftragnehmer sollen ein geeignetes, aber zu benennendes Bezugssystem verwenden. Nach Möglichkeit soll das technische Potenzial auch in Abhängigkeit von den Kosten je vermiedener Einheit von CO₂ als Kostenfunktion angegeben werden.

1.7 Wirtschaftliches Potenzial rationeller Energienutzung

(20) Das wirtschaftliche Potenzial rationeller Energienutzung umfasst jene Verminderung des Energieeinsatzes, die mit heute einsatzfähigen Technologien und mit den während des Betrachtungszeitraums erwarteten Energiepreisen gesamt- bzw. einzelwirtschaftlich, bezogen auf die Nutzungsdauer, als rentabel bezeichnet werden kann.

(21) Da es das Ziel der Studien ist, der Politik Handlungsempfehlungen zu geben, ist es wünschenswert, dass das wirtschaftliche Potenzial möglichst in Abhängigkeit von den Energiepreisen ausgewiesen wird. Zusätzlich sollen die Auswirkungen von Markteinführungsstrategien sowie von Lerneffekten auf das wirtschaftliche Potenzial diskutiert werden.

1.8 Wirtschaftliches Potenzial von Energietechniken

(22) Das wirtschaftliche Potenzial von Energietechniken beschreibt den Beitrag von Techniken, der erreicht würde, wenn alle gesamt- bzw. einzelwirtschaftlich konkurrenzfähigen Maßnahmen durchgeführt werden.

(23) Da es das Ziel der Studien ist, der Politik Handlungsempfehlungen zu geben, ist es wünschenswert, dass das wirtschaftliche Potenzial möglichst in Abhängigkeit von den Ener-

giepreisen ausgewiesen wird. Zusätzlich sind die Auswirkungen von Markteinführungsstrategien sowie von Lerneffekten zu diskutieren.

(24) Zum Wirtschaftlichkeitsvergleich sind die später beschriebenen Kostenrechnungsmodalitäten zur Ermittlung der Durchschnittskosten heranzuziehen.

(25) Dabei sind - bei Techniken zur Energieversorgung - i.a. unterschiedliche Erzeugungssysteme (z.B. unterschiedliche Heizungssysteme bei Einfamilienhäusern, Kohle- und Kernkraftwerke im Grundlastbereich) zu vergleichen.

(26) Sofern durch die Nutzung von Anlagen zur Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in der Summe zusätzliche Kosten für Back-up Systeme (z.B. mit fossilen Brennstoffen befeuerte Anlagen und Speichereinrichtungen) entstehen, sind diese bei der Betrachtung des wirtschaftlichen Potenzials zu berücksichtigen. Dabei sind auch Kostenverringerungen durch geeignete Steuerung (z.B. virtuelle Kraftwerke und intelligente Netze) zu berücksichtigen.

(27) Bei Anlagen zur Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien haben sich in der Praxis große Kostenverringerungen durch Kopplung von Technologien und Abnehmern gezeigt (z.B. solare Siedlungen). Diese Kostenverringierungspotenziale sind darzustellen.

1.9 Wirtschaftliches Potenzial der CO₂-Minderung

(28) Das wirtschaftliche Potenzial der Verminderung (Vermeidung) von energiebedingten CO₂-Emissionen beschreibt den Beitrag von Maßnahmen zur Verminderung (Vermeidung) von energiebedingten CO₂-Emissionen, der erreicht würde, wenn alle gesamt- bzw. einzelwirtschaftlich konkurrenzfähigen Maßnahmen, z.B. durch Ausschöpfung der wirtschaftlichen Einsparmaßnahmen durchgeführt werden. Das wirtschaftliche Potenzial der Verminderung von energiebedingten CO₂-Emissionen ist vermutlich wesentlich kleiner als das technische Potenzial.

(29) Zum Wirtschaftlichkeitsvergleich sind die später beschriebenen Kostenrechnungsmodalitäten heranzuziehen.

1.10 Erwartungspotenzial rationeller Energienutzung

(30) Das Erwartungspotenzial rationeller Energienutzung gilt stets für eine vorgegebene Zeitspanne, z.B. zwischen 1998 und 2010, und berücksichtigt Reinvestitionszyklen und Hemmnisse (s.u.) rationeller Energienutzung. Deshalb ist das Erwartungspotenzial in der

Regel klettiner als das wirtschaftliche Potenzial, wobei die Hemmnisse kurzfristig instrumentell beeinflussbar sind, die Reinvestitionszyklen jedoch nur langfristig veränderbar sind.

1.11 Erwartungspotenzial von Energietechniken

(31) Das wirtschaftliche Potenzial ist im Allgemeinen nicht sofort und vollständig nur sehr langfristig erschließbar, z.B. wegen begrenzter Herstellkapazitäten, der noch nicht erschöpften Lebensdauer bestehender Systeme oder aufgrund von Hemmnissen, wie z.B. mangelnder Information. Unter Berücksichtigung dieser Faktoren wird mit dem Erwartungspotenzial der Beitrag einer Option zur Energieversorgung für einen vorgegebenen Zeitpunkt angegeben.

1.12 Verhaltens- und strukturbedingte Potenziale

(32) Während in den Kapiteln 1.2 bis 1.11 Potenziale der Energieeinsparung und CO₂-Minderung definiert werden, die allein durch technische Maßnahmen erreicht werden, existieren auch Potenziale der Energieeinsparung und CO₂-Minderung durch eine veränderte Nachfrage nach Energiedienstleistungen.

(33) Die Nachfrage nach Energiedienstleistungen kann verändert werden

- durch Veränderung derjenigen Strukturen, die der jeweiligen Energiedienstleistungsnachfrage zugrundeliegen, z.B. Siedlungsstrukturen (wie Ein- und Mehrfamilienhäuser, räumliche (Ent-)Kopplung von Wohn-, Arbeits- und Freizeitfunktionen) und
- durch direkte Verminderung der Nachfrage von Energiedienstleistungen durch verändertes Verhalten (z.B. geringere Raumtemperaturen) oder Verzicht (z.B. auf bestimmte Mobilitätsformen).

(34) Verhaltens- und strukturbedingte Potenziale können häufig nur hinsichtlich plausibler Größenordnungen, auch in der ökonomischen Dimension, abgeschätzt werden.

1.13 Hemmnisse

(35) Der Begriff "Hemmnisse" steht hier als Synonym für mehrere Einflüsse, die auf die Umsetzung z.B. der rationellen Energienutzung verlangsamernd oder hemmend wirken:

- Wirtschaftliche Potenziale rationeller Energienutzung werden nicht im Rahmen ihrer Reinvestitionszyklen voll ausgeschöpft;

- existierende Rahmenbedingungen beschränken das einzelwirtschaftliche Potenzial rationeller Energienutzung aus gesamtgesellschaftlicher Sicht unangemessen.

(36) Hemmende Einflüsse sind beispielsweise:

- sozial oder historisch bestimmte Investitions- und Konsumverhaltensmuster, z.B. mangelndes Umweltbewusstsein oder Verbraucherinteresse
- unzureichender Marktüberblick, unzureichende energietechnische Kenntnisse,
- unzureichende Betriebsanleitungen,
- Auseinanderklaffen von Investor- und Nutzerfunktion,
- rechtliche und administrative Eingrenzungen.

(37) Rahmenbedingungen, die das wirtschaftliche Potenzial rationeller Energienutzung aufgrund entsprechender (politischer) Prioritätensetzung unangemessen beschränken, sind beispielsweise:

- Preise bzw. Tarifstrukturen leitungsgebundener Energieträger, die die heutigen Kostenstrukturen aus gesamtwirtschaftlicher Sicht nicht mehr widerspiegeln;
- staatliche Subventionen für Energieträger oder nicht verursachungsgerechte Kostenverteilung von Energienutzungsbereichen, die entweder die rationelle Energienutzung benachteiligen oder die Anwendung von Energienutzungssystemen gegenüber Alternativen einseitig bevorzugen;
- die Nichtinternalisierung externer Kosten.

(38) Diese hemmenden Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, ist mit anderen Worten der Versuch, das als (einzel-)wirtschaftlich definierte Potenzial auf ein gesamtwirtschaftliches Potenzial rationeller Energienutzung zu erweitern. Damit werden auch die Notwendigkeiten eines gleichgewichtigen energiepolitischen Handels für Energieangebot und -nachfrage verdeutlicht.

(39) Diese Hemmnisliste ist beispielhaft und muss für andere Optionen entsprechend angepasst werden.

1.14 Effizienz und Effektivität

(40) Unter der ökonomischen Effizienz von Maßnahmen zur Verminderung (Vermeidung) von klimarelevanten Spurengasen wird das Verhältnis von Kosten und Wirksamkeit der Maßnahme verstanden, das stark vereinfachend als Kosten je erzielter Einheit Emissions-

minderung (spezifische Minderungskosten) in Euro je nicht emittierter Tonne Schadstoff ausgedrückt werden kann. Zum richtigen Verständnis dieser Maßzahl müssen die jeweilige Vergleichstechnologie, das Minderungspotenzial, die Fristigkeit und ggf. Lerneffekte genau spezifiziert werden. Eine negative Effizienzzahl ist hierbei ein Hinweis auf eine besonders effiziente Minderungsmaßnahme. Die Effektivität von Maßnahmen zur Verminderung (Vermeidung) von klimarelevanten Spurengasen gibt dagegen die Wirksamkeit in bezug auf das Minderungsziel in nicht emittierten Tonnen Schadstoff an. *1.15 Einheiten*

(41) Um eine möglichst weitgehende Vergleichbarkeit der einzelnen Angaben in den unterschiedlichen Studienschwerpunkten zu erreichen, sollte möglichst durchgehend dieselbe Einheit verwendet werden (mit den üblichen Vorsatzzeichen):

2.1 Energieeinheit

Joule

2.2 Energieeinheit Strom

Wattstunden

2.3 Leistungseinheit

Watt

2.4 Emissionseinheit

Tonne(n) Schadstoff

2.5 Währungseinheit

Euro

2.6 Zeiteinheit

Jahr (a)

2.7 Spezifische Kosten

Euro/GJ bzw. Cents/MJ

2.8 Spezifische Kosten Strom

Euro/MWh bzw. Cents/kWh

2.9 Spezifische Minderungskosten

Euro / nicht emittierter Tonne Schadstoff und Euro / nicht emittierter Tonne CO₂ bzw. CO₂-Äquivalent

2.10 Vorsatzzeichen

10 ¹⁸	exa	E
10 ¹⁵	peta	P
10 ¹²	tera	T
10 ⁹	giga	G
10 ⁶	mega	M
10 ³	kilo	k
10 ²	hecto	h
10 ¹	deka	da
10 ⁻¹	deci	d
10 ⁻²	centi	c
10 ⁻³	milli	m
10 ⁻⁶	micro	u
10 ⁻⁹	nano	n
10 ⁻¹²	pico	p
10 ⁻¹⁵	femto	f
10 ⁻¹⁸	atto	a

3 Orientierungsgrößen

3.1 Energieverbrauchsmatrix für das Jahr 1998

(42) Als Datenquellen sollen benutzt werden:

- Energieverbrauchsmatrix: AGEB: Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland
- Nutzenergiebilanz: VDEW: Energieverbrauch in Deutschland 1998, VDEW-Materialien M-22/99

3.2 Emissionen und Spezifische Emissionsfaktoren

(43) Als Datengrundlage soll verwendet werden:

- Die Emissionsinventare des Umweltbundesamtes für das Jahr 1998,
- die spezifischen Emissionsfaktoren des Umweltbundesamtes.

- Schadstoffemissionen aus den für den internationalen Luftverkehr vertankten Treibstoffmengen sind in die nationale Aufsummierung einzubeziehen, sollen aber nachrichtlich auch ausgewiesen werden.
- Die Klimawirksamkeit soll unter der Annahme der IPCC global warming potentials in CO₂-Äquivalenten ausgedrückt werden (IPCC 1996, für 100 Jahre, SAR I, 2.5, Tabelle 2.9).

3.3 Basisjahr

(44) Das Basisjahr ist 1998.

3.4 Betrachtungszeitraum

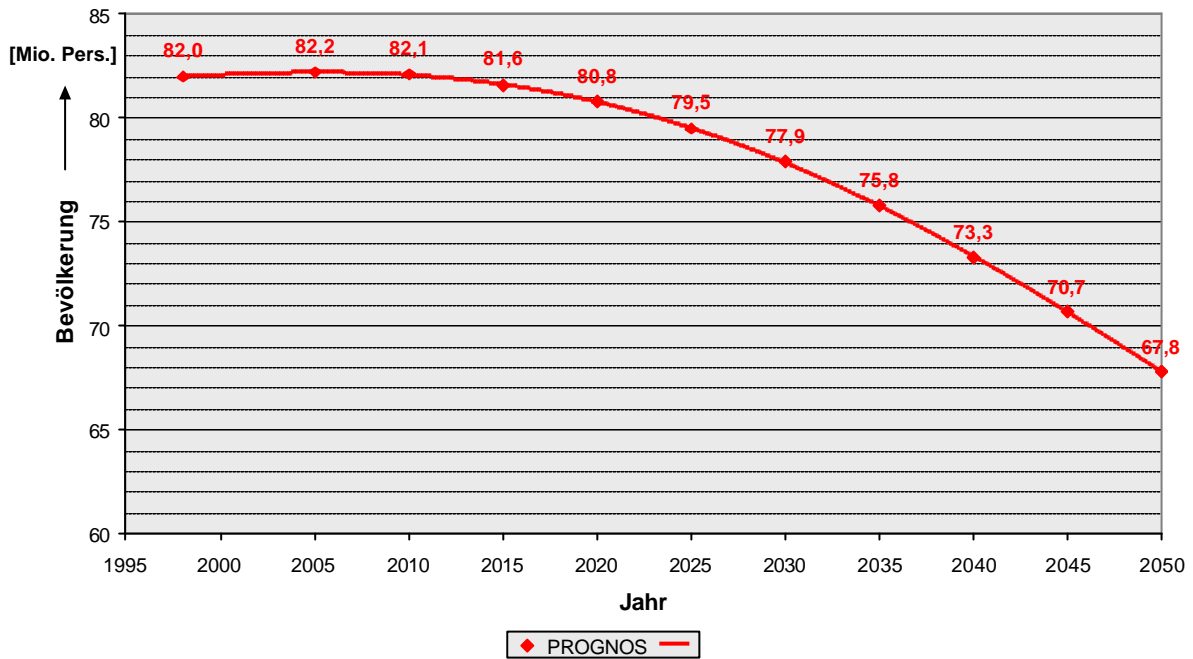
(45) Der Szenarienhorizont reicht bis 2020 und 2050, wobei in den Szenarien für die Stützjahre 2010 und 2030 ebenfalls Ergebnisse angegeben werden sollen.

(46) Die methodische Problematik der Quantifizierung von Entwicklungen über derart lange Zeiträume – auch bei szenariohafter Vorgehensweise – wird anerkannt. Derart lange Zeiträume sind zu betrachten, um die Auswirkungen verschiedener Maßnahmen auf die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre und anderer Nachhaltigkeitsziele zu erkennen.

3.5 Bevölkerungsentwicklung

(47) Die demografische Entwicklung soll aus dem Prognos-Basiszenario übernommen werden (vgl. Abbildung 3).

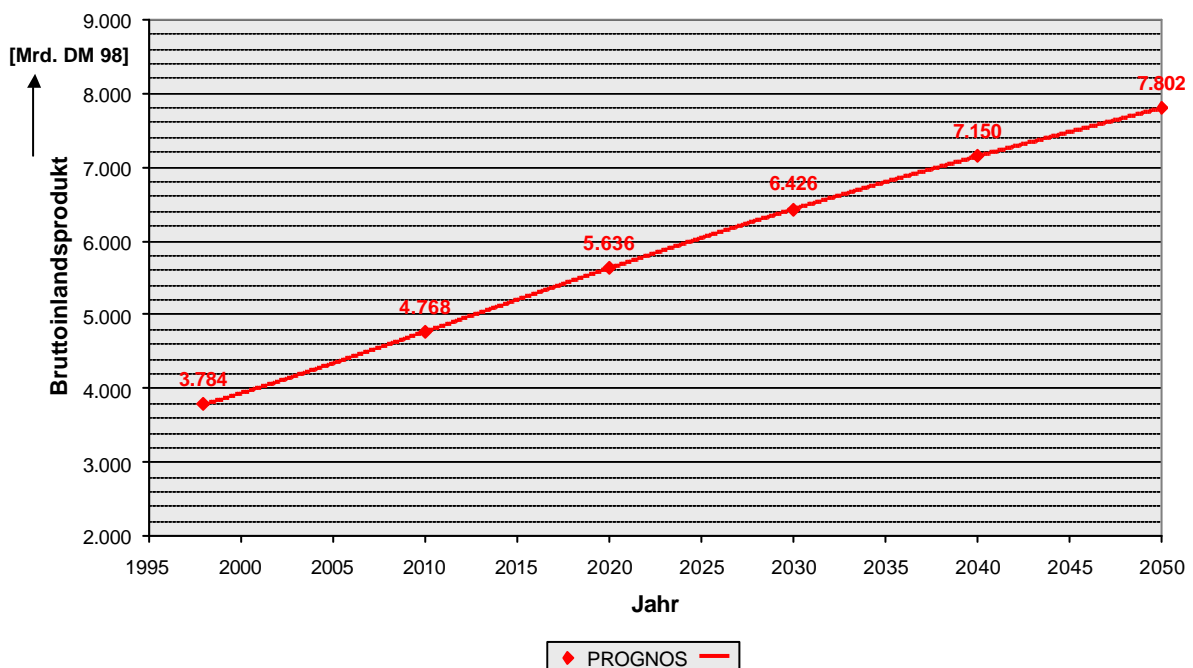
Abbildung 3: Bevölkerungsentwicklung in Deutschland



3.6 Entwicklung des Bruttosozialproduktes und der Wirtschaftsstruktur (Orientierungswerte)

(48) Die gesamtwirtschaftliche Entwicklung soll aus dem Prognos-Basisszenario übernommen werden, bezogen auf das Basisjahr 1998 (vgl. Abbildung 4).

Abbildung 4: Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes in Preisen von 1998



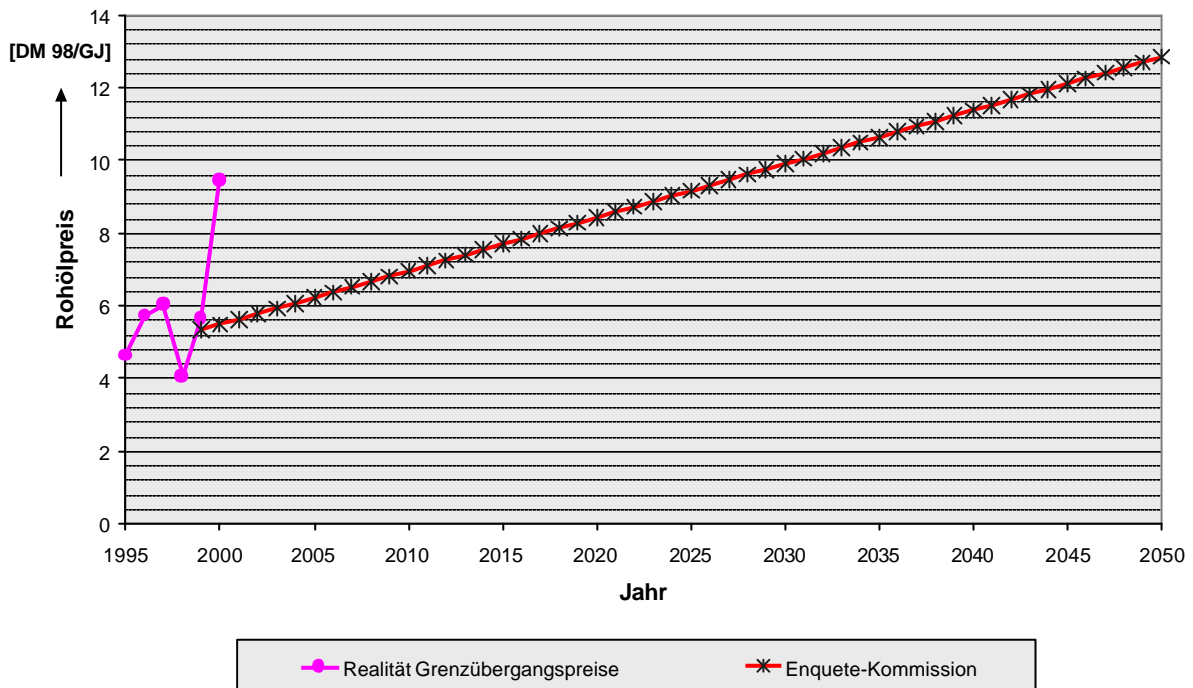
3.7 Wechselkursentwicklung

(49) In Anlehnung an Energiereport III (Prognos, EWI 2000) soll ab 2020 in ähnlicher Weise fortgeschrieben werden.

3.8 Mittel- und langfristige Entwicklung der Energieträgerpreise

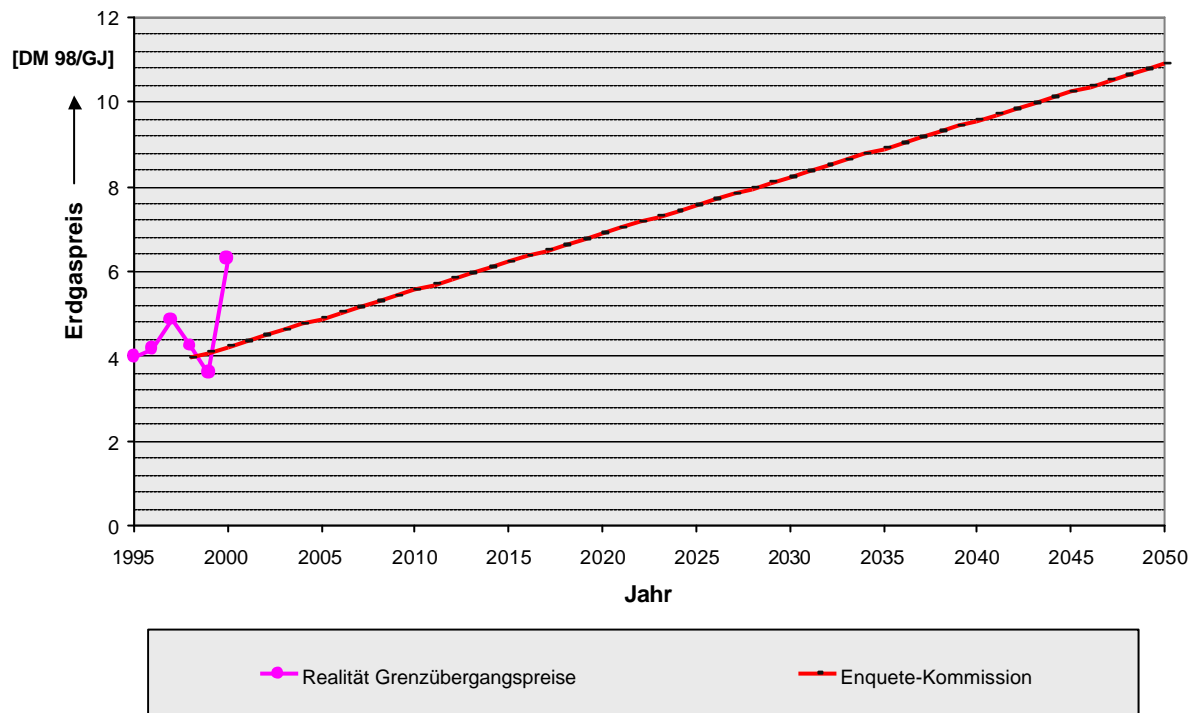
(50) Der **Rohölpreis** soll von der Importpreisschätzung der IEA für das Stichjahr 1999 (13,9 US\$1990/bbl) ausgehen. Eine lineare Steigerung, angezeigt durch die rote Gerade in Abbildung 5, bis zum von Prognos vorgeschlagenen Endpunkt soll angenommen werden.

Abbildung 5: Entwicklung der Rohölpreise



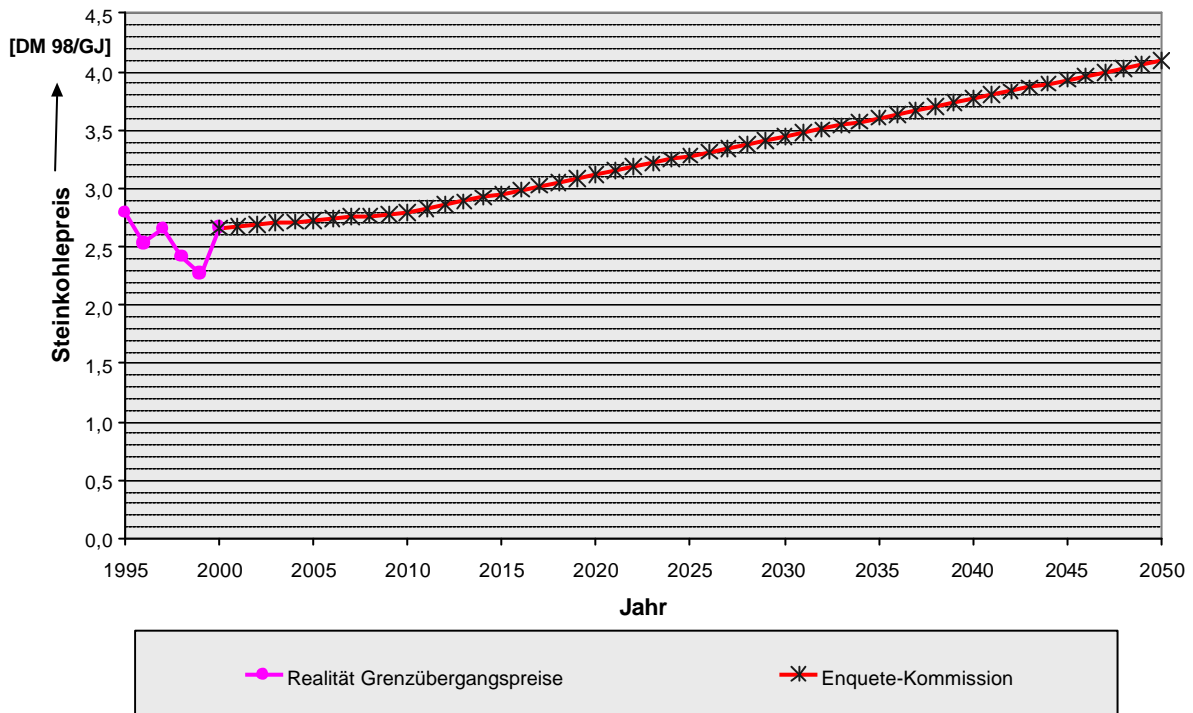
(51) Der **Erdgaspreis** soll in ähnlicher Weise angepasst werden, wobei beachtet werden soll, dass die Relation zum Erdölpreis gewahrt bleibt. Als Stützpunkte werden die Schätzung IKARUS A für das Jahr 2005 (4,881 DM1998/GJ) und das Endniveau von Prognos gewählt. Die durch diese beiden Punkte definierte Gerade (rot in Abbildung 6) kann zur Extrapolation in die Gegenwart benutzt werden.

Abbildung 6: Entwicklung der Erdgaspreise



(52) Der **Steinkohlepreis** wird ebenfalls angepasst: Bis 2010 wird ein linearer Anstieg vom heutigen Niveau (80,016 DM/t SKE) auf die Schätzung von IEA für den OECD-Importpreis (37,4 US\$1990/t SKE) angenommen. Für die Zeit nach 2010 wird angenommen, dass der Preis weiter linear bis auf das von Prognos vorgeschlagenen Niveau ansteigt (rot in Abbildung 7). Für Braunkohle sollen dieselben Äquivalentpreise pro SKE gelten.

Abbildung 7: Entwicklung der Steinkohlepreise



(53) Daraus ergeben sich folgende Energieträgerpreise in DM 98 / GJ:

Jahr	Erdöl	Erdgas	Steinkohle
2000	5,4864	4,213	2,6647
2005	6,2227	4,8812	2,7289
2010	6,9591	5,5494	2,7931
2020	8,4318	6,8858	3,1185
2030	9,9045	8,2223	3,4438
2050	12,8499	10,8951	4,0944

3.9 Mittel- und langfristige Entwicklung des Verkehrs

(54) Das Mengengerüst für den Referenzfall wird ins Analyseraster aufgenommen werden, wenn es für die Durchführung von Projekten jenseits der Szenarien-Studie notwendig werden sollte.

4. Wirtschaftlichkeitsberechnungen

(55) In der Regel wird es wegen der Kürze der Bearbeitungsdauer nicht möglich sein, in wesentlichem Umfang eigene Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchzuführen. Soweit jedoch Wirtschaftlichkeitsberechnungen bei den zitierten Quellen durchgeführt wurden, sollten diese in jedem Fall kommentiert werden, da die jeweils zugrunde gelegten Annahmen sehr unterschiedlich sein können.

(56) Für eigene Wirtschaftlichkeitsberechnungen und die Beurteilung vorliegender Aussagen zur Wirtschaftlichkeit sind folgende Referenzgrößen einheitlich zu verwenden, um innerhalb des Studienprogramms zu vergleichbaren Wirtschaftlichkeitsaussagen zu kommen:

4.1 Investitionskosten

(57) Alle in Zusammenhang mit der Errichtung einer Anlage bzw. Durchführung einer Maßnahme bis zum Inbetriebnahmezeitpunkt anfallende Kosten (Anlagekosten, bauherrnseitige Aufwendungen für Gebäude, Grundstücke und Grundstückerschließungen, Verteuerungen und Zinsen während der Bauzeit).

4.2 Preis- bzw. Kostenangaben

(58) Alle Berechnungen werden in realen Preisen (Preisbasis 1998) durchgeführt.

(59) Rechnung in realen Preisen, Kosten und Steigerungsraten im Geldwert des Jahres 1998. Sind Investitionen oder spezifische Investitionen nur für Jahre vor 1998 bekannt, so können diese durch Aufzinsen mit der Preissteigerungsrate p für die betreffende Technik bzw. für Investitionsgüter allgemein in Preise des Jahres 1998 ("Euro 98") umgerechnet werden:

$$I [\text{Euro}_{98}] = I [\text{Euro}_{98-n}] * (1 + p)^n$$

(60) Ist p nicht bekannt, kann näherungsweise die Inflationsrate angesetzt werden.

4.3 Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung

(61) Falls Wirtschaftlichkeitsrechnungen durchgeführt werden, sollten diese auf der dynamischen Annuitäten- oder der Barwertmethode beruhen. Die spezifischen Kosten je erzeugter bzw. eingesparter Energieeinheit werden als finanzmathematische Durchschnittskosten ermittelt.

(62) Alle Kosten einer energietechnischen Anlage oder einer Maßnahme zur Energieeinsparung bis zum Ende der Nutzungsdauer sowie evtl. Stilllegungskosten werden mit der realen Diskontrate d_r auf das Inbetriebnahmejahr, z.B. 1998, 2005 oder 2020, abgezinst.

$$B_K = \sum_{i=1}^n K_i (1+d_r)^{-i}$$

B_K = Barwert

K_i = Kosten im Jahr i

n = Nutzungsdauer der Anlage/Maßnahme [Jahre]

d_r = Diskontrate.

Dabei läßt sich der Barwert von Kostenreihen (Zahlungsreihen) mit konstanten jährlichen Kosten $K_i = \text{const.} = K_0$ nach der Formel:

$$B(K_i = \text{const.}) = K_0 \sum_{i=1}^n (1+d_r)^{-i} = K_0 \frac{1-(1+d_r)^{-n}}{d_r}$$

ermitteln.

Wenn die Kosten K_i (z.B. Brennstoffkosten, Personalkosten usw.) mit einer jährlichen realen Steigerung p zunehmen, so ergibt sich der Barwert nach der Formel

$$B(K_i) = K_0 \sum_{i=1}^n (1+p)^i (1+d_r)^{-i} = K_0 \frac{1-\left(\frac{1+d_r}{1+p}\right)^{-n}}{\left(\frac{1+d_r}{1+p}\right)-1}$$

K_0 = Jährliche Kosten bei Betriebsbeginn

p = Reale Verteuerungsrate der jährlichen Kosten

n = Nutzungsdauer der Anlage

Die Durchschnittskosten k (konstante spez. Kosten je erzeugter oder eingesparter Energieeinheit, z.B. in Euro/MWh) errechnen sich aus dem Barwert aller Kosten B_K nach der Beziehung:

$$B_K = k \sum_{i=1}^n E_i (1+d_r)^{-i}$$

E_i = Jährlich erzeugte oder eingesparte Energie

Somit ergibt sich:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n K_i (1 + d_r)^{-i}}{\sum_{i=1}^n E_i (1 + d_r)^{-i}}$$

Bei konstanter jährlich erzeugter oder eingesparter Energie lassen sich die Durchschnittskosten k mit dem gleichen Ergebnis auch über die Annuität errechnen:

$$K = \frac{B_k a}{E}$$

a = Annuitätsfaktor

E = Konstante jährliche Energie (erzeugt oder eingespart)

(63) Der Annuitätsfaktor a beträgt:

$$a = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (1 + d_r)^{-i}} = \frac{(1 + d_r)^n * d_r}{(1 + d_r)^n - 1} = \frac{d_r}{1 - (1 + d_r)^{-n}}$$

In Einzelfällen kann es sinnvoll sein, zusätzlich die Entwicklung der spezifischen Kosten in Abhängigkeit von der Zeit darzustellen. Sie werden nach folgender Beziehung ermittelt:

$$k_t = \frac{I * a + K_{o,t}}{E_t}$$

I = Investitionskosten

A = Annuitätsfaktor

$K_{o,t}$ = Betriebskosten im Jahr t

E_t = Energieerzeugung bzw. Energieeinsparung im Jahr t

4.4 Abschreibungsdauer

(64) Für eine volkswirtschaftliche Betrachtung soll die technische Lebensdauer verwendet werden, für einzelwirtschaftliche Entscheidungen die branchenüblichen Abschreibungszeiten. Diese sind jeweils zu benennen.

4.5 Diskontrate

(65) Für die Wirtschaftlichkeitsrechnung sollen bei volkswirtschaftlichen Berechnungen ein realer Zinssatz von 4 % und für einzelwirtschaftliche Entscheidungen ein kalkulatorischer Zins von 8 % verwendet werden. Bestimmte zukünftige Kosten und Risiken (z.B. Gesundheitsrisiken, Umweltschäden) werden nicht abdiskontiert.

5 Weitere Vorgaben

5.1 Zu betrachtende klimawirksame Emissionen

(66) Es sollen die energiebedingten Emissionen von CO₂ und anderen Treibhausgasen soweit relevant und bekannt erfasst werden. Für die Szenarienstudie werden CO₂, SO₂, NO_x sowie ggf. CH₄, N₂O, NMVOC, Partikel als relevant erachtet.

5.2 Weitere quantitativ zu betrachtende Nachhaltigkeitsindikatoren

Literatur

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen: Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 1998

IPCC (1996): Second Assessment Report, WGI

Nakicenovic; Grübler; McDonald (1998): Global Energy Perspectives, Cambridge

Prognos, EWI (2000): Energiereport III

Reddy, A.K.N.; Williams, R.H.; Johannson, T.B. (1997): Energy After Rio, Prospects and Challenges, UNDP, New York

Schaefer, H. (Hrsg.): VDI-Lexikon Energietechnik, VDI-Verlag, 1994

Swisher, J.N.; Jannuzzi, G.M.; Redlinger, R.Y. (1997): Tools and Methods for Integrated Resource Planning, Improving Energy Efficiency and Protecting the Environment, Working Paper No. 7, United Nations Environment Programme (UNEP), UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment, Risø National Laboratory, Roskilde

UBA: Definitionen

VDI-Richtlinie 4661: Energiekennwerte. Definitionen – Begriffe – Methodik.

VDEW: Energieverbrauch in Deutschland 1998, VDEW-Materialien M-22/99