Energiewirtschaftliches Institut
an der Universität zu Köln

Prognos AG

Basel · Berlin · Bremen
Düsseldorf

Auswirkungen höherer Ölpreise auf Energieangebot und -nachfrage

Ölpreisvariante der Energiewirtschaftlichen Referenzprognose 2030

Für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Berlin

Langfassung

Auswirkungen höherer Ölpreise auf Energieangebot und -nachfrage

Ölpreisvariante der Energiewirtschaftlichen Referenzprognose 2030

Untersuchung im Auftrag des
Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Berlin

Köln, Basel, August 2006

Bearbeitung:

Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI):

Dietmar Lindenberger (Projektleitung)
Michael Bartels
Andreas Seeliger
Ralf Wissen

Prognos AG: Peter Hofer
Michael Schlesinger

Inhalt

Seite

Anlass der Studie V

Wichtigste Ergebnisse VII

Zentrale Annahmen IX

Numerische Annahmen und Ergebnisse im Überblick X

Kurzfassung XIII

1 Determinanten der Ölpreisentwicklung 1

1.1 Jüngste Preisentwicklung 2
1.2 Treiber der Preisentwicklung 3
1.3 Diskussion aktueller Ölpreisszenarien 6

2 Energiepreise in der Ölpreisvariante 10

2.1 Primärenergieträgerpreise 11
2.2 Heimische Verbraucherpreise 14
2.2.1 Preise für Mineralölprodukte, Erdgas und Kohle 14
2.2.2 Strompreise 16

3 Die Entwicklung traditioneller Determinanten 19

3.1 Wirtschaft und Bevölkerung in Deutschland 19
3.1.1 Bevölkerung und Private Haushalte 22

4 Die Entwicklung des Endenergieverbrauchs 25

4.1 Endenergieverbrauch insgesamt 25
4.2 Der Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte 29
4.2.1 Der Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte insgesamt 31
4.2.2 Der Endenergieverbrauch für die Erzeugung von Raumwärme 33
4.2.3 Der Endenergieverbrauch für die Erzeugung von Warmwasser 44
4.2.4 Der Endenergieverbrauch für das Kochen 48
4.2.5 Der Endenergieverbrauch der elektrischen Haushaltsgeräte 49
4.3 Der Endenergieverbrauch von Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrigen Verbrauchern 53
4.3.1 Der Endenergieverbrauch im Sektor GHD insgesamt 55
4.3.2 Der Endenergieverbrauch nach Verwendungszwecken 56
4.3.3 Der Endenergieverbrauch nach Energieträgern 57
4.4 Der Endenergieverbrauch der Industrie 59
4.4.1 Wirkung höherer Energiepreise 61
4.4.2 Einflussfaktoren des Energieverbrauchs in der Industrie 61
4.4.3 Konsequenzen für den Energieverbrauch in der Industrie 62

4.5 Der Endenergieverbrauch im Verkehrssektor 68
4.5.1 Einfluss der höheren Ölpreise 70
4.5.2 Entwicklung der verkehrlichen Rahmendaten 72
4.5.3 Der Endenergieverbrauch im Straßenverkehr 73
4.5.4 Der Endenergieverbrauch im Schienenverkehr 83
4.5.5 Der Endenergieverbrauch in der Binnenschifffahrt 89
4.5.6 Der Endenergieverbrauch im Luftverkehr 90

5 Umwandlungssektoren ... 92

5.1 Elektrizitätserzeugung 92
5.1.1 Entwicklung von Kraftwerkskapazitäten und Stromerzeugung 97
5.1.2 Entwicklung der Strompreise 105
5.2 Andere Umwandlungssektoren 107
5.2.1 Fernwärme 107
5.2.2 Raffinerien 109

6 Primärenergie- und Emissionsbilanzen ... 111

6.1 Der Primärenergieverbrauch 111
6.2 Die zukünftige Belastung durch energiebedingte Emissionen 130

7 Auswirkungen extrem hoher Ölpreise ... 136

7.1 Auswirkungen extrem hoher Ölpreise auf die Stabilität des internationalen Ölangebots 136
7.2 Nachfrageseitige Auswirkungen extrem hoher Ölpreise 137

8 Schlussfolgerungen für die Energiepolitik ... 145

Abbildungsverzeichnis ... 147

Tabellenverzeichnis ... 148

Literaturverzeichnis ... 153

Anlass der Studie

Der Preis für Rohöl ist jüngst stark angestiegen. Mit zeitweise über 70 $/bbl liegt er derzeit erheblich über den Preisen, die im Rahmen der langfristig angelegten energiewirtschaftlichen Referenzprognose (EWI/Prognos 2005) trendmäßig antizipiert werden.

Vor diesem Hintergrund untersucht die vorliegende Studie die Auswirkungen höherer Ölpreise auf Energieangebot und -nachfrage.

Es sei betont, dass Einschätzungen der zukünftigen Ölpreisentwicklung erfahrungsgemäß stark von der jeweils aktuellen Preisentwicklung beeinflusst sind. Daher ist es – insbesondere im Falle langfristiger Projektionen – von Bedeutung, die fundamentalen Determinanten von Angebot und Nachfrage nicht aus dem Blick zu verlieren. Die Autoren sind der Auffassung, dass dauerhaft wesentlich höhere Ölpreise als in der Referenzprognose unwahrscheinlich sind. Der Hauptgrund ist: Ein Ölpreis von langfristig 30 $/bbl oder darüber führt neben einer Dämpfung des Nachfragewachstums zu erheblichen Ausweitungen des Ölangebots. Zusätzliche konventionelle Ölvorkommen außerhalb der OPEC, die Realisierung höherer Entölungsgrade und die Förderung nicht-konventioneller Öle werden dann rentabel. Bislang beruhten Investitionsentscheidungen der meisten Ölunternehmen in Exploration und Fördertechnik auf langfristigen Ölpreisen von 20-25 $/bbl. Physische Knappheiten von Ölressourcen werden für die kommenden Dekaden nicht gesehen.

Die vorliegende Studie untersucht die Auswirkungen eines Preispfades für Rohöl, der mit real 60 $$_{2000}$/bbl oder rd. 100 $/bbl nominal im Jahr 2030 um 60 % über den Preisen der Referenzprognose liegt.

Aufbau und Methodik der Untersuchung folgen der Referenzprognose. Somit wird die aus Sicht der Autoren zu erwartende energiewirtschaftliche Entwicklung beschrieben, wenn der genannte höhere Ölpreispfad unterstellt wird. Die übrigen Annahmen der Referenz bleiben – sofern sie als im Wesentlichen vom Ölpreis unabhängig gesehen werden – unverändert. Um die Auswirkungen der Hauptsteuerungsgröße Rohölpreis zu verdeutlichen, werden neben den Ergebnissen der untersuchten Ölpreisvariante die Veränderungen gegenüber der Referenz herausgestellt.

Wie die Untersuchung zeigt, werden die energiewirtschaftlichen und gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen hoher Energiepreise durch die Anpassungsmechanismen des Marktes

begrenzt: Wirtschaftswachstum und Beschäftigung in Deutschland werden gegenüber der Referenz nur leicht abgeschwächt, da die höheren Energiepreise zum einen weltweit wirken, zum anderen der binnenwirtschaftliche Kaufkraftentzug durch eine erhöhte Exportnachfrage teilweise kompensiert wird. Die höheren Öl- und Gaspreise bewirken eine moderate Erhöhung der Energieeffizienz und einen etwas geringeren Energieverbrauch.

Die Energieträgerstruktur verändert sich. Kohle und Regenerative gewinnen an Bedeutung, zulasten von Öl und Gas. Die Öl- und Gasimportabhängigkeit geht gegenüber der Referenz zurück, zusätzliche Kohlen sind am Weltmarkt langfristig kostengünstig verfügbar. Beim Endenergieverbrauch, und hier insbesondere im Verkehrsbereich unterstellen wir, dass Veränderungen durch politisches Handeln unterstützt werden. Per Saldo bleiben die energiebedingten CO_2-Emissionen gegenüber der energiewirtschaftlichen Referenzprognose nahezu identisch.

Fazit: Deutlich höhere Ölpreise als in der Referenzprognose führen zu strukturellen Verschiebungen innerhalb der Energiewirtschaft. Die Auswirkungen auf die energie- und gesamtwirtschaftliche Entwicklung bleiben infolge angebots- und nachfrageseitiger Anpassungsreaktionen jedoch moderat.

Wichtigste Ergebnisse

Jüngste Ölpreisentwicklung: Der Preis für Rohöl ist jüngst erheblich angestiegen. Gründe sind sowohl singuläre Ereignisse (Ausfall von Förderkapazitäten durch Hurrikanschäden) als auch strukturelle Einflüsse (wachsende Ölnachfrage aus Asien).

Ölpreisvariante der Referenzprognose: In Ergänzung zur energiewirtschaftlichen Referenzprognose (Energiereport IV) wird eine – aus Sicht von EWI/Prognos weniger wahrscheinliche – Variante untersucht, in welcher der Ölpreis bis zum Jahr 2030 um rd. 60% über dem Referenzwert liegt.

Preise für Energierohstoffe: In der Ölpreisvariante wird für 2030 ein Ölpreisniveau von real 60 $/bbl oder rd. 100 $/bbl nominal unterstellt. Damit steigt der Ölpreis gegenüber den 1990er Jahren real auf das 3-4-fache an. Der Gaspreis entkoppelt sich zunehmend vom Ölpreis. Der Weltmarktpreis für Steinkohle ändert sich gegenüber der Referenz nur wenig.

Stabilität des internationalen Ölangebots: Ölpreise von dauerhaft 30 $/bbl und darüber lassen Vorkommen konventioneller Öle außerhalb der OPEC, höhere Entölungsgrade bestehender Felder sowie nicht-konventionelle Öle (Vorkommen in Tiefsee und Arktik, Schwer- und Schwerstöle, Ölsande und Ölschiefer) rentabel werden. Hohe Ölpreise tragen daher zur Stabilisierung des internationalen Ölangebots bei.

Inländische Verbraucherpreise: Der Rohölpreis macht zwischen 15 % und 60 % der inländischen Endverbraucherpreise aus. Der relative Anstieg fällt deshalb bei den Verbraucherpreisen geringer aus als beim Importpreis für Rohöl.

Strompreise: Die Strompreise der Verbraucher, die sich aus den Erzeugerpreisen (Großhandelspreisen), Netzpreisen sowie den Steuern und sonstigen Belastungen ergeben, erhöhen sich infolge höherer Öl- und Gaspreise nur geringfügig.

Entwicklung von Wirtschaft und Bevölkerung: Das Wachstum der deutschen Wirtschaft wird durch die höheren Energiepreise mittelfristig geringfügig gebremst. Im Durchschnitt verringert sich der BIP-Zuwachs von 1,4 % p.a. auf 1,3 % p.a. Im Jahr 2030 liegt das reale BIP um 2,5 % niedriger als in der Referenzprognose.

Endenergieverbrauch insgesamt: Der Rückgang des Endenergieverbrauchs wird durch die höheren Preise in allen Sektoren forciert. Gegenüber der Referenz verändert sich die Energieträgerstruktur zugunsten von Kohle und Erneuerbaren, Öl und Gas verlieren Marktanteile.

Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte: Die Privaten Haushalte reagieren auf die höheren Energiepreise in der Ölpreisvariante mit verstärkten Einsparinvestitionen und Veränderungen im Energiemix. Die Auswirkungen auf die Gesamtnachfrage sind bis 2030 insgesamt sehr gering.

Endenergieverbrauch im Sektor GHD: Die Energienachfrage im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher (GHD) liegt bei höheren Preisen 2030 um knapp 5 % unter dem Referenzwert, bei Öl und Gas um mehr als ein Fünftel. Der Einsatz regenerativer Energien verdoppelt sich, Kohle gewinnt hinzu.

Endenergieverbrauch der Industrie: Der Endenergieverbrauch der Industrie verringert sich bei höheren Energiepreisen bis 2030 um mehr als 12 %, er liegt dann um 6 % unter dem Referenzwert. Öl und Gas verlieren Marktanteile, Erneuerbare und Kohle gewinnen.

Endenergieverbrauch im Verkehrssektor: Die höheren Preise für Benzin und Diesel bewirken im Verkehrssektor markante Veränderungen im Energieträgermix. Der Einsatz von Biokraftstoffen wird – gefördert von Politik und Industrie – massiv ausgeweitet.

Elektrizitätserzeugung: Durch die – gegenüber der Referenzprognose – deutlich höheren Öl- und Gaspreise verliert das Gas in der Stromerzeugung zugunsten der Steinkohle, die auf dem Weltmarkt langfristig kostengünstig zur Verfügung steht.

Primärenergieverbrauch: Die höheren Energiepreise beschleunigen den bereits in der Referenz starken Rückgang des Primärenergieverbrauchs. Im Vergleich zum Energiereport verlieren Öl und Gas an Bedeutung, Kohle und erneuerbare Energien gewinnen Marktanteile.

Energiebedingte Emissionen: Unter höheren Energiepreisen entwickeln sich die energiebedingten Treibhausgasemissionen insgesamt ähnlich wie im Energiereport IV. Der Umwandlungssektor emittiert 2030 rund 43 Mio t CO_2 mehr als in der Referenz, im Verkehrssektor sind es 32 Mio t weniger.

Zentrale Annahmen

Bis zum Jahr 2030 werden **keine grundlegenden Veränderungen der Rahmenbedingungen** für die energiewirtschaftliche Entwicklung in Deutschland erwartet. Demokratie und Marktwirtschaft bleiben die Fundamente der Gesellschaft. Im Umgang mit Energie treten keine bruchartigen Verhaltensänderungen auf. Trotz der höheren Preise steht Energie für die meisten Verbraucher – infolge eines nach wie vor geringen Anteils an den gesamten Konsumausgaben – nicht im Mittelpunkt des Interesses.

Der **demografische Wandel** bestimmt die gesellschaftliche Entwicklung. Die Zahl der Einwohner nimmt bis 2030 ab, die Bevölkerung altert stark. Die Energiepreisentwicklung spielt in diesem Zusammenhang keine Rolle.

Die **Wirtschaft wächst** mit jahresdurchschnittlich 1,3 % (Referenzprognose: 1,4 %). Die weltweit höheren Ölpreise führen nicht zur Erosion der industriellen Basis in Deutschland.

Der **technische Fortschritt** steigert die Energieeffizienz. Die höheren Energiepreise und energiepolitische Maßnahmen unterstützen die rationelle Energienutzung. Die Umsetzung technischer Neuerungen erfolgt im Wesentlichen im Rahmen der normalen Investitionszyklen. Technologiesprünge werden von EWI/Prognos nicht erwartet.

Die **Verbraucherpreise** sind durch die internationalen Energiepreise, die Umwandlungs- und Transportkosten im Inland sowie Steuern und sonstige Belastungen bestimmt. Bei den konventionellen Energieträgern bleibt die Besteuerung real konstant. Biokraftstoffe werden so besteuert, dass sie gegenüber herkömmlichen Kraftstoffen wettbewerbsfähig sind.

Die **Stromerzeugung aus Kernenergie** ist gemäß Ausstiegsbeschluss auf 2.623 TWh (ab 1.1.2000) beschränkt und läuft nach 2020 aus.

Die **Förderung erneuerbarer Energien** wird bis 2030 fortgesetzt.

Der **Emissionshandel** wird weit über die EU hinaus ausgedehnt. Um die Teilnahme vieler Staaten zu erreichen, bleiben Reduktionsverpflichtungen und damit die Zertifikatspreise auch bei höheren Energiepreisen moderat.

Numerische Annahmen und Ergebnisse im Überblick

Ölpreisvariante der Referenzprognose 2005	Einheit	Absolutwerte				% p.a.			
		2000	2010	2020	2030	2000-2010	2010-2020	2020-2030	2000-2030
Ölpreis real 2000	US$(2000)/bl	28	50	47	60	6,0	-0,6	2,5	2,6
Deutschland									
Bevölkerung	Mio	82,3	82,4	81,3	79,3	0,0	-0,1	-0,2	-0,1
Private Haushalte	Mio	38,2	39,7	40,0	39,7	0,4	0,1	-0,1	0,1
BIP real 95	Mrd Euro(1995)	1.970	2.197	2.544	2.887	1,1	1,5	1,3	1,3
Industrieproduktion real 95	Mrd Euro(1995)	403	439	506	575	0,9	1,4	1,3	1,2
PKW-Bestand	Mio	42,8	46,9	47,9	47,2	0,9	0,2	-0,1	0,3
Personen-km	Mrd	1.051	1.093	1.062	1.026	0,4	-0,3	-0,4	-0,1
Tonnen-km	Mrd	491	591	702	774	1,9	1,7	1,0	1,5
Preise Haushalte (inkl. MwSt), real 2000									
Heizöl leicht	Cent(2000) / l	40,8	59,4	60,3	75,0	3,8	0,1	2,2	2,1
Erdgas	Cent(2000) / kWh	3,7	5,3	5,4	6,8	3,6	0,3	2,3	2,0
Strom	Cent(2000) / kWh	14,9	16,8	16,3	16,4	1,2	-0,3	0,1	0,3
Benzin bleifrei	Cent(2000) / l	100,0	123,6	126,4	139,2	2,1	0,2	1,0	1,1
Preise Grosshandel (o. MwSt), real 2000									
Heizöl leicht (Industrie)	Euro(2000) / t	381,5	556,4	560,9	695,3	3,8	0,1	2,2	2,0
Erdgas (Industrie)	Cent(2000) / kWh	1,71	2,42	2,39	2,75	3,5	-0,2	1,4	1,6
Strom (Mittelspannung)	Cent(2000) / kWh	n.v.	8,4	8,3	8,8	n.v.	-0,1	0,5	n.v.
Strom (Hochspannung)	Cent(2000) / kWh	4,4	5,8	5,9	6,5	2,8	0,2	0,9	1,3
Primärenergieverbrauch	PJ	14.356	13.939	12.733	11.886	-0,3	-0,9	-0,7	-0,6
Mineralöl	%	38,3	36,9	34,8	33,4	-0,7	-1,5	-1,9	-1,1
Naturgase	%	21,1	20,6	22,3	22,5	-0,5	-1,0	-1,0	-0,4
Steinkohle	%	14,0	15,2	17,5	16,6	0,5	1,0	1,7	-0,1
Braunkohle	%	10,8	11,1	11,8	12,6	0,0	-0,7	-1,0	-0,1
Kernenergie	%	12,9	10,0	2,7	0,0	-2,8	-5,9	-15,3	-100,0
Regenerative	%	2,9	6,4	11,0	15,4	8,0	10,5	11,2	5,1
Endenergieverbrauch	PJ	9.241	9.088	8.535	8.073	-0,2	-0,6	-0,6	-0,4
Private Haushalte	%	28,2	30,6	30,4	29,9	0,7	-0,7	-0,7	-0,2
GHD	%	16,0	15,9	15,3	14,2	-0,2	-1,0	-1,3	-0,8
Industrie	%	26,1	24,6	24,8	25,3	-0,7	-0,6	-0,3	-0,5
Verkehr	%	29,8	28,9	29,5	30,6	-0,5	-0,4	-0,2	-0,4
Mineralölprodukte	%	45,1	42,1	36,9	34,1	-0,9	-1,9	-1,3	-1,4
Naturgase	%	24,9	25,0	24,7	23,8	-0,1	-0,7	-0,9	-0,6
Kohle	%	5,3	5,6	5,5	6,0	0,4	-0,9	0,3	0,0
Strom	%	18,8	20,0	21,5	22,4	0,5	0,1	-0,1	0,1
Fernwärme	%	3,5	3,5	3,4	3,2	-0,4	-0,7	-1,3	-0,8
Regenerative	%	2,3	3,8	8,0	10,5	4,9	7,2	2,2	4,7
Bruttostromerzeugung	TWh	575	589	586	586	0,2	0,0	0,0	0,1
Wasser	%	5,1	4,7	5,0	5,0	-0,9	0,7	0,0	-0,1
Kernkraft	%	29,5	21,6	5,3	0,0	-3,0	-13,1		
Steinkohle	%	24,9	27,8	33,1	30,8	1,1	1,8	-0,7	0,7
Braunkohle	%	25,8	27,1	29,0	29,6	0,5	0,7	0,2	0,5
Erdgas	%	8,6	4,8	8,7	10,2	-5,7	6,2	1,6	0,6
Wind	%	1,7	7,3	11,2	15,8	16,0	4,4	3,5	7,8
Sonstige	%	4,5	6,8	7,7	8,7	4,2	1,3	1,2	2,2
Effizienzindikatoren		Absolutwerte							
PEV pro Kopf	GJ / Kopf	175	169	157	150	-0,3	-0,8	-0,4	-0,5
BIP real 95/ PEV	Euro / GJ	137	158	200	243	1,4	2,4	2,0	1,9
Industrieprod./EEV Ind.	Euro / GJ	167	196	240	281	1,6	2,0	1,6	1,7
Personen-km/EEV Pers.-verk.	Pkm / kJ	539	587	643	642	0,9	0,9	0,0	0,6
Tonnen-km/EEV Güterverk.	tkm / kJ	645	738	847	934	1,4	1,4	1,0	1,2
		Absolutwerte				1990-2000	1990-2010	2010-2030	1990-2030
CO_2-Indikatoren		1990	2000	2010	2030				
CO_2-Emissionen	Mio t	1.000	853	830	715	-1,6	-0,9	-0,7	-0,8
CO_2 / BIP real 95	g / Euro	614	388	326	248	-4,5	-3,1	-1,4	-2,2
CO_2 / Einwohner	t / Kopf	15,9	10,3	10,2	9,0	-4,2	-2,2	-0,6	-1,4

n.v. nicht verfügbar
Quelle: EWI/Prognos

Referenzprognose 2005	Einheit	Absolutwerte				% p.a.			
		2000	2010	2020	2030	2000-2010	2010-2020	2020-2030	2000-2030
Ölpreis real 2000	US$(2000)/bl	28	28	32	37	0,0	1,3	1,5	0,9
Deutschland									
Bevölkerung	Mio	82,3	82,4	81,3	79,3	0,0	-0,1	-0,2	-0,1
Private Haushalte	Mio	38,2	39,7	40,0	39,7	0,4	0,1	-0,1	0,1
BIP real 95	Mrd Euro(1995)	1.970	2.238	2.611	2.960	1,3	1,6	1,3	1,4
Industrieproduktion real 95	Mrd Euro(1995)	403	453	527	597	1,2	1,5	1,3	1,3
PKW-Bestand	Mio	42,8	46,9	47,9	47,2	0,9	0,2	-0,1	0,3
Personen-km	Mrd	1.051	1.110	1.089	1.060	0,5	-0,2	-0,3	0,0
Tonnen-km	Mrd	491	598	715	785	2,0	1,8	0,9	1,6
Preise Haushalte (inkl. MwSt), real 2000									
Heizöl leicht	Cent(2000) / l	40,8	38,6	45,2	51,7	-0,6	1,6	1,4	0,8
Erdgas	Cent(2000) / kWh	3,7	4,1	4,7	5,4	1,0	1,4	1,4	1,3
Strom	Cent(2000) / kWh	14,9	16,4	16,0	16,1	0,9	-0,2	0,1	0,3
Benzin bleifrei	Cent(2000) / l	100	108	115	121	0,8	0,6	0,5	0,6
Preise Grosshandel (o. MwSt), real 2000									
Heizöl leicht (Industrie)	Euro(2000) / t	381,5	363,7	423,7	485,2	-0,5	1,5	1,4	0,8
Erdgas (Industrie)	Cent(2000) / kWh	1,71	1,86	2,11	2,34	0,8	1,3	1,0	1,1
Strom (Mittelspannung)	Cent(2000) / kWh	n.v.	8	8,1	8,5	n.v.	0,1	0,5	n.v.
Strom (Hochspannung)	Cent(2000) / kWh	4,4	5,4	5,7	6,2	2,1	0,5	0,8	1,1
Primärenergieverbrauch	PJ	14.356	14.220	13.019	12.129	-0,1	-0,9	-0,7	-0,6
Mineralöl	%	38,3	37,7	38,1	38,0	-0,3	-0,8	-0,7	-0,6
Naturgase	%	21,1	25,2	28,7	31,5	1,7	0,4	0,2	0,8
Steinkohle	%	14,0	11,3	10,8	6,7	-2,2	-1,4	-5,2	-3,0
Braunkohle	%	10,8	10,7	11,6	12,3	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1
Kernenergie	%	12,9	10,0	2,7	0,0	-2,6	-13,1		
Regenerative	%	2,9	5,8	8,3	11,5	7,4	2,7	2,6	4,1
Endenergieverbrauch	PJ	9.241	9.275	8.847	8.427	0,0	-0,5	-0,5	-0,3
Private Haushalte	%	28,2	30,2	29,8	29,3	0,7	-0,6	-0,7	-0,2
GHD	%	16,0	16,0	15,3	14,3	0,0	-0,9	-1,2	-0,7
Industrie	%	26,1	24,9	25,2	25,8	-0,4	-0,4	-0,2	-0,3
Verkehr	%	29,8	29,0	29,6	30,6	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
Mineralölprodukte	%	45,1	43,3	41,0	39,6	-0,4	-1,0	-0,8	-0,7
Naturgase	%	24,9	26,0	26,3	26,3	0,5	-0,4	-0,5	-0,1
Kohle	%	5,3	4,3	3,9	3,9	-2,1	-1,4	-0,5	-1,3
Strom	%	18,8	20,0	21,2	22,0	0,7	0,1	-0,1	0,2
Fernwärme	%	3,5	3,4	3,3	3,1	-0,3	-0,8	-1,2	-0,7
Regenerative	%	2,3	3,0	4,2	5,1	2,8	3,0	1,4	2,4
Bruttostromerzeugung	TWh	575	617	594	584	0,7	-0,4	-0,2	0,1
Wasser	%	5,1	4,4	4,9	5,0	-1,4	1,0	0,2	-0,1
Kernkraft	%	29,5	20,7	5,2	0,0	-3,5	-12,8		
Steinkohle	%	24,9	19,5	18,3	8,5	-2,4	-0,6	-7,4	-3,5
Braunkohle	%	25,8	25,8	28,4	29,3	0,0	1,0	0,3	0,4
Erdgas	%	8,6	16,1	24,4	32,7	6,5	4,2	3,0	4,6
Wind	%	1,7	7,0	11,1	15,8	15,5	4,7	3,6	7,8
Sonstige	%	4,5	6,5	7,6	8,7	3,7	1,6	1,4	2,2
Effizienzindikatoren		Absolutwerte							
PEV pro Kopf	GJ / Kopf	175	173	160	153	-0,1	-0,7	-0,5	-0,4
BIP real 95/ PEV	Euro / GJ	137	157	201	244	1,4	2,5	2,0	1,9
Industrieprod./EEV Ind.	Euro / GJ	167	196	236	275	1,6	1,9	1,5	1,7
Personen-km/EEV Pers.-verk.	Pkm / kJ	539	588	631	631	0,9	0,7	0,0	0,5
Tonnen-km/EEV Güterverk.	tkm / kJ	645	735	836	917	1,3	1,3	0,9	1,2
		Absolutwerte				1990-2000	1990-2010	2010-2030	1990-2030
CO_2-Indikatoren		1990	2000	2010	2030				
CO_2-Emissionen	Mio t	1.000	853	837	717	-1,6	-0,9	-0,8	-0,8
CO_2 / BIP real 95	g / Euro	614	381	321	242	-4,7	-3,2	-1,4	-2,3
CO_2 / Einwohner	t / Kopf	15,9	10,3	10,3	9,0	-4,2	-2,1	-0,6	-1,4

n.v. nicht verfügbar
Quelle: EWI/Prognos

Differenz Ölpreisvariante - Referenzprognose 2005	Einheit	Absolutwerte 2000	2010	2020	2030	Abweichung in % 2010	2020	2030
Ölpreis real 2000	US$(2000)/bl	0	22	15	23	79	47	62
Deutschland								
Bevölkerung	Mio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Private Haushalte	Mio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BIP real 95	Mrd Euro(1995)	0,0	-41,5	-67,0	-73,4	-1,9	-2,6	-2,5
Industrieproduktion real 95	Mrd Euro(1995)	0,0	-14,4	-20,5	-22,4	-3,2	-3,9	-3,7
PKW-Bestand	Mio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Personen-km	Mrd	0,0	-16,5	-26,6	-34,5	-1,5	-2,4	-3,3
Tonnen-km	Mrd	0,0	-7,0	-13,0	-11,0	-1,2	-1,8	-1,4
Preise Haushalte (inkl. MwSt), real 2000								
Heizöl leicht	Cent(2000) / l	0,0	20,8	15,1	23,3	54,0	33,4	45,1
Erdgas	Cent(2000) / kWh	0,0	1,2	0,7	1,4	28,7	15,2	25,6
Strom	Cent(2000) / kWh	0,0	0,5	0,3	0,3	2,9	1,7	1,9
Benzin bleifrei	Cent(2000) / l	0,0	15,6	11,4	18,2	14,5	9,9	15,0
Preise Grosshandel (o. MwSt), real 2000								
Heizöl leicht (Industrie)	Euro(2000) / t	0,0	192,7	137,2	210,1	53,0	32,4	43,3
Erdgas (Industrie)	Cent(2000) / kWh	0,0	0,6	0,3	0,4	30,2	13,0	17,3
Strom (Mittelspannung)	Cent(2000) / kWh	n.v.	0,4	0,2	0,3	4,9	2,8	3,1
Strom (Hochspannung)	Cent(2000) / kWh	0,0	0,4	0,2	0,3	7,6	3,9	4,2
Primärenergieverbrauch	PJ	%-Punkte				-2,0	-2,2	-2,0
Mineralöl	%	0,0	-0,8	-3,3	-4,6	-4,0	-10,8	-14,0
Naturgase	%	0,0	-4,6	-6,4	-9,0	-20,0	-23,9	-30,0
Steinkohle	%	0,0	3,9	6,7	9,9	31,6	58,4	142,9
Braunkohle	%	0,0	0,4	0,2	0,3	1,3	-0,1	0,7
Kernenergie	%	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,2	-3,2	
Regenerative	%	0,0	0,6	2,7	3,9	8,7	30,0	31,0
Endenergieverbrauch	PJ	%-Punkte				-2,0	-3,5	-4,2
Private Haushalte	%	0,0	0,4	0,6	0,6	-0,6	-1,5	-2,2
GHD	%	0,0	-0,1	0,0	-0,1	-2,9	-3,6	-4,9
Industrie	%	0,0	-0,3	-0,4	-0,5	-3,1	-5,2	-6,0
Verkehr	%	0,0	-0,1	-0,1	0,0	-2,4	-3,7	-4,3
Mineralölprodukte	%	0,0	-1,2	-4,1	-5,5	-4,6	-13,1	-17,5
Naturgase	%	0,0	-1,0	-1,6	-2,5	-5,8	-9,3	-13,4
Kohle	%	0,0	1,3	1,6	2,1	27,7	35,4	47,0
Strom	%	0,0	0,0	0,3	0,4	-1,9	-2,3	-2,4
Fernwärme	%	0,0	0,1	0,1	0,1	-0,1	0,5	-1,5
Regenerative	%	0,0	0,8	3,8	5,4	22,8	83,7	97,5
Bruttostromerzeugung	TWh	%-Punkte				-4,5	-1,4	0,4
Wasser	%	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Kernkraft	%	0,0	1,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Steinkohle	%	0,0	8,3	14,8	22,3	36,1	78,0	263,9
Braunkohle	%	0,0	1,2	0,5	0,3	0,1	0,5	1,4
Erdgas	%	0,0	-11,4	-15,7	-22,5	-71,8	-64,8	-68,6
Wind	%	0,0	0,3	0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0
Sonstige	%	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Effizienzindikatoren		Absolutwerte						
PEV pro Kopf	GJ / Kopf	0,0	-3,4	-3,5	-3,1	-2,0	-2,2	-2,0
BIP real 95/ PEV	Euro / GJ	0,0	0,2	-0,8	-1,2	0,1	-0,4	-0,5
Industrieprod./EEV Ind.	Euro / GJ	0,0	-0,2	3,4	6,5	-0,1	1,4	2,4
Personen-km/EEV Pers.-verk.	Pkm / kJ	0,0	-1,4	12,0	11,0	0,0	0,2	0,0
Tonnen-km/EEV Güterverk.	tkm / kJ	0,0	3,0	11,0	17,5	0,0	0,1	0,1
CO_2-Indikatoren		Absolutwerte 1990	2000	2010	2030	Abweichung in % 2010	2020	2030
CO_2-Emissionen	Mio t	0,0	0,0	-7,2	-2,7	0,0	-0,9	-0,4
CO_2 / BIP real 95	g / Euro	0,0	7,2	5,6	5,2	1,9	1,7	2,2
CO_2 / Einwohner	t / Kopf	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0	-0,9	-0,4

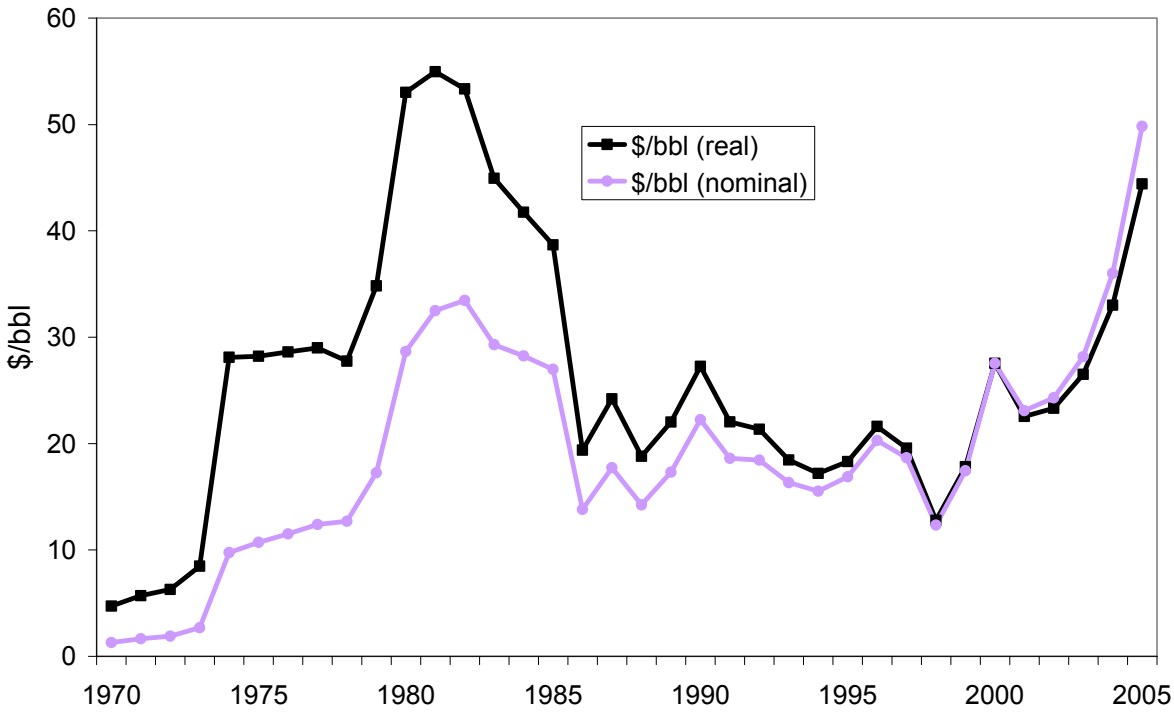
n.v. nicht verfügbar
Quelle: EWI/Prognos

Kurzfassung

Jüngste Ölpreisentwicklung

Der Preis für Rohöl ist in den zurück liegenden Jahren erheblich angestiegen. Gründe hierfür sind sowohl singuläre Ereignisse (Ausfall von Förderkapazitäten durch Hurrikane) als auch strukturelle Einflüsse (wachsende Ölnachfrage aus Asien) sowie anhaltende politische Unsicherheiten in den Öl- und Gaslieferländern.

Entwicklung des Rohölpreises 1970-2005, nominal und real (Preisbasis 2000)



Quelle: BP, Mineralölwirtschaftsverband, EWI/Prognos

Der Preis für Rohöl hat sich mit rd. 50 $/bbl im Jahr 2005 gegenüber den 1990er Jahren nahezu verdreifacht, inflationsbereinigt liegt er unter den Ende der 1970er Jahre erreichten Preisen.

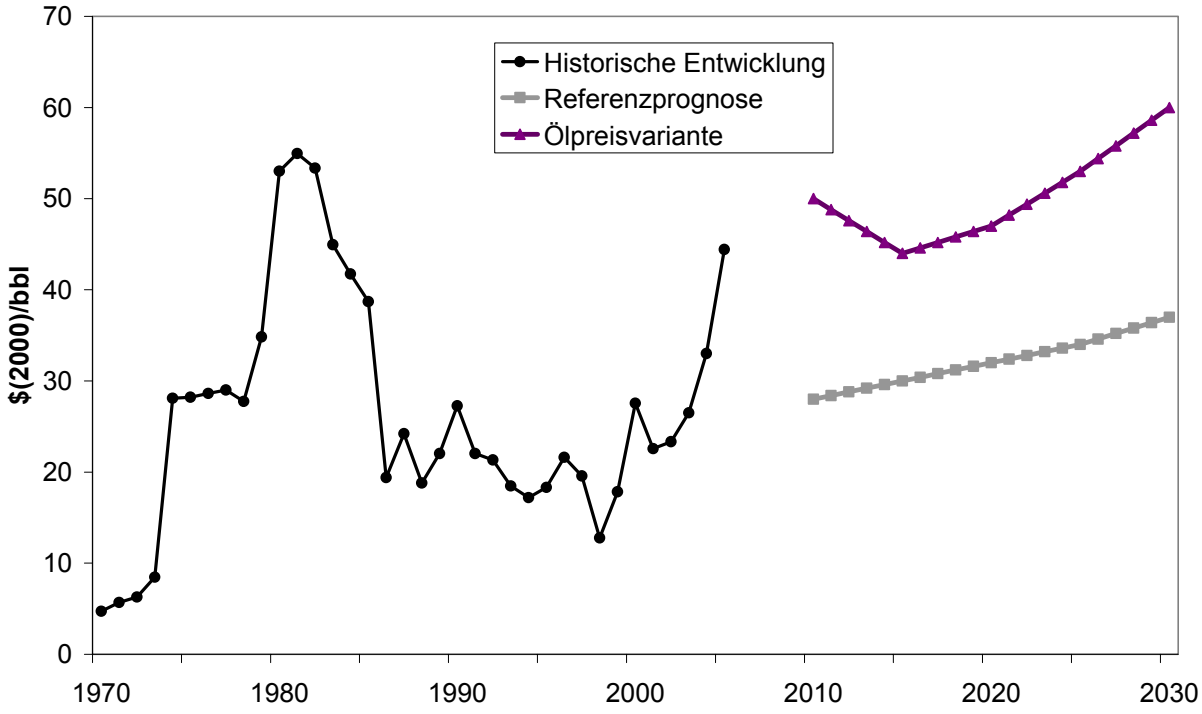
Im Unterschied zum Preisanstieg zu Beginn des Irak-Iran-Krieges 1979 sind die derzeitigen Preissteigerungen nicht nur durch singuläre Ereignisse (Ausfall von Förderkapazitäten infolge von Hurrikanschäden), sondern auch durch strukturelle Einflüsse (Ölnachfrage aus China und Indien) sowie die weiterhin politisch angespannte Lage im Nahen Osten bedingt.

Die längerfristige Verknappung von Ölressourcen wird von EWI/Prognos dagegen nicht als Haupttreiber der aktuellen Preisentwicklung gesehen.

Ölpreisvariante der Referenzprognose

In Ergänzung zur Energiewirtschaftlichen Referenzprognose (Energiereport IV) wird eine Ölpreisvariante untersucht. In ihr liegt der Ölpreis bis zum Jahr 2030 um rd. 60% über dem Preis der Referenz.

Preisentwicklung in der Ölpreisvariante



Quelle: EWI/Prognos

Von den aktuellen Preisen für Rohöl von zeitweise über 70 $/bbl ausgehend sinkt der Ölpreis in der Variante bis 2015 zunächst auf 44 $/bbl (in realen Preisen des Jahres 2000) ab. Der Grund ist eine Ausweitung des Angebots durch Investitionen im Ölsektor infolge hoher Renditen bei den derzeitigen Preisen.

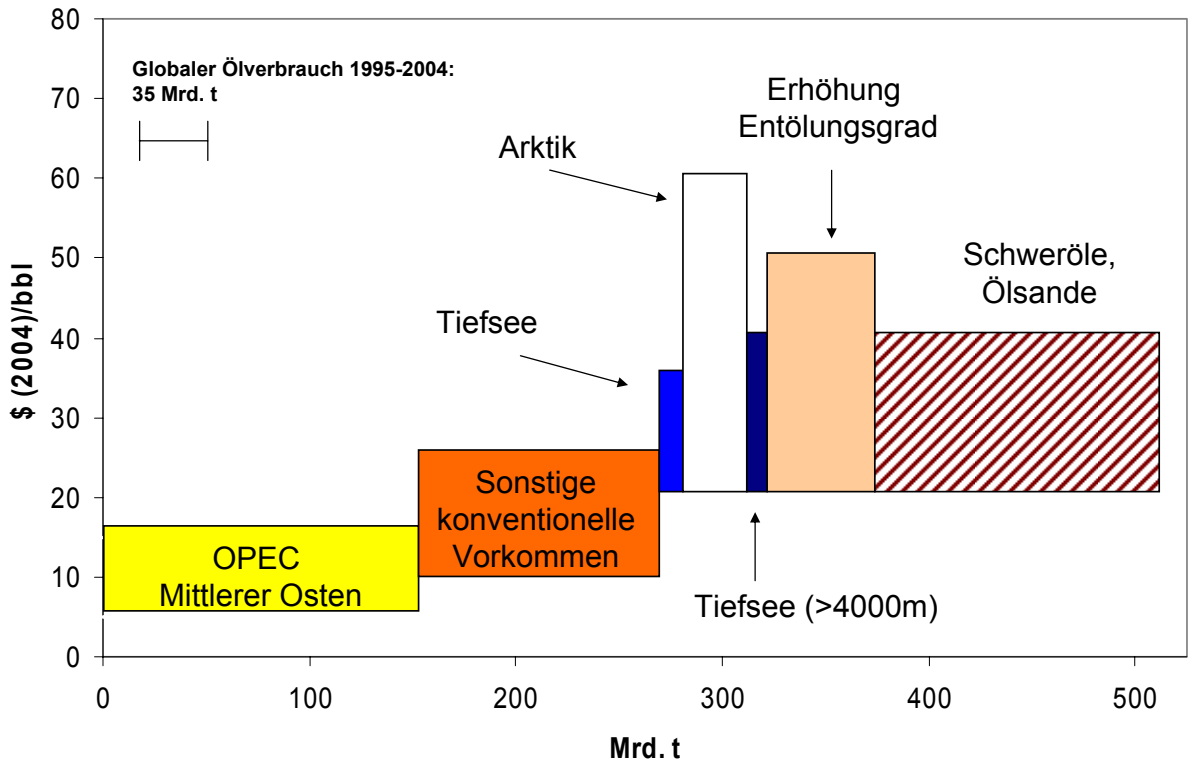
Der Rohölpreis steigt dann bis 2030 auf real 60 $/bbl. Dies entspricht rd. 100 $/bbl in jeweiligen Preisen und liegt gut 60% über der Referenz.

Derart hohe Ölpreise dämpfen die Ölnachfrage im Vergleich zur Referenzentwicklung und lösen zusätzliche Investitionen in die Erschließung konventioneller und nicht-konventioneller Öle aus. Die hier unterstellte Preisentwicklung wird von EWI/Prognos als deutlich weniger wahrscheinlich eingeschätzt als die Referenzprognose.

Höhere Ölpreise und Stabilität der internationalen Angebotsstrukturen

Höhere Ölpreise lassen Vorkommen konventioneller Öle außerhalb der OPEC und nicht-konventionelle Öle rentabel werden. Sie tragen daher zur Stabilisierung des internationalen Ölangebots bei.

Preisabhängige Verfügbarkeit von Erdöl



Quelle: IEA, EWI/Prognos.

Rohölpreise von dauerhaft 30 $/bbl und darüber lassen die Erschließung von Vorkommen konventioneller Öle außerhalb der OPEC, höhere Entölungsgrade der bestehenden Felder und nicht-konventionelle Öle rentabel werden.

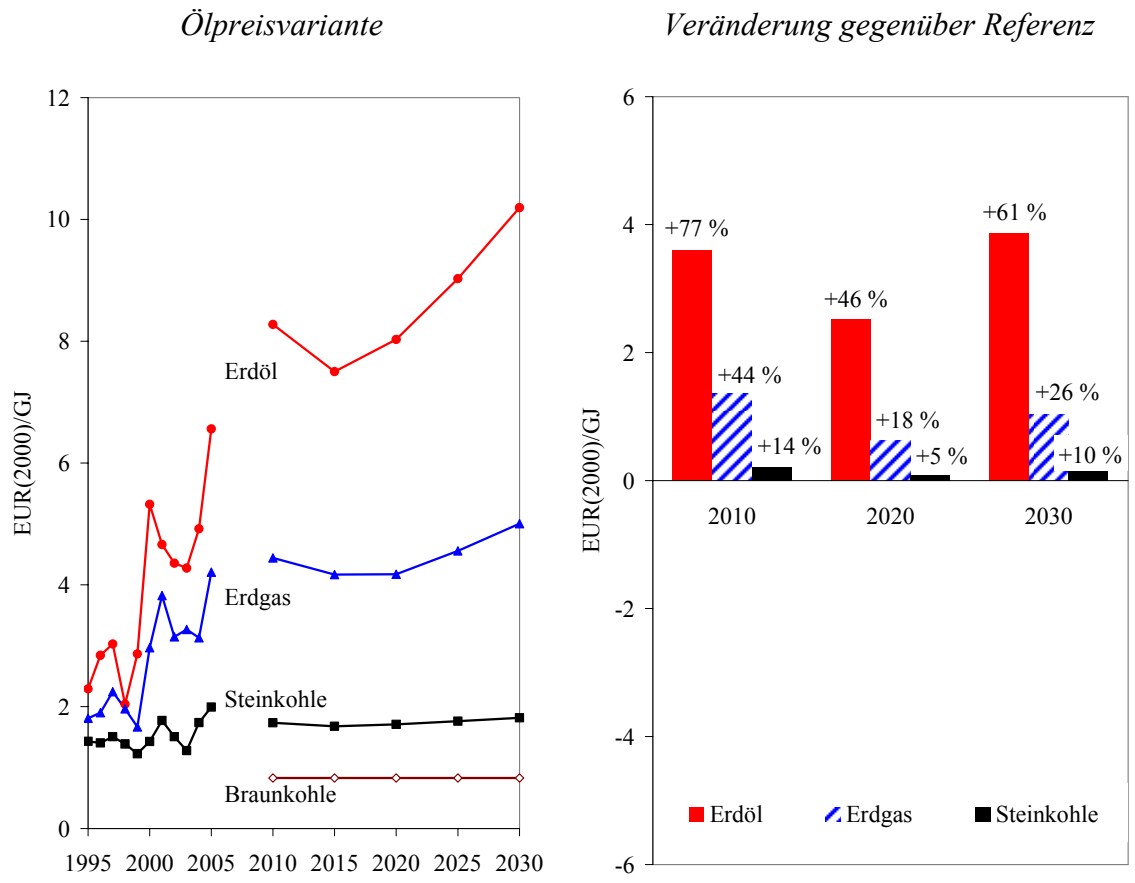
Die nicht-konventionellen Öle schließen Tiefseevorkommen, arktische Ressourcen, Schwer- und Schwerstöle sowie Ölsande und (in der Grafik nicht berücksichtigte) Ölschiefer ein. Bei hohen Ölpreisen steht damit langfristig ein breites Angebotsband an wirtschaftlichen Ölvorkommen zur Verfügung.

Die Produktionskosten dieser Vorkommen sind merklich höher als die der aktuellen Hauptproduktionsstätten. Da die nicht-konventionellen Öle vor allem in Nicht-OPEC-Staaten entwickelt werden, tragen sie zur langfristigen Stabilität des internationalen Ölangebots bei.

Preise für Energierohstoffe

Die Rohölpreise steigen in der Ölpreisvariante gegenüber den 1990er Jahren um das 3-4-fache an. Der Gaspreis entkoppelt sich zunehmend vom Ölpreis. Steinkohle kostet auf dem Weltmarkt nur geringfügig mehr als in der Referenz.

Reale Preise für Erdöl, Erdgas und Kohlen 1995 – 2030



Quelle: BMWi, BAFA, Statistisches Bundesamt, Statistik der Kohlenwirtschaft, EWI/Prognos

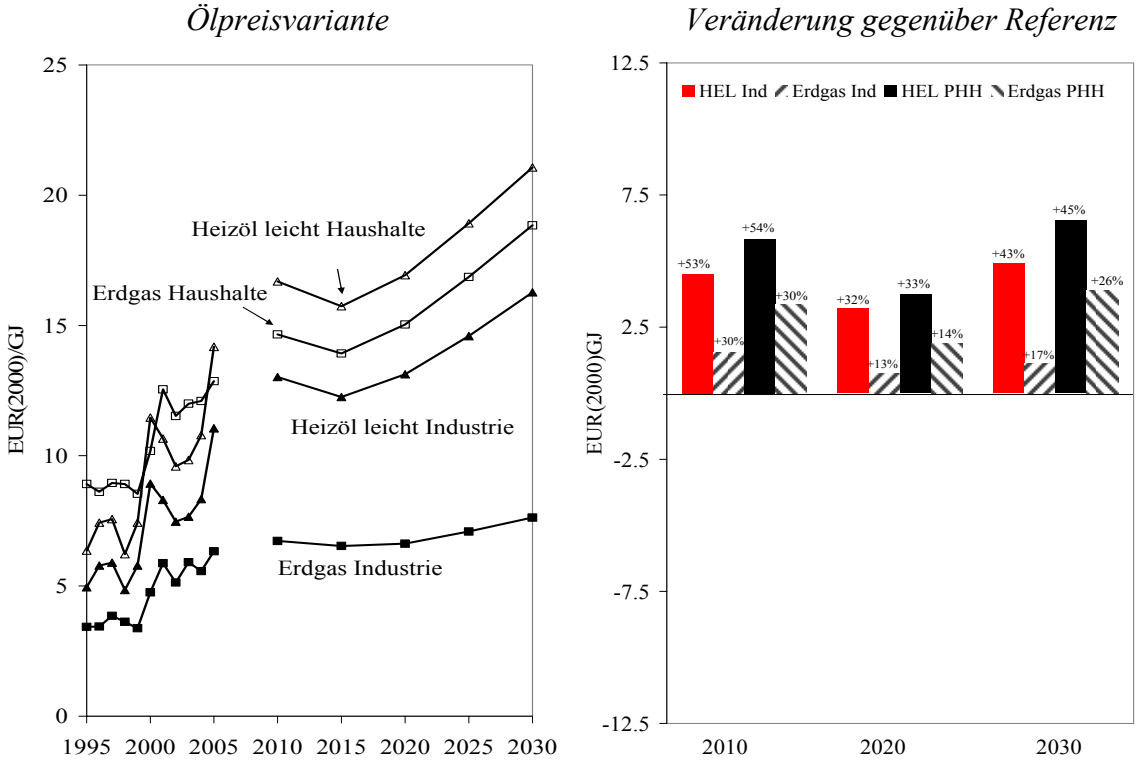
Im Jahr 2030 liegt der Ölpreis um 61 %, der Gaspreis um 26 % höher als in der Referenz. Bei hohen Preisen entkoppelt sich der Gaspreis zunehmend vom Ölpreis. Hierzu trägt auch die Konkurrenz zwischen Gas und Kohle in der Stromerzeugung sowie der zunehmende Wettbewerb um die Gasversorgung Europas – nicht zuletzt durch neue Anbieter von Flüssiggas (LNG) – bei.

Die höheren Öl- und Gaspreise führen zu einem Ausweichen auf Kohlen. Aufgrund reichlicher Kohleressourcen, nur marginal ansteigender Angebotskosten für Steinkohle auf dem Weltmarkt und tendenziell wettbewerblicher Marktstrukturen liegt der Steinkohlenpreis 2030 um nur 10% über der Referenz. Der Braunkohlenpreis in Deutschland orientiert sich an den Förderkosten, die von steigenden Ölpreisen nicht beeinflusst werden.

Verbraucherpreise für Heizöl und Erdgas

Der Rohölpreis macht zwischen 15 % und 60 % der inländischen Endverbraucherpreise aus. Daher fällt der relative Anstieg der Verbraucherpreise geringer aus als derjenige des Importpreises für Rohöl.

Reale Verbraucherpreise für Heizöl und Erdgas 1995 – 2030



Quelle: EWI/Prognos

Neben den Importpreisen bestimmen Energiesteuern, Mehrwertsteuer, CO_2-Belastung sowie Verarbeitungs- und Transportkosten die inländischen Verbraucherpreise für Heizöl und Erdgas. Die Bedeutung der Preiskomponenten unterscheidet sich je nach Energieträger und Abnehmergruppe.

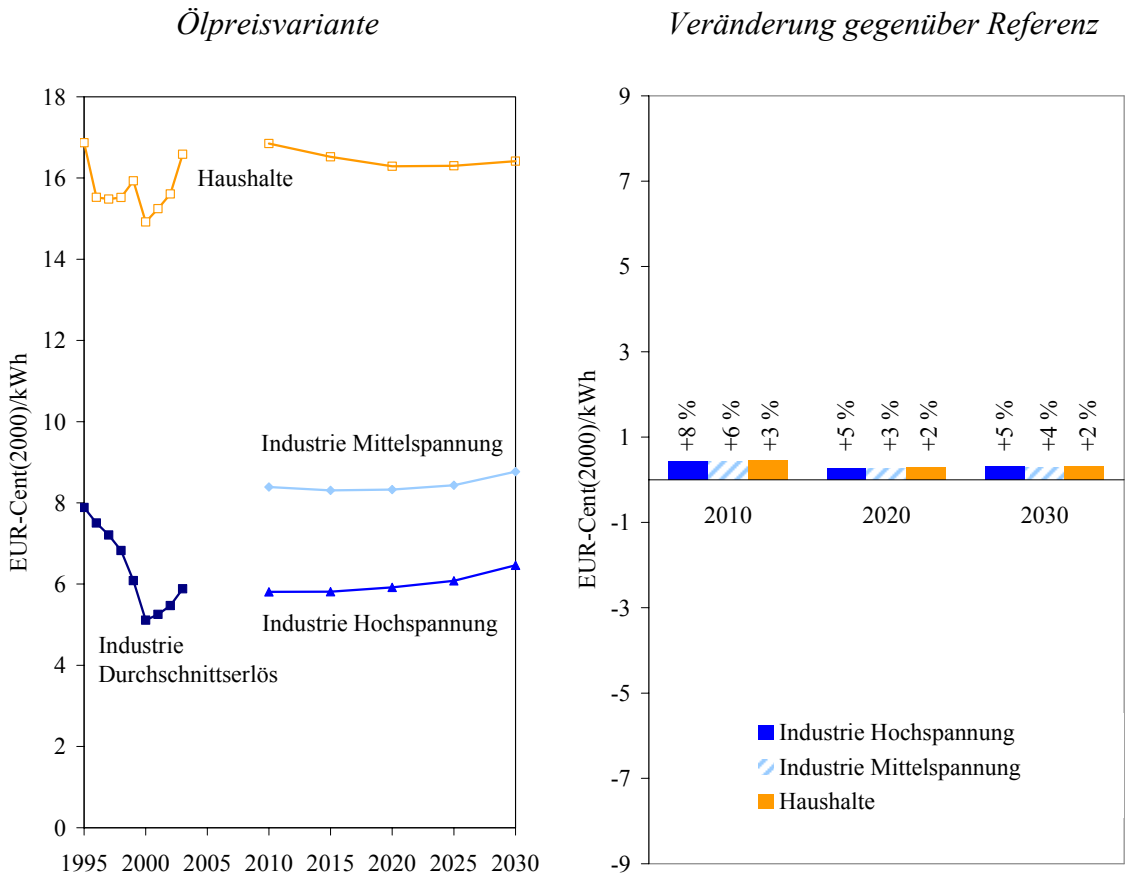
Am geringsten fällt der prozentuale Preisanstieg bei denjenigen Energieträgern aus, die eine hohe Steuerlast tragen. Benzin und Diesel verteuern sich im Vergleich zur Referenz 2010 um 15 % bis 20 %. Bei leichtem Heizöl, das einer niedrigeren Besteuerung unterliegt, beträgt die Erhöhung mehr als 50 %, bei Erdgas sind es rund 30 %.

Die inländischen Verbraucherpreise wurden unter der Voraussetzung abgeleitet, dass Steuern und CO_2-Belastung dieselben sind wie in der Referenzprognose.

Strompreise

Erhöhte Öl- und Gaspreise beeinflussen die Verbraucherpreise für Strom nur geringfügig.

Reale Strompreise 1995 – 2030



Quelle: BMWi, EWI/Prognos

Die Verbraucherpreise für Strom ergeben sich aus den Erzeugerpreisen (Großhandelspreise), den Netzpreisen sowie den Steuern und sonstigen Belastungen.

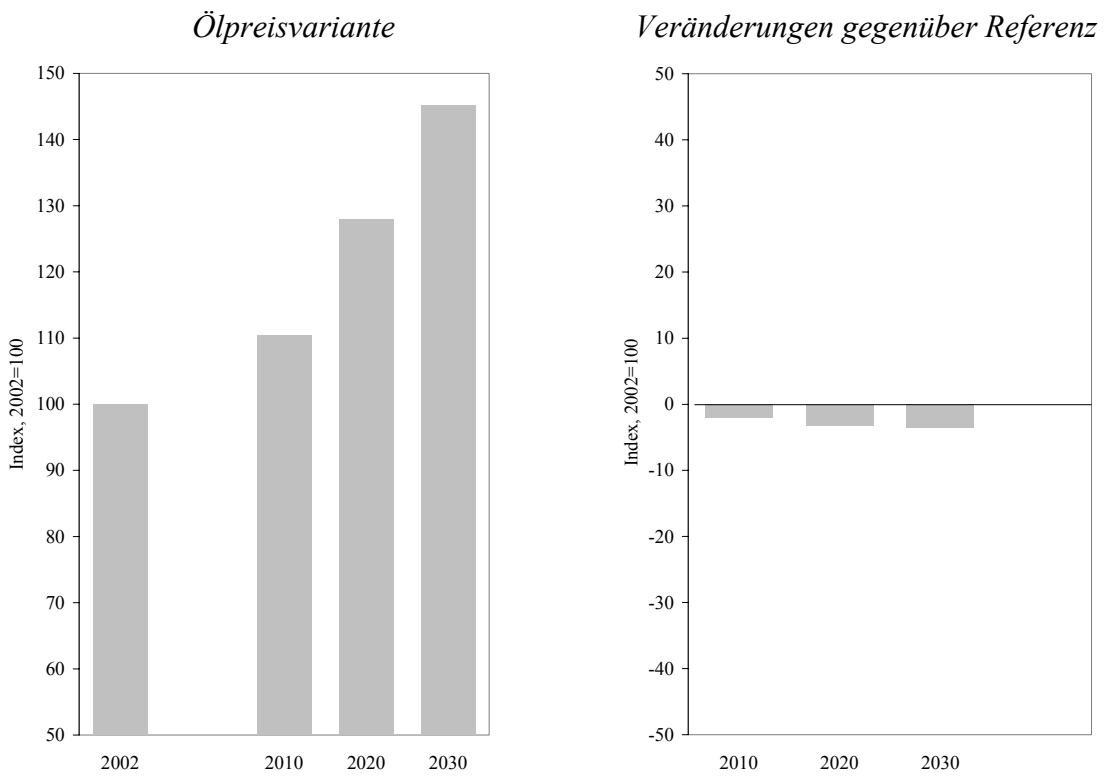
Die höheren Öl- und Gaspreise beeinflussen nur die Erzeugerpreise. Diese liegen im Jahr 2030 um etwa 7% höher als in der Referenz.

Die Industriestrompreise liegen bei Abnahme auf der Hochspannungsebene innerhalb des Betrachtungszeitraums um 5-8%, auf der Mittelspannungsebene um 3-6% höher als in der Referenz. Die Strompreise für die an Verteilnetzen angeschlossenen Haushaltskunden liegen 2-3% über den Referenzpreisen.

Entwicklung von Wirtschaft und Bevölkerung in Deutschland

Das Wachstum der deutschen Wirtschaft wird durch die höheren Energiepreise mittelfristig geringfügig verlangsamt. Im Durchschnitt verringert sich der BIP-Zuwachs von 1,4 % p.a. auf 1,3 % p.a. Im Jahr 2030 liegt das BIP um 2,5 % niedriger als in der Referenzprognose. Es wird dieselbe Bevölkerungsentwicklung wie in der Referenz unterstellt.

Veränderung des reales Bruttoinlandsprodukts 2002 – 2030



Quelle: EWI/Prognos

Das Wirtschaftswachstum wird als Folge höherer Energiepreise verlangsamt. Eine verstärkte Exportnachfrage aus den Energielieferländern kompensiert den zusätzlichen Kaufkraftentzug durch teurere Energieimporte zum Teil.

Durch den zusätzlichen Kaufkraftentzug erleiden vor allem die inlandsorientierten Wirtschaftszweige Nachteile, insbesondere Teile des Dienstleistungsbereichs. Exportorientierte Industriebranchen sind weniger betroffen.

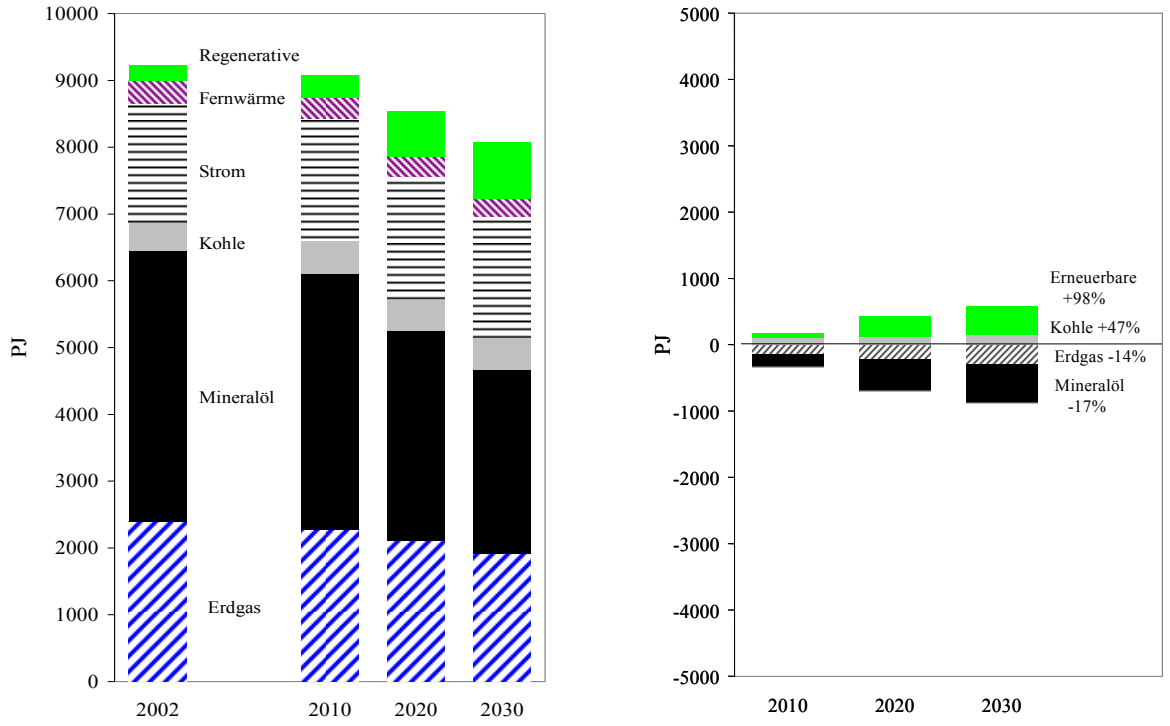
Nach 2015, wenn sich die Wirtschaft an die höheren Preise angepasst hat, wächst sie mit annähernd den gleichen Raten wie in der Referenzprognose. Die höheren Energiepreise haben Konsequenzen für die Beschäftigung: Sie liegt durchweg niedriger als im Energiereport IV, im Jahr 2030 um 650 Tsd Personen.

Endenergieverbrauch insgesamt

Durch höhere Preise wird der Rückgang des Endenergieverbrauchs in allen Sektoren forciert. Gegenüber der Referenz verändert sich die Energieträgerstruktur zugunsten von Kohle und Erneuerbaren, Öl und Gas verlieren Marktanteile.

Endenergieverbrauch nach Energieträgern 2002 – 2030

Ölpreisvariante | *Veränderung gegenüber Referenz*



Quelle: EWI/Prognos

Die höheren Preise fördern Energieeinsparungen und die Nutzung erneuerbarer Energien. Bis zum Jahr 2030 sinkt der Verbrauch in Deutschland um 12,5 %, im Energiereport IV sind es weniger als 9 %.

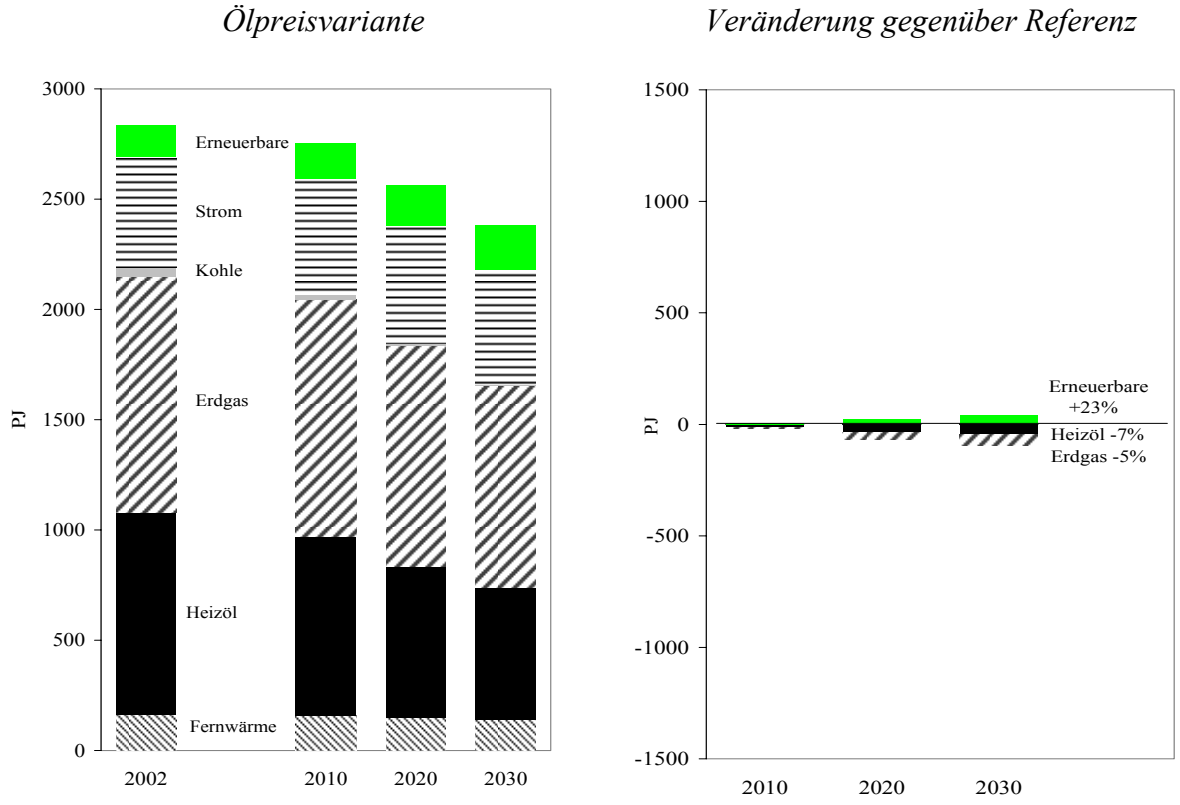
Ursache für die vergleichsweise starken Rückgänge gegenüber der Referenz in den Sektoren Industrie und GHD sind kurze Investitionszyklen. Bei den Privaten Haushalten wirken sich die Einsparinvestitionen erst längerfristig aus.

Besonders deutlich fällt der Nachfragerückgang beim Mineralöl aus, 2030 werden 17,5 % weniger verbraucht als in der Referenz, bei konventionellem Benzin beträgt der Rückgang mehr als 30 %, der Gasverbrauch liegt um mehr als 13 % niedriger. Verstärkt nachgefragt werden Steinkohle (2030: +53 % gegenüber der Referenz) und vor allem regenerative Energien (+98 %). Neben den höheren Preisen spielen insbesondere im Verkehrssektor energiepolitische Maßnahmen eine Rolle.

Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte

Die Privaten Haushalte reagieren auf die höheren Energiepreise in der Ölpreisvariante mit verstärkten Einsparinvestitionen und Veränderungen im Energiemix. Die Auswirkungen auf die Gesamtnachfrage sind bis 2030 insgesamt noch gering.

Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte nach Verwendungszwecken 2002 – 2030



Quelle: EWI/Prognos

Als Reaktion auf die höheren Energiepreise verbessert sich die energetische Qualität von Neubauten, bei Gebäudesanierungen wird der spezifische Verbrauch gegenüber der Referenz nochmals abgesenkt.

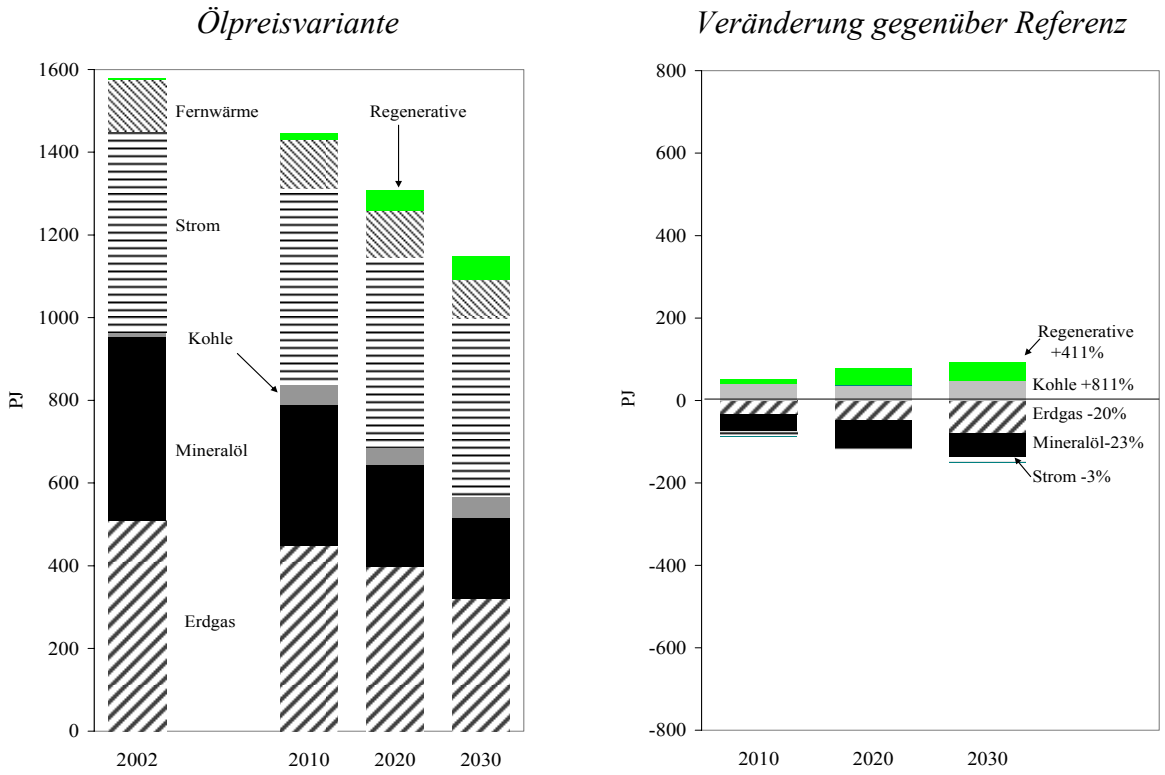
Im Durchschnittsverbrauch des Gebäudebestands werden die Einsparinvestitionen erst allmählich sichtbar. Höheren Sanierungsraten wirkt der Kaufkraftentzug durch die gestiegenen Energiepreise entgegen. Etwas weniger Energie als in der Referenz wird für die Warmwasserbereitung und für den Betrieb von Elektrogeräten benötigt.

Insgesamt liegt der Energieverbrauch der Haushalte im Jahr 2030 um 2,6 % niedriger als im Energiereport IV. Stärker ist der Rückgang bei Heizöl (-7 %) und bei Erdgas (-5 %). Dagegen werden Holz und – mit Hilfe von Wärmepumpen - Umweltwärme vermehrt genutzt.

Endenergieverbrauch im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher (GHD)

Die Energienachfrage im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher (GHD) liegt bei höheren Preisen 2030 um knapp 5 % unter dem Referenzwert, bei Öl und Gas um mehr als ein Fünftel. Der Einsatz regenerativer Energien verfünffacht sich, Kohle gewinnt hinzu.

Endenergieverbrauch im Sektor GHD nach Verwendungszwecken 2002 – 2030



Quelle: EWI/Prognos

Im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher (GHD) verringert sich der Energieverbrauch als Folge der höheren Energiepreise schneller als in der Referenz. Zwischen 2002 und 2030 sinkt er – temperaturbereinigt - um 27 % (Referenz: 23 %).

Besonders ausgeprägt ist der Rückgang des Energiebedarfs für die Raumwärmeerzeugung mit 51 % (Energiereport IV: 46 %). Hier wirken sich die im gewerblichen Bereich kürzeren Investitions- und Sanierungszyklen aus. Bei den anderen Verwendungszwecken sind die Einsparungen gegenüber der Referenzprognose kleiner.

Die meisten Branchen fragen bei höheren Preisen weniger Energie nach als im Energiereport. Wegen der gesteigerten Wertschöpfung (Energiepflanzenanbau) weist die Landwirtschaft einen Mehrverbrauch auf.

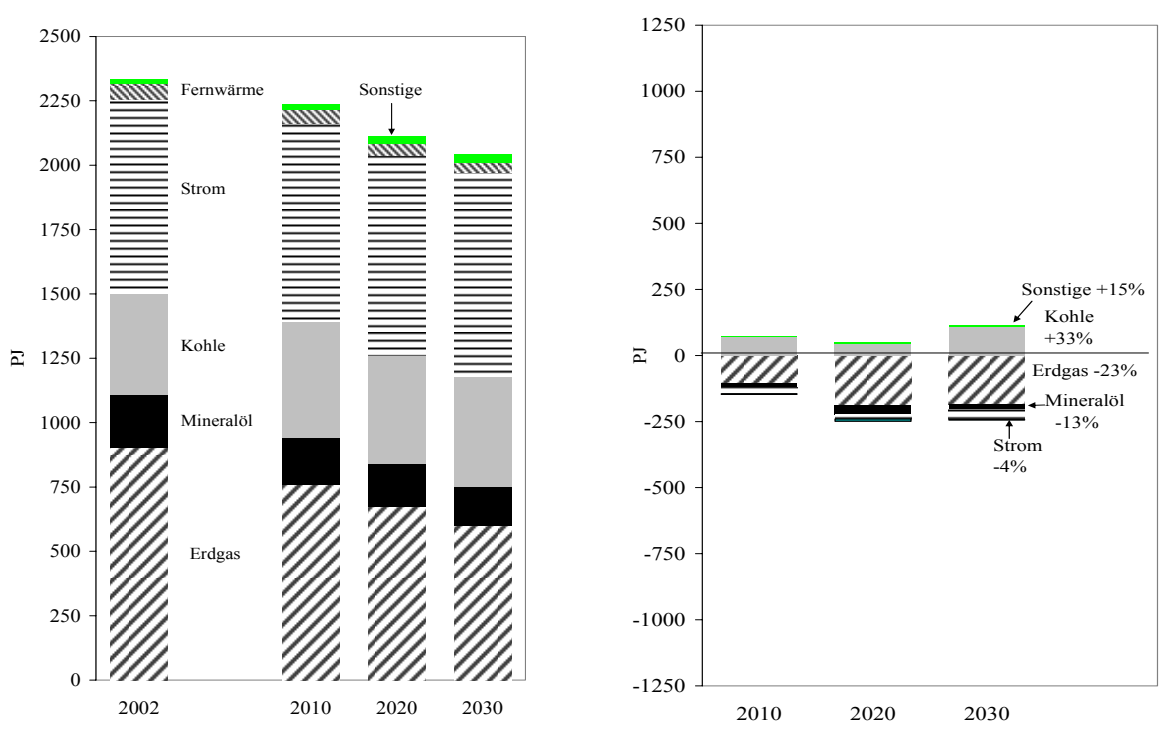
Der Energieträgermix verändert sich stark. Die Nachfrage nach Heizöl und Erdgas liegt 2030 um jeweils mehr als ein Fünftel unter den Referenzwerten, der Einsatz von Erneuerbaren verfünffacht sich, der Steinkohleeinsatz in KWK-Anlagen nimmt zu.

EWI/Prognos

Endenergieverbrauch der Industrie

Der Endenergieverbrauch der Industrie verringert sich bei höheren Energiepreisen zwischen 2002 und 2030 um mehr als 12 %, er liegt dann um 6 % unter dem Referenzwert. Öl und Gas verlieren Marktanteile, Erneuerbare und Kohle gewinnen.

Endenergieverbrauch der Industrie nach Energieträgern 2002 – 2030



Quelle: EWI/Prognos

Die höheren Energiepreise bremsen die Produktionsausweitung, vor allem in den energieintensiven Branchen. Zugleich steigern sie die Rentabilität von Einsparinvestitionen und tragen so zur weiteren Absenkung der spezifischen Brennstoffverbräuche bei.

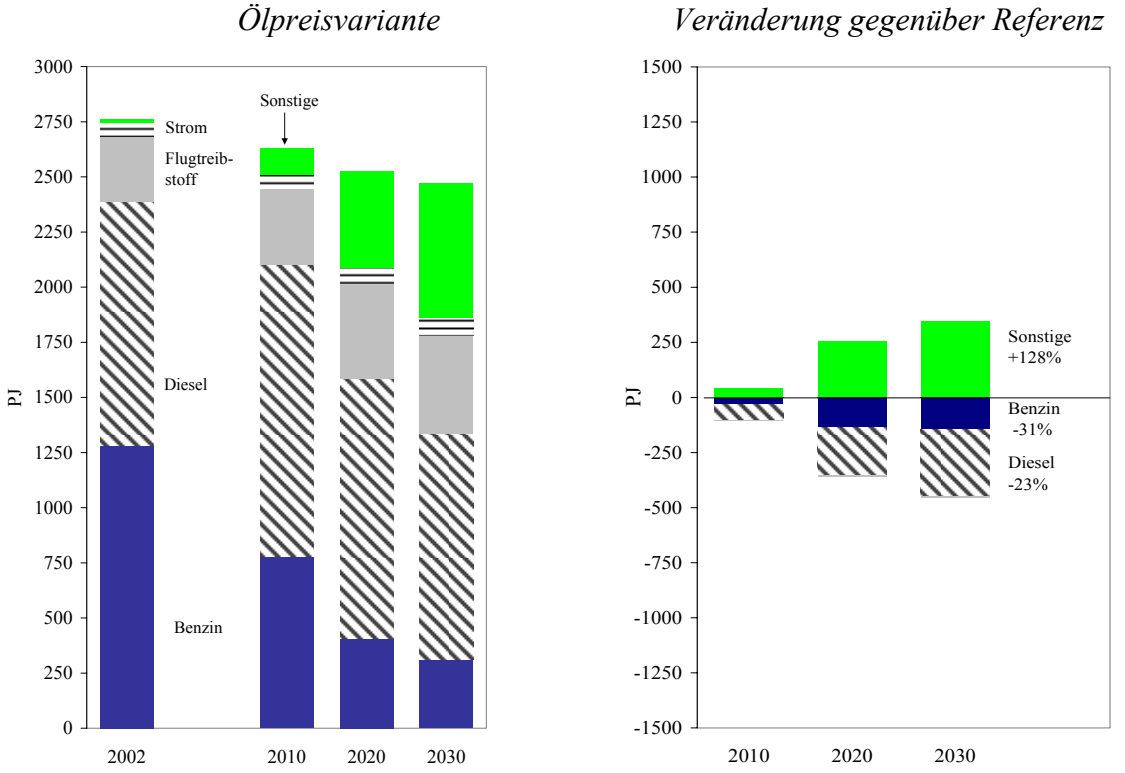
Insgesamt verringert sich der Brennstoffeinsatz bis 2030 um gut ein Fünftel (Referenz: 15 %). Der Erdgasverbrauch liegt 2030 um mehr als 23 % unter dem Referenzwert. Dazu trägt entscheidend die Verdrängung von Gas durch Steinkohle in der Industrie-KWK bei. Die Kohlenachfrage übersteigt vor allem deshalb 2030 den Referenzwert ein Drittel. Damit nimmt der Steinkohleneinsatz in der Industrie zwischen 2002 und 2030 um 16 % zu, der Energiereport weist einen Rückgang von 15 % aus.

Im Vergleich zur Referenz wird 2030 rund 13 % weniger Mineralöl verbraucht, die Nutzung regenerativer Energien liegt um 15 % höher. Der Zuwachs der Stromnachfrage halbiert sich gegenüber dem Energiereport auf 5 %.

Endenergieverbrauch im Verkehrssektor

Die höheren Preise für Benzin und Diesel bewirken im Verkehrssektor markante Veränderungen im Energieträgermix. Der Einsatz von Biokraftstoffen wird – gefördert von Politik und Industrie – massiv ausgeweitet.

Endenergieverbrauch im Verkehr nach Energieträgern 2002 – 2030



Quelle: EWI/Prognos

Im Jahr 2030 kostet Benzin in jeweiligen Preisen 2,23 EUR/l, Diesel 1,98 EUR/l. Die höheren Kraftstoffpreise beschleunigen den Rückgang des Energieverbrauchs im Verkehr. Im Jahr 2030 liegt er um knapp 8 % unter dem Ausgangswert des Jahres 2002 und gut 4 % niedriger als im Energiereport.

Dahinter stehen verringerte Verkehrsleistungen im Personen- und Gütertransport, niedrigere spezifische Verbräuche und leichte Marktanteilsgewinne der Schiene und des ÖPNV.

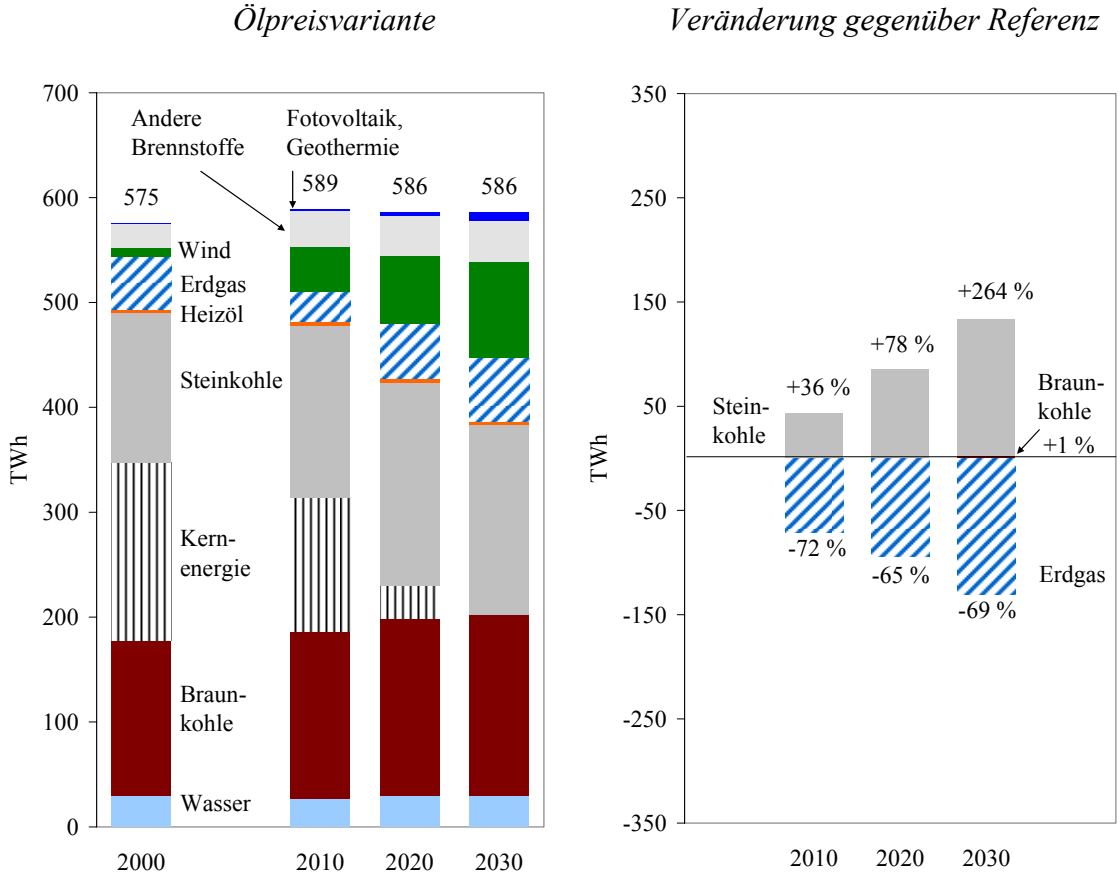
Die Struktur des Kraftstoffverbrauchs verändert sich massiv. Politik und Industrie fördern Entwicklung und Einsatz von biogenen Kraftstoffen, die konventionellem Benzin und Diesel beigemischt werden. Im Vergleich zur Referenz verdreifacht sich der Anteil von Biokraftstoffen im Jahr 2030 auf 20 %.

Erdgas und Wasserstoff werden ebenfalls verstärkt eingesetzt, bleiben aber quantitativ von untergeordneter Bedeutung.

Elektrizitätserzeugung

Durch die – gegenüber der Referenzprognose – deutlich höheren Öl- und Gaspreise verliert das Gas in der Stromerzeugung zugunsten der Steinkohle, die auf dem Weltmarkt langfristig kostengünstig zur Verfügung steht.

Bruttostromerzeugung 2000 – 2030



Quelle: EWI/Prognos

Die gemessen an der Bruttostromerzeugung in der Ölpreisvariante wichtigsten Energieträger sind im Jahr 2030 Steinkohle (31 %), Braunkohle (30 %), Windenergie (16 %) und Erdgas (10 %).

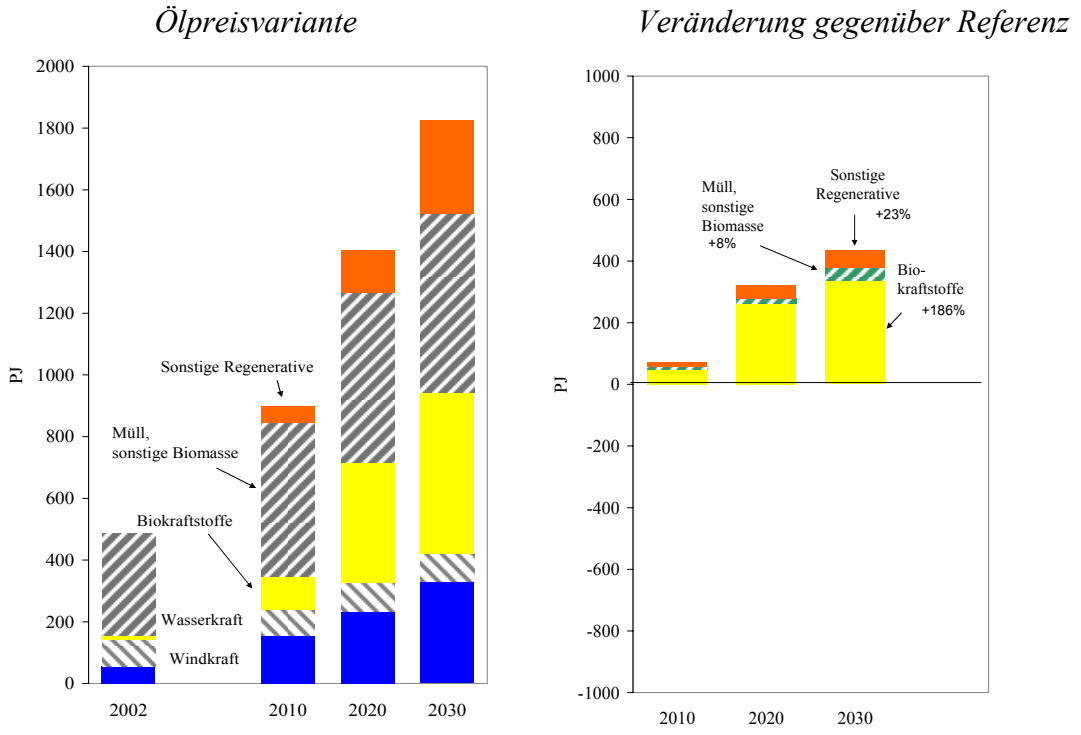
Die gegenüber der Referenzprognose deutlich höheren Öl- und Gaspreise gehen zulasten des Erdgases und zugunsten der Steinkohle in der Stromerzeugung. Die Kernkraftwerke werden entsprechend dem Ausstiegsbeschluss stillgelegt.

Da das Strompreisniveau bei höheren Öl- und Gaspreisen im Jahr 2030 nur um 7 % über der Referenz liegt, ist die Wirtschaftlichkeit der meisten erneuerbaren Energien in der Stromerzeugung weiterhin nicht zu erwarten. Der politisch forcierte Ausbau folgt daher dem Pfad der Referenzprognose.

Erneuerbare Energien

Die höheren Preise für fossile Energieträger verbessern die Marktchancen der Erneuerbaren vor allem im Bereich der Raumwärmeerzeugung und – unterstützt durch politische Maßnahmen – im Verkehrssektor. Der Beitrag der Erneuerbaren zur Deckung des Endenergiebedarfs verdoppelt sich im Vergleich zur Referenzentwicklung.

Nutzung erneuerbarer Energien 2002 – 2030



Quelle: EWI/Prognos

Die höheren Preise für fossile Energien verbessern die Marktchancen erneuerbarer Energien, besonders bei der Erzeugung von Raumwärme. Von den zwischen 2025 und 2030 neu errichteten Wohnflächen werden 30 % mit regenerativen Energien beheizt, in der Referenzprognose sind es 12 %. Auch in der Industrie und im Sektor GHD nimmt die Nutzung Erneuerbarer zum Teil erheblich zu. Ihr Beitrag zur Deckung des Energieverbrauchs in diesen Sektoren bleibt aber gering.

Der Einsatz von Biokraftstoffen wird, gefördert durch politische Maßnahmen, in der Ölpreisvariante stark ausgeweitet. Im Jahr 2030 werden 20 % der gesamten Energienachfrage des Verkehrssektors durch (konventionellen Kraftstoffen beigemischte) Biokraftstoffe gedeckt (Referenz: 7 %), bezogen auf den Straßenverkehr sind es mehr als 25 % (Referenz: 9 %).

In der Stromerzeugung ist die Wirtschaftlichkeit der meisten erneuerbaren Energien auch unter den höheren Öl- und Gaspreisen nicht zu erwarten. Der politisch forcierte Ausbau der erneuerbaren Energien im Elektrizitätssektor folgt dem Pfad der Referenzprognose.

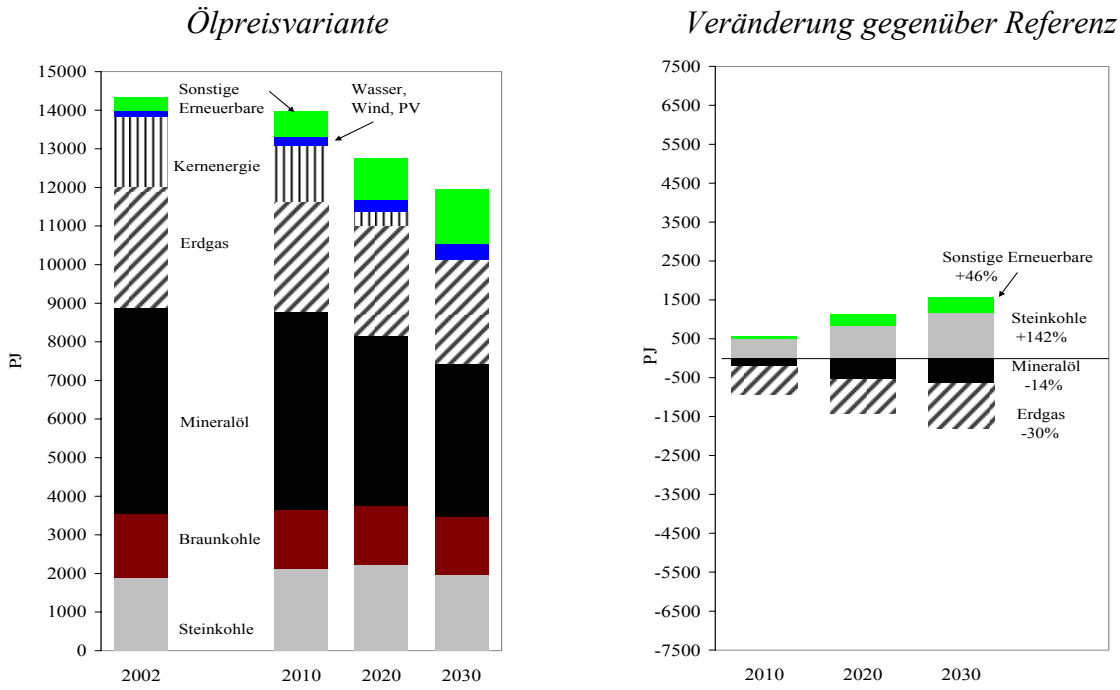
Insgesamt werden im Jahr 2030 rund 15,4 % des Primärenergiebedarfs durch regenerative Energien gedeckt, in der Referenz sind es 11,5 %.

EWI/Prognos

Primärenergieverbrauch

Die höheren Energiepreise beschleunigen den bereits in der Referenz starken Rückgang des Primärenergieverbrauchs. Im Vergleich zum Energiereport verlieren Öl und Gas Marktanteile, die Bedeutung der Kohle und der erneuerbaren Energien nimmt zu.

Primärenergieverbrauch 2002 – 2030



Quelle: EWI/Prognos

Die höheren Energiepreise führen zu einem schnelleren Rückgang des Primärenergieverbrauchs, im Jahr 2030 liegt er um 2 % niedriger als im Energiereport.

Gravierend ist der Einfluss auf den Energiemix. Steinkohle und erneuerbare Energien werden weitaus stärker genutzt als in der Referenz, der Einsatz von Öl und Gas ist geringer. Der Anteil von Steinkohle erhöht sich zwischen 2002 und 2030 von 13 % auf knapp 17 % (Referenz 2030: 7 %), der Beitrag von Erdgas bleibt stabil bei rund 22 % (Referenz 2030: 32 %). Der Anteil der Erneuerbaren liegt 2030 bei 15,4 % (Referenz 2030: 11,5 %). Mineralöl bleibt 2030 mit 33 % der wichtigste Energieträger. Im Vergleich zur Referenz beträgt der Marktanteilsverlust 5 Prozentpunkte.

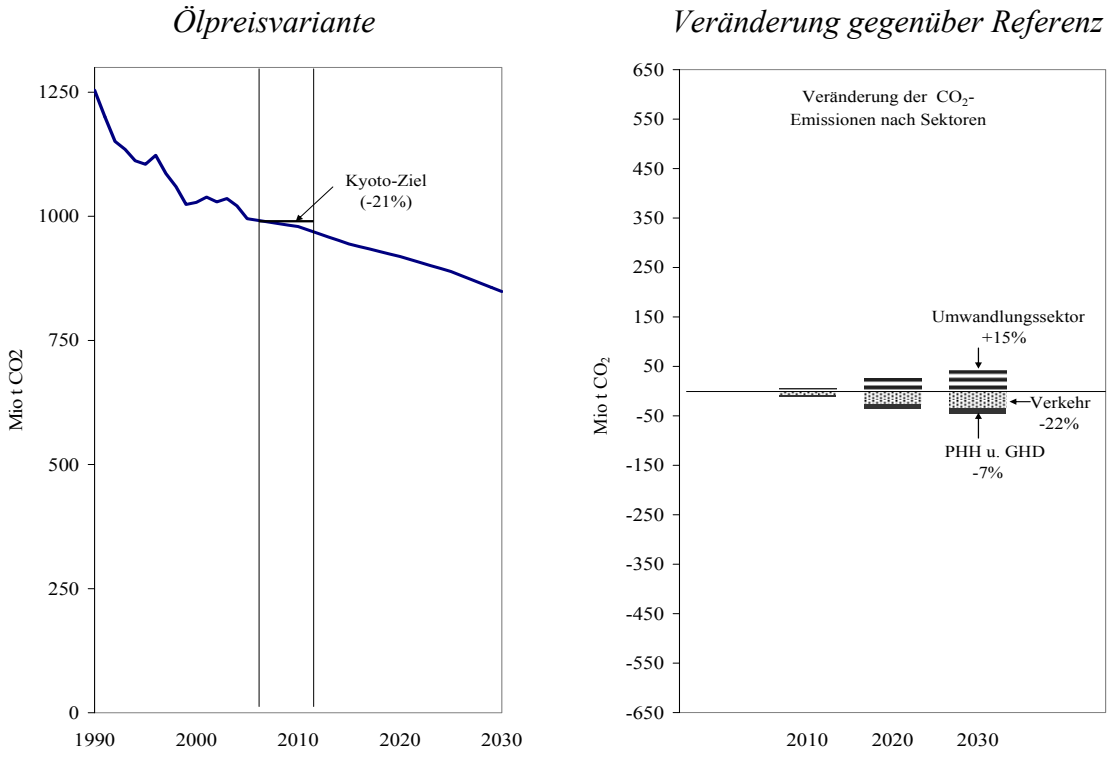
Die Energieeffizienz, gemessen als Relation von BIP und Primärenergieverbrauch, nimmt wie im Energiereport um durchschnittlich 2 % p.a. zu. Der effizienzsteigernde Effekt höherer Energiepreise wird vom effizienzdämpfenden Effekt schwächeren Wirtschaftswachstums kompensiert.

Die Importabhängigkeit verringert sich durch höhere Energiepreise. Im Jahr 2030 werden 734 PJ weniger Energie importiert als in der Referenz. Der Anteil am Primärenergieverbrauch liegt dann bei 69 % (Referenz: 72 %).

Energiebedingte Emissionen

Bei höheren Energiepreisen entwickeln sich die energiebedingten Treibhausgasemissionen insgesamt ähnlich wie im Energiereport IV. Der Umwandlungssektor emittiert 2030 rund 43 Mio t CO_2 mehr als in der Referenz, im Verkehrssektor sind es 32 Mio t weniger. Die Kyoto-Verpflichtung wird erfüllt.

Treibhausgasemissionen insgesamt 1990 – 2030



Quelle: EWI/Prognos

Die Absenkung der Treibhausgasemissionen ist in Ölpreisvariante und Referenzprognose nahezu identisch.

Bei höheren Energiepreisen verringern sich die energiebedingten Treibhausgasemissionen zwischen 2002 und 2030 um 18,9 %. Verglichen mit 1990 liegen sie 2030 um 32,3 % niedriger. Zwischen 1990 und 2010 beträgt der Rückgang 20 %. Unter Berücksichtigung der nicht energiebedingten Treibhausgase wird das Kyoto-Ziel erfüllt.

Aufgrund des verstärkten Einsatzes von Biokraftstoffen liegen die CO_2-Emissionen des Verkehrssektor 2030 um 32 Mio t niedriger als in der Referenz. Auch Haushalte und GHD-Sektor senken ihre Emissionen weiter ab. In der Industrie zeigt sich kein wesentlicher Unterschied.

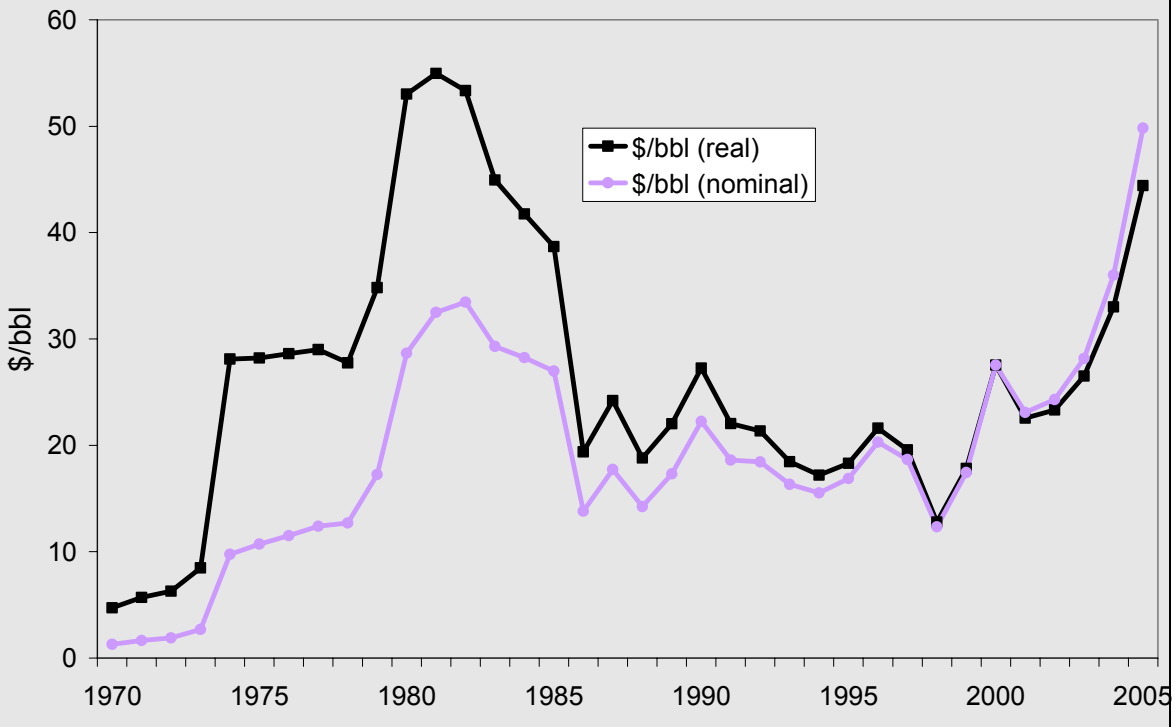
Dagegen übersteigen die Emissionen des Umwandlungssektors den Referenzwert um 43 Mio t. Ursächlich hierfür ist der ausgeweitete Steinkohleeinsatz.

1 Determinanten der Ölpreisentwicklung

Das Wichtigste in Kürze

- Der Preis für Rohöl ist jüngst stark angestiegen. Mit zeitweise über 70 $/bbl liegt er um rund das Dreifache über den Werten der 1990er Jahre. Inflationsbereinigt liegt das Preisniveau ähnlich hoch wie Ende der 1970er Jahre.
- Im Unterschied zum Preisanstieg zu Beginn des Irak-Iran-Krieges 1979 sind die derzeitigen Preissteigerungen nicht nur durch singuläre Ereignisse (Ausfall von Förderkapazitäten infolge von Hurrikanschäden), sondern auch durch strukturelle Einflüsse (Ölnachfrage aus China und Indien) sowie die weiterhin politisch angespannte Lage im Nahen Osten bedingt.
- Eine längerfristige Verknappung von Ölressourcen wird von EWI/Prognos dagegen nicht als Haupttreiber der aktuellen Preisentwicklung gesehen.

Entwicklung des Rohölpreises 1970-2005, nominal und real (Preisbasis 2000)



Quelle: BP, Mineralölwirtschaftsverband, EWI/Prognos

1.1 Jüngste Preisentwicklung

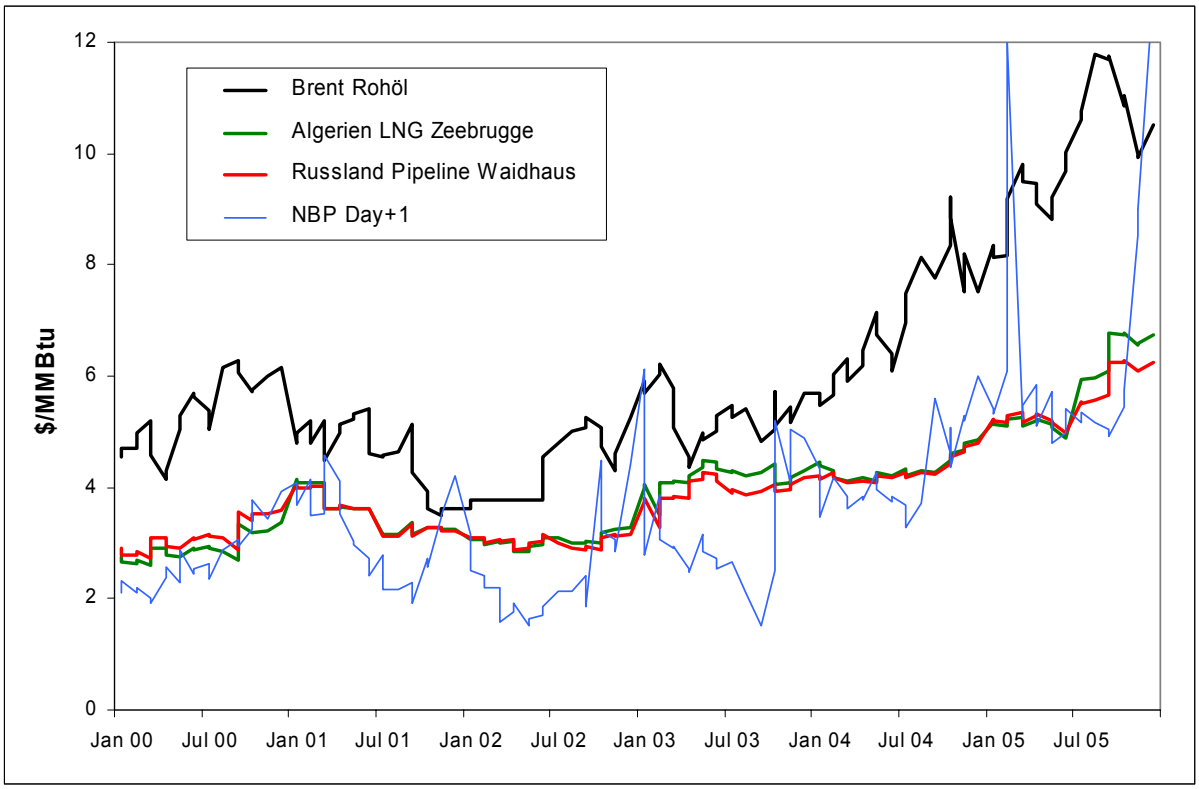
(1) Wir beobachten jüngst einen starken **Preisanstieg für Rohöl**: Nachdem sich der Ölpreis mehr als eine Dekade innerhalb des Preiskorridors der OPEC von 22-28 $/bbl bewegt hatte und im Zuge der Asienkrise 1998 ein Minimum von jahresdurchschnittlich 13 $/bbl annahm, ist er im Jahre 2005 bis auf rd. 50 $/bbl angestiegen. Im April 2006 wurde ein nominales Allzeithoch des Rohölpreises von über 70 $/bbl verzeichnet. Damit hat sich der Rohölpreis gegenüber 1998 mehr als verfünffacht.

(2) Der starke Preisanstieg der letzten Jahre relativiert sich bei **inflationsbereinigter Betrachtung**. Unter Berücksichtigung der historischen Teuerungsraten[1] liegen die derzeitigen Ölpreise ähnlich hoch wie die Anfang der 1980er Jahre während des Irak-Iran-Krieges.

(3) Der Rohölpreis ist nach wie vor ein Leitindikator, an dem sich andere Energiepreise orientieren. Insbesondere **Erdgaspreise** sind eng **an Ölpreise gekoppelt**. Diese Kopplung ist durch entsprechende Klauseln in langfristigen Lieferverträgen bedingt. Durch die mögliche Substitution der Energieträger in zahlreichen Einsatzgebieten wirkt sich eine Änderung des Ölpreises auch auf die kurzfristigen Spotpreise für Erdgas aus. Der Zusammenhang wird aus Abb. 1.1–1 ersichtlich, welche die Entwicklung des Rohölpreises und ausgewählter Grenzübergangspreise bzw. den britischen NBP-Spotmarktpreis für Erdgas darstellt. Sowohl die Preise für Pipeline-Gas als auch die für Flüssiggas (LNG) in den langfristigen Verträgen folgen – in der Regel zeitlich verzögert – der Entwicklung des Ölpreises. Die kurzfristigen Spotpreise schwanken zwar zum Teil erheblich, in einer geglätteten Betrachtung bewegen sie sich jedoch auch weitgehend vergleichbar zu den Gaspreisen des langfristigen Handels.

[1] Wir verwenden den amerikanischen BIP-Deflator des Bureau of Economic Analysis.

Abb. 1.1-1: Entwicklung von Öl- und Gaspreisen



Quelle: European Gas Markets, UK Gas Report.

1.2 Treiber der Preisentwicklung

(1) Im Unterschied zu den Preisanstiegen während der Ölpreiskrisen in den 1970er Jahren lässt sich für den jüngsten Preisanstieg nicht ein einzelnes Ereignis (OPEC-Politik bzw. Sturz des Schahs und Irak-Iran-Krieg) als alleinige Ursache identifizieren. Vielmehr wirkt ein **Bündel Preis beeinflussender Faktoren** auf die Märkte ein, denen die Preisreaktionen nicht exakt zugeordnet werden können. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die starken Ausschläge im Sommer 2005 wesentlich durch die Hurrikane „Katrina“ und „Rita“ bestimmt wurden, die zahlreiche Öl- und Gasförderplattformen im Golf von Mexiko beschädigt oder zerstört haben.[2] Diese Ausnahmeereignisse („Jahrhundertstürme“) verstärkten die ohnehin angespannte Lage des internationalen Ölmarktes.

(2) Hauptfaktoren für die angespannte Ausgangssituation sind das äußerst robuste Wirtschaftswachstum und daraus abgeleitet das **Wachstum der Ölnachfrage in Asien** (vor allem China) bei gleichzeitig knappen Produktionskapazitäten. So verfügt derzeit lediglich

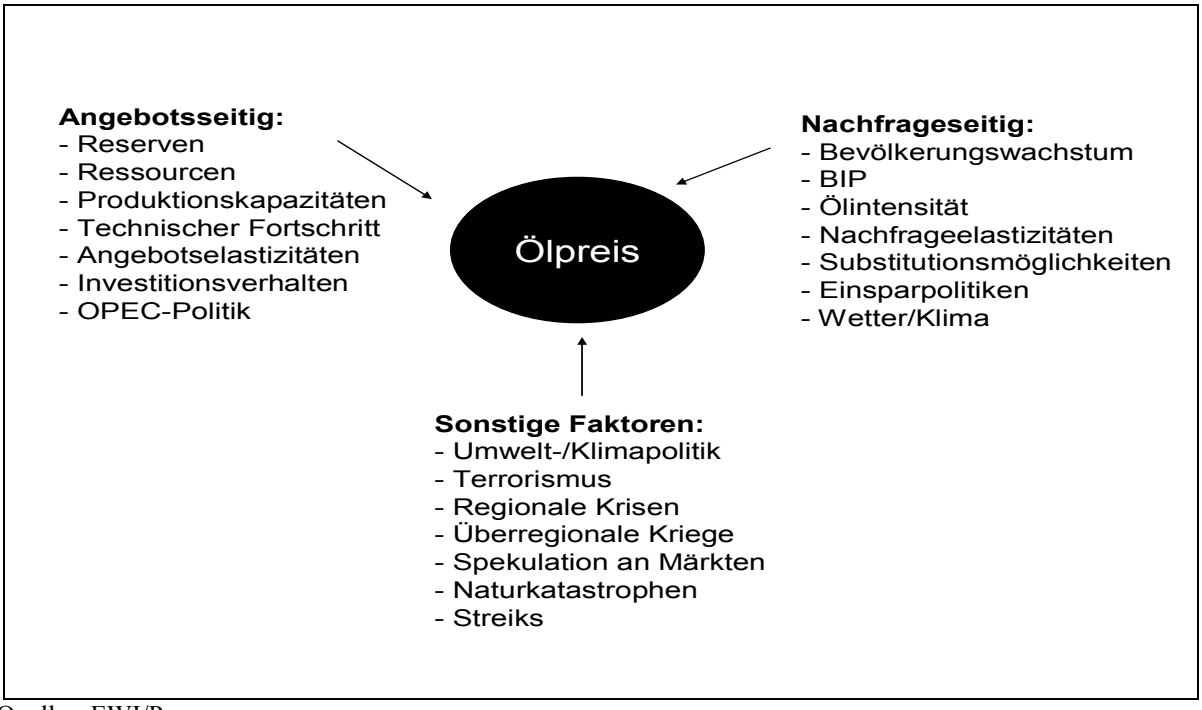
[2] Clark (2005).

Saudi Arabien über nennenswerte Zusatzkapazitäten, die kurzfristig abrufbar sind und bei kurzfristigen Anstiegen der Nachfrage oder Ausfällen anderer Anbietern tendenziell Preis dämpfend wirken können.

(3) Darüber hinaus beeinflussen die **unsichere politische Lage** im Irak und in anderen Staaten des Mittleren Ostens sowie die stete Furcht vor Terroranschlägen die Preisentwicklung. Angesichts des internationalen Konflikts um das iranische Atomenergieprogramm wird auch das Einsetzen der „Waffe Erdöl" in Form von Lieferboykotts oder Kapazitätszurückhaltungen nicht ausgeschlossen. Ähnliche Boykottandrohungen sind auch von Seiten Venezuelas in Richtung der USA für den Fall einer innenpolitischen Einmischung zu vernehmen. In einem solchen angespannten Marktumfeld reagieren die Preise äußerst sensibel auf ansonsten vergleichsweise unbedeutende Ereignisse wie Streiks oder Streikandrohungen (jüngst in Nigeria, Venezuela oder Norwegen). Andere grundsätzlich Preis dämpfend wirkende Maßnahmen wie die Freigabe strategischer Ölreserven oder Ankündigungen höherer Förderquoten entfalten unter derartigen Bedingungen kaum eine Preis entlastende Wirkung.

(4) Grundsätzlich lassen sich die wesentlichen Bestimmungsfaktoren des Ölpreises nach **angebots- und nachfrageseitigen Faktoren** klassifizieren (Abb. 1.2-1).

Abb. 1.2-1 Wesentliche Bestimmungsfaktoren des Ölpreises



Quelle: EWI/Prognos.

Die meisten **angebotsseitigen Einflussfaktoren** sind vor allem für die langfristige Preisentwicklung relevant. Dies gilt insbesondere für die globalen Reserven bzw. die Überführung von Ressourcen in Reserven durch technischen Fortschritt und Investitionen in Exploration, Feldentwicklung und Erhöhung von Entölungsgraden („Reservenwachstum"). Aufgrund hoher Kapitalintensität und langer Bauzeiten stellen die Produktionskapazitäten ebenfalls eine mittel- bis langfristige Determinante der Ölpreisentwicklung dar. Die Politik der OPEC (Fördermengenverknappung oder Ausruf eines neuen Preiskorridors) kann den Ölpreis sowohl langfristig als auch kurzfristig beeinflussen.

Auch **nachfrageseitig** überwiegen die langfristigen Einflussgrößen: Entwicklung von Bevölkerung und Wirtschaftsleistung, spezifische Verbräuche von Produktionsprozessen und Transport- und Heizungssystemen. Substitutionsmöglichkeiten und Einsparmaßnahmen sind an Investitionszyklen gebunden und kommen mittel- bis langfristig zum Tragen.

(5) Die Frage, ob es sich mit dem jüngsten Preisanstieg um einen **strukturellen Bruch oder ein vorübergehendes Phänomen** handelt, lässt sich aus heutiger Sicht nicht eindeutig beantworten. Allerdings sind die meisten der für den Preisanstieg verantwortlichen Faktoren eher kurz- bis mittelfristiger Natur. Wenig spricht dafür, dass die Förderkapazitäten dauerhaft am Limit operieren oder dass Naturkatastrophen regelmäßig zu unvorhersehbaren Schäden vergleichbar denen der Sommerhurrikans „Rita" und „Katrina" führen. Lediglich der stark zunehmende Ölverbrauch in China und einigen anderen Staaten fällt in die Kategorie der langfristigen Preistreiber. Ein dauerhaftes Verharren des Ölpreises auf dem derzeitigen, historisch äußerst hohen Niveau ist aus Sicht der Autoren dadurch nicht zu begründen. Ein Ölpreis von langfristig 30 $/bbl oder darüber führt neben einer möglichen Dämpfung des Nachfragewachstums zu erheblichen Ausweitungen des Ölangebots: Zusätzliche konventionelle Ölvorkommen außerhalb der OPEC, die Realisierung höherer Entölungsgrade und die Förderung nicht-konventioneller Öle werden dann rentabel. Bislang beruhten Investitionsentscheidungen der meisten Ölunternehmen in Exploration und Fördertechnik auf langfristigen Ölpreisen von 20-25 $/bbl.

1.3 Diskussion aktueller Ölpreisszenarien

(1) Seit Erscheinen des Energiereport IV (EWI/Prognos 2005) sind angesichts steigender Rohölpreise eine Vielzahl von **Untersuchungen mit divergierenden Ergebnissen** zur langfristigen Energiemarkt- und Ölpreisentwicklung publiziert worden. Dieser Abschnitt versucht, anhand ausgewählter Publikationen einen Überblick über die Debatte zu geben.

(2) Methodisch lassen sich langfristig angelegte **Fundamentalanalysen**, die grundlegende Determinanten des Energieangebots und der Energienachfrage berücksichtigen, und eher kurzfristig orientierte Zeitreihen- und Chartanalysen unterscheiden.

(3) **Zeitreihen- und Chartanalysen**, auf die sich Nachrichtenmeldungen häufig beziehen, tendieren in einer Phase steigender Preise zur Fortschreibung des aktuellen Trends und prognostizieren daher vielfach Ölpreise, die in wenigen Jahren die 100 $/bbl-Marke überschreiten. Die methodisch bedingten Unsicherheiten derartiger Preisprojektionen steigen mit der Reichweite ihres Prognosehorizonts. Sie eignen sich daher besser für kurzfristige Ölpreisschätzungen (zur Unterstützung von Handelsgeschäften in Tagen, Wochen oder wenigen Monaten), weniger für längerfristige Projektionen. Dementsprechend werden derartig basierte Langfristpreisschätzungen häufig bereits infolge kurzfristiger Schwankungen des Ölpreises grundlegend revidiert, was deren mangelnde fundamentale Unterstützung widerspiegelt. Derartige Preisvorhersagen lassen wir für das Weitere außer acht.

(4) Wir betrachten eine Auswahl einschlägiger, fundamentale Determinanten berücksichtigender Veröffentlichungen zur langfristigen Entwicklung der Energiemärkte: darunter zwei Ausgaben des „Annual Energy Outlook“ des amerikanischen Department of Energy (EIA 2005, EIA 2006), die Studie „Resources to Reserves“ der Internationalen Energieagentur (IEA 2005a), die Untersuchung „Strategie 2030 – Energierohstoffe“ (HWWI und Berenberg Bank 2005), eine Analyse zur längerfristigen Ölpreisentwicklung des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW 2005). Angesichts steigender Ölpreise hat die IEA als Vertiefung zu ihrem (noch) aktuellen „World Energy Outlook“ (IEA 2004) ein „Deferred Investment Scenario“ entwickelt (IEA 2005). Diese Studien werden im Weiteren hinsichtlich ihrer Ölpreisprojektionen vergleichend dargestellt.

(5) Tab. 1.3-1 stellt die Angaben bezüglich der Preisentwicklung für Rohöl in diesen Publikationen zusammen.

EWI/Prognos

Tab. 1.3-1: Ölpreise in ausgewählten Veröffentlichungen

Quelle	Titel	Szenario/Prognose	Preisbasis	2010	2015	2020	2025	2030
EWI/Prognos 2005	Energiereport IV	Referenzprognose	Nominal	34	39	46	53	63
			2000	28	30	32	34	37
EIA 2005	International Energy Outlook	Reference	2003		32		35	
		Low Price	2003		21		21	
		High Price	2003		37		48	
EIA 2006	Annual Energy Outlook	Reference	2004	44		45		50
		Low Price	2004	37		28		28
		High Price	2004	59		80		90
EU 2003	WETO 2030	Reference Scenario	1995	24		29		35
IEA 2004/2005	World Energy Outlook/	High Price Scenario	Nominal	40		50		65
			2004	35		37		39
	World Energy Outlook Insight	Deferred Investment Scenario	Nominal	47		63		86
			2004	41		46		52
DIW 2005	Szenarien des DIW Berlin	Referenz A	2000	34			38	
	A: ohne Ressourcenrestriktionen	Referenz B	2000	69			77	
	B: mit Ressourcenrestriktionen	Höhere Preiselastizität Nicht-OPEC A	2000	25			28	
		Höhere Preiselastizität Nicht-OPEC B	2000	62			69	
		Höhere Preiselastizität Nachfrage A	2000	28			32	
		Höhere Preiselastizität Nachfrage B	2000	47			52	
		Internalisierung Umweltschutzkosten A	2000	31			34	
		Internalisierung Umweltschutzkosten B	2000	67			74	
HWWI/	Energierohstoffe - Strategie 2030	Basisszenario	Nominal	50		75		120
Berenberg Bank		Verstärkte Energieeinsparung	Nominal	49		70		105
2005		Halbierung Neufunde	Nominal	52		85		154
		Stärkere Ölpreisreaktion	Nominal	51		80		135
		Energieeinsparung Nordamerika	Nominal	49		71		113
		Höheres Wachstum Asien	Nominal	51		82		145

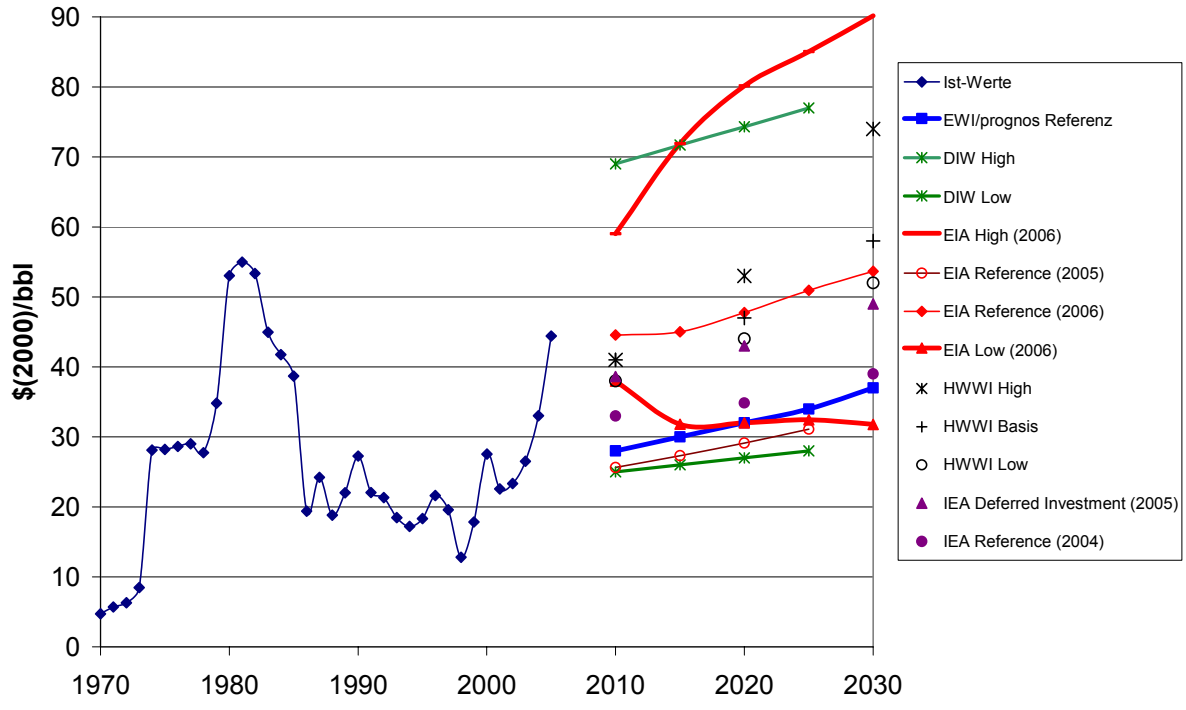
Quelle: EWI/Prognos sowie die in der Tabelle angegebenen Quellen.

(6) Bei der Interpretation der Preise in Tab. 1.3-1 ist zu berücksichtigen, dass ein direkter Vergleich mit den Werten des Energiereport IV nur bedingt möglich ist: Die Szenarien haben vielfach den Charakter explorativer Szenarien („Was wäre wenn..?“) oder sie sind auf das Abstecken von **Bandbreiten** ausgerichtet – womit sie sich vom Konzept der energiewirtschaftlichen Referenzprognose unterscheiden.[3]

Um die Bandbreiten der Ölpreise dieser Untersuchungen zu illustrieren, rechnen wir die jeweils angeführten Preisangaben auf eine einheitliche Preisbasis $(2000)/bbl um. Dabei unterstellen wir pauschal eine Teuerungsrate von 1,5% p.a. (Abb. 1.3-1).

[3] EWI/Prognos (2005), S.1.

Abb. 1.3-2: Szenarien der Ölpreisentwicklung



Quelle: DIW (2005), EIA (2005), EIA (2006), EWI/Prognos (2005), HWWI (2005), IEA (2004), IEA (2005).

(7) Die Untersuchungen **EIA (2006)** und **DIW (2005)** sind Beispiele dafür, wie anhand von Hochpreis- und Tiefpreis-Szenarien sehr weite Bandbreiten der Ölpreisentwicklung aufgespannt werden: Die Ölpreise liegen bei EIA (2006) im Jahr 2030 zwischen real 28 $(2000)/bbl und 90 $(2000)/bbl. Bei DIW (2005) liegen sie im Jahr 2025 zwischen 28 $(2000)/bbl und 77 $(2000)/bbl.

(8) Interessant ist das Ergebnis des als Vertiefung zum letzten IEA World Energy Outlook (**IEA 2004**) konzipierten Insight-Report (**IEA 2005**). Dieser präsentiert eine Modellrechnung mit dem Ergebnis merklich höherer Ölpreise infolge reduzierter Investitionen in den Staaten des Mittleren Ostens und Nordafrika. Die bis 2030 kumulierten Investitionen liegen in diesem „Deferred Investment Szenario“ um fast ein Viertel unter denen der IEA-Referenz. Die Konsequenz sind Ölpreise, die im Jahr 2030 nominal knapp 90 $/bbl – entsprechend real 49 $(2000)/bbl – betragen, sowie ein Rückgang der weltweiten Ölnachfrage um ca. 9% (2030)

gegenüber den Werten der IEA-Referenz (2004). Dieses Szenario ist jedoch eher als eine „pessimistische“ Ergänzung denn als Revidierung des Referenzlaufs zu verstehen.[4]

(9) Etwas anders gelagert ist das Hochstufen der Ölpreisprojektion durch das amerikanische Department of Energy im aktuellen Annual Energy Outlook (**EIA 2006**). Gegenüber der Studie des Vorjahres wurden die Ölpreiserwartungen in allen drei Szenarien, die sich durch die Höhe der weltweit zur Verfügung stehenden Reserven und Ressourcen unterscheiden, neubewertet. Der Grund für die Neubewertung liegt in geringeren erwarteten Investitionen im Ölsektor ressourcenreicher Länder. Es ist bemerkenswert, dass sich die Erwartungen hinsichtlich der langfristigen Ölpreisentwicklung (bis 2025 bzw. 2030) hier innerhalb eines Jahres um mehr als 1/3 verändert haben.

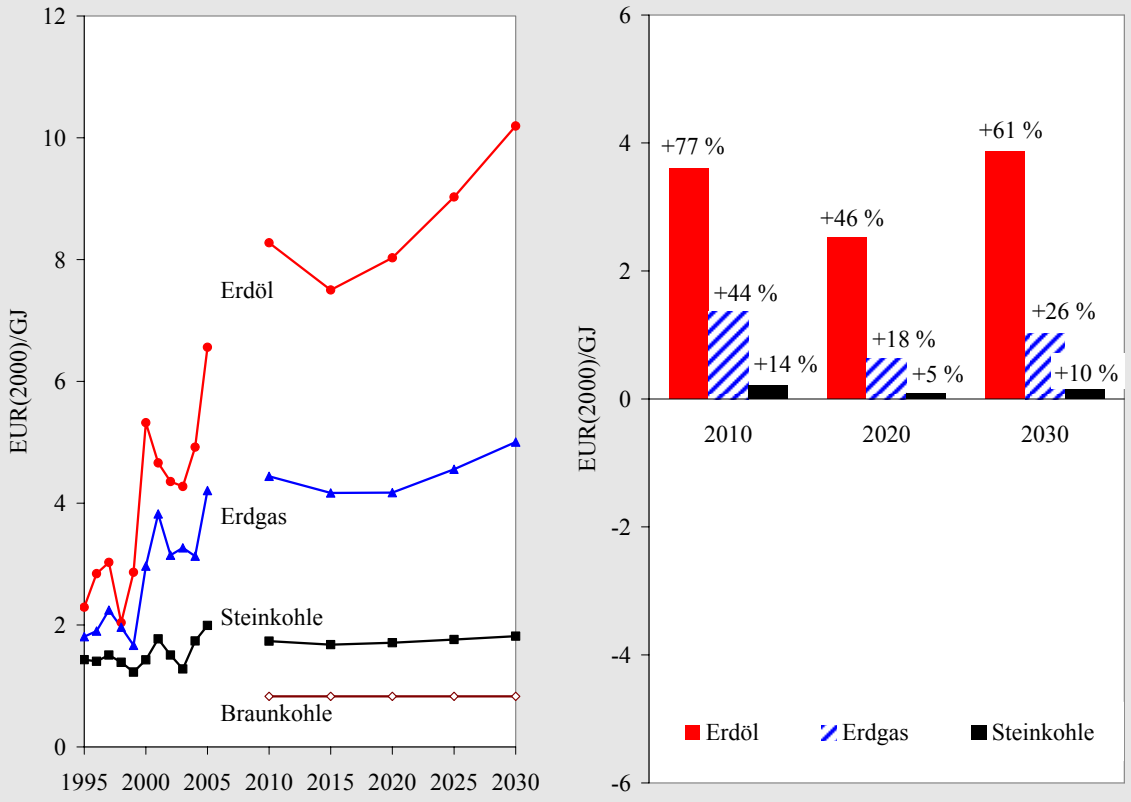
[4] IEA (2005), S. 228.

2 Energiepreise in der Ölpreisvariante

Das Wichtigste in Kürze

- Die Rohölpreise steigen in der Ölpreisvariante gegenüber den 1990er Jahren um das 3-4-fache an und erreichen im Jahr 2030 real 60 $(2000)/bbl. Sie liegen damit um gut 60% über den Preisen der Referenzprognose.
- Das höhere Preisniveau begünstigt eine graduelle Entkopplung der Gaspreise von den Ölpreisen. Im Jahr 2030 liegt der Gaspreis mit real 1,8 Ct(2000)/kWh um 26 % höher als in der Referenz. Zu dieser Entkopplung trägt neben der Gas-Kohle-Konkurrenz in der Stromerzeugung auch ein zunehmender Gas-zu-Gas-Wettbewerb – nicht zuletzt durch neue Anbieter von Flüssiggas (LNG) – bei.
- Der Steinkohlenpreis liegt im Jahr 2030 um 10% über der Referenz. Der Braunkohlenpreis bleibt gegenüber der Referenzprognose unverändert.

Reale Preise für Erdöl, Erdgas, Steinkohle, Braunkohle 1995 – 2030, EUR(2000)/GJ, Ölpreisvariante (links), Veränderung gegenüber Referenz (rechts)



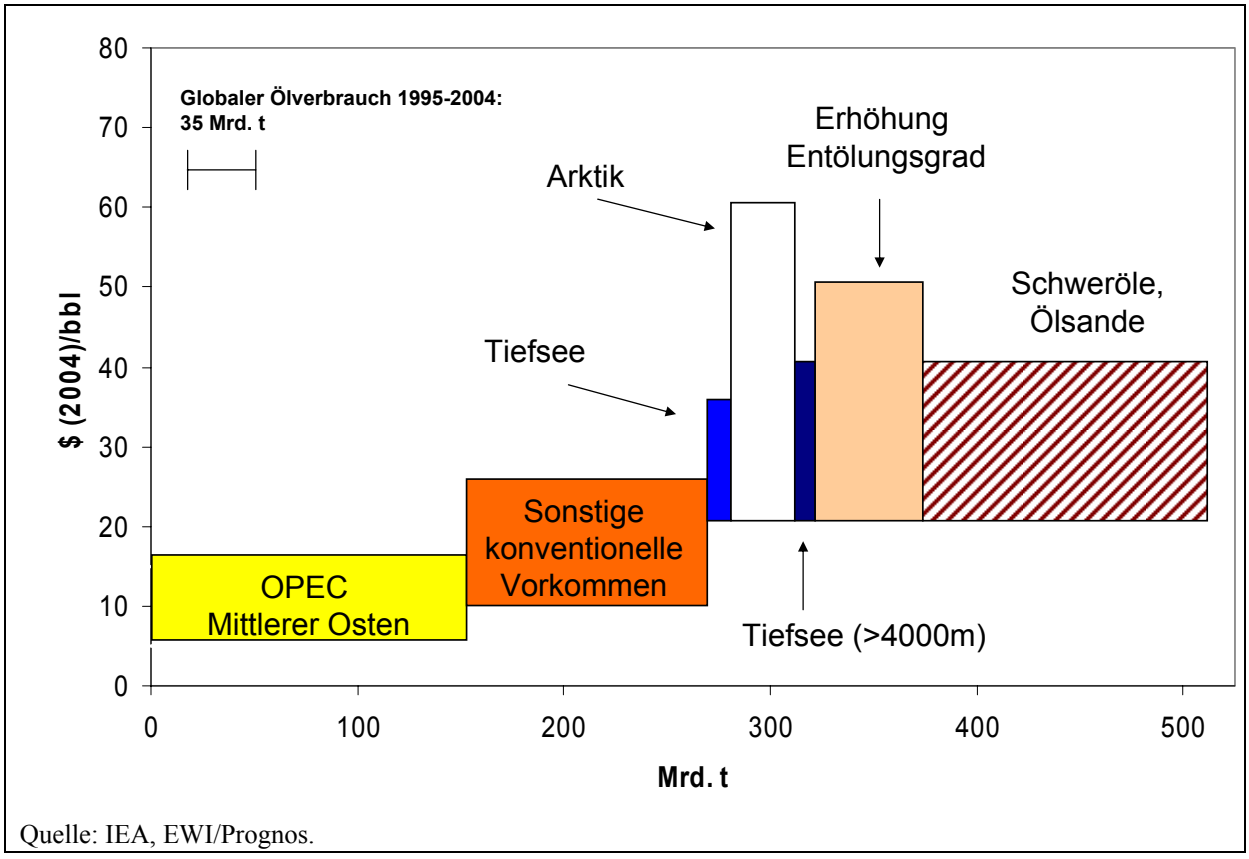
Quelle: BP, Mineralölwirtschaftsverband, EWI/Prognos

2.1 Primärenergieträgerpreise

(1) Die energiewirtschaftliche Referenzprognose unterstellt einen Preispfad für Rohöl, der bis 2030 auf einen Preis von real 37$(2000)/bbl führt. Damit verdoppeln sich die Ölpreise langfristig gegenüber den Preisen der 1990er Jahre. Im Weiteren untersuchen wir die Konsequenzen eines deutlich höheren Ölpreispfades.

(2) Die Setzung eines höheren Ölpreispfades hat die langfristige, preisabhängige Verfügbarkeit von Rohöl zu berücksichtigen. Wir stützen uns hierzu auf Daten der Internationalen Energieagentur (IEA, 2005). Rohölpreise von dauerhaft 30 $/bbl und darüber lassen die Erschließung von Vorkommen konventioneller Öle außerhalb der OPEC, höhere Entölungsgrade der bestehenden Felder und nicht-konventionelle Öle rentabel werden. Die nicht-konventionellen Öle schließen Tiefseevorkommen, arktische Ressourcen, Schwer- und Schwerstöle sowie Ölsande und (in Abb. 2.1-1 nicht berücksichtigte) Ölschiefer ein.

Abb. 2.1-1: Preisabhängige Verfügbarkeit von Erdöl



Quelle: IEA, EWI/Prognos.

(3) Abbildung 2.1-1 illustriert, dass bei Ölpreisen von 30 $/bbl und mehr ein breites Angebotsband wirtschaftlicher Ölvorkommen zur Verfügung steht. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich um langfristige Verfügbarkeiten handelt, welche die zur Erschließung der jeweiligen Vorkommen erforderlichen Investitionen voraussetzen. Ferner unterstellt die IEA ein gewisses Maß an zu erwartendem technischen Fortschritt.

(4) Die Investitionsentscheidungen der meisten Ölunternehmen in Exploration und Fördertechnik beruhten bislang auf langfristigen Ölpreisen von 20-25 $/bbl. Bei deutlich höheren Ölpreisen von 30 $/bbl und darüber besteht aufgrund hoher Renditen ein starker Anreiz, in die Ausweitung des Ölangebots zu investieren.

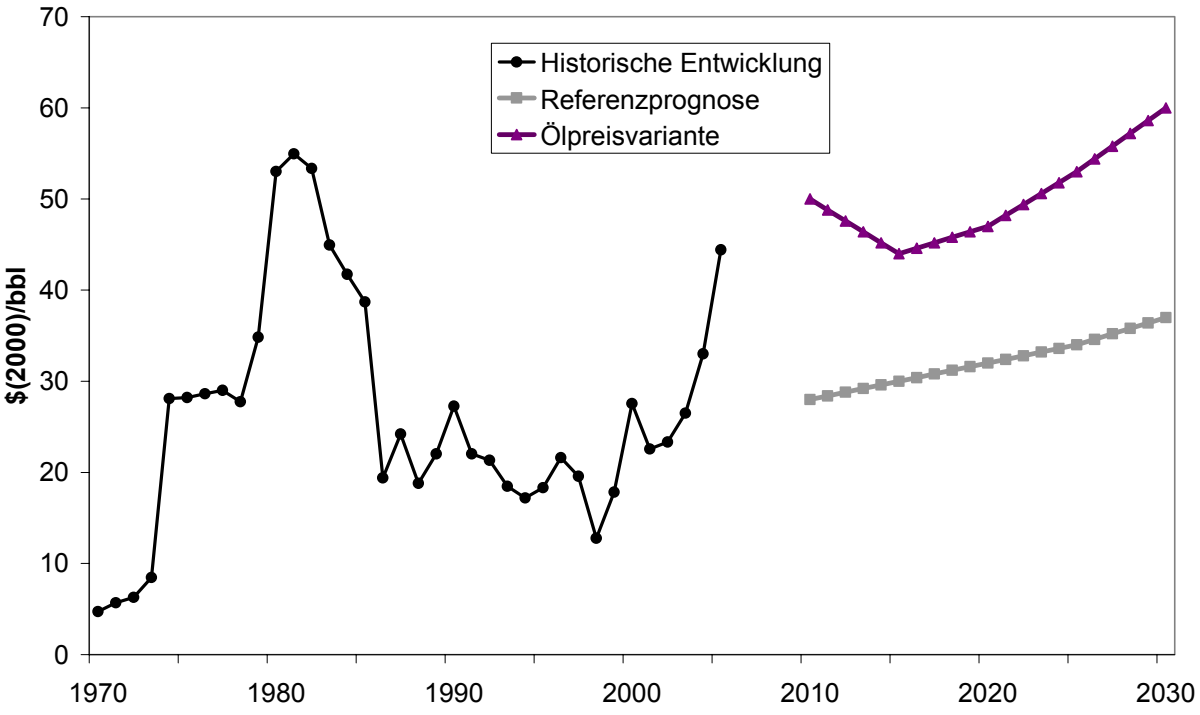
(5) Um andererseits Investitionshemmnissen, z.B. infolge politischer Instabilitäten im Nahen Osten Rechnung zu tragen, untersucht die IEA ein „Deferred Investment Scenario". Reduzierte Investitionen führen darin zu einem Ölpreis von 52 $(2004)/bbl im Jahr 2030 – gegenüber 39 $(2004)/bbl im Referenzszenario des International Energy Outlook (IEA 2004).[1]

(6) Für die Zwecke der Ölpreisvariante wählen wir bewusst ein relativ hohes Ölpreisniveau. Zusammen mit der Referenzprognose wird so eine Bandbreite möglicher Ölpreisentwicklungen nach oben abgedeckt. Die Preisannahmen der Ölpreisvariante werden aus Sicht der Autoren als vergleichsweise unwahrscheinlich eingeschätzt.

(7) Ausgehend von den derzeitigen Preisen von zeitweise über 70 $/bbl – und den damit verbundenen Extremrenditen und starken Investitionsanreizen zur Angebotsausweitung – gehen wir zunächst von einem Rückgang des Ölpreises bis 2015 auf real 44 $(2000)/bbl aus. In der Ölpreisvariante steigt der Ölpreis dann bis zum Jahr 2030 auf real 60 $(2000)/bbl oder rd. 100 $/bbl nominal. Damit steigt er gegenüber den 1990er Jahren real auf das 3- bis 4-fache an und liegt 2030 um gut 60% über der Referenzprognose. Damit ergibt sich ein Ölpreispfad gemäß Abb. 2.1-2.

[1] Diskontierung dieser Preise auf die Preisbasis 2000 ergibt 49 $(2000)/bbl bzw. 37 $(2000)/bbl.

Abb. 2.1-2: Reale Ölpreise in Referenzprognose und Ölpreisvariante, $(2000)/bbl



Quelle: EWI/Prognos

(8) Das höhere Preisniveau für Rohöl führt in der Ölpreisvariante zu einer graduellen Entkopplung der Gaspreise von den Ölpreisen. Hierzu trägt neben der an Bedeutung gewinnenden Gas-Kohle-Konkurrenz in der Verstromung auch ein zunehmender Wettbewerb um die europäische Gasversorgung durch den Zubau von Pipelines und neue Anbieter von Flüssiggas (LNG) bei. Der reale Grenzübergangspreis für Erdgas liegt 2030 bei 1,8 Euro-Cent(2000)/kWh und somit 26 % über dem Preis der Referenzprognose.

(9) Der Weltmarktpreis für Steinkohle liegt in der Ölpreisvariante nur wenig höher als in der Referenz. Bei global steigender Kohlenachfrage ergibt sich dies aufgrund reichlicher Kohlereserven, nur leicht ansteigenden Angebotskosten der globalen Förderung und tendenziell wettbewerblichen Marktstrukturen. Der Kohlepreis liegt bis 2030 in der Ölpreisvariante um 10% über dem Preis der Referenzprognose.[2]

[2] Die Preissteigerung des Erdöls erhöht die (Treibstoff-) Kosten des Schiffstransports und verursacht je nach Herkunftsland der Kohle Mehrkosten von bis zu 1 €/t SKE.

(10) Der Braunkohlenpreis in Deutschland wird von steigenden Öl- und Gaspreisen nicht beeinflusst und bleibt gegenüber der Referenzprognose unverändert.

(11) Tab. 2.1-1 fasst die in der Ölpreisvariante unterstellte Entwicklung der nominalen und realen Primärenergiepreise zusammen. Für Erdöl, Erdgas und Steinkohle sind Grenzübergangswerte ausgewiesen. Für Rohbraunkohle sind erwartete Förderkosten ausgewiesen.

Tab. 2.1-1: Nominale und reale Primärenergieträgerpreise 1995 – 2030

			Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	1995	**2000**	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
NOMINAL								
Ölpreis fob (US-$/barrel)	17,6	28,4	60	68	102	34	46	63
Grenzübergangspreise								
Rohöl (EUR/t)	94,9	227,2	402	461	698	227	317	433
Erdgas (EUR-Cent/kWh)	0,6	1,1	1,82	2,02	2,89	1,26	1,72	2,29
Kraftwerkskohle (EUR/t SKE)	38,9	42,1	61	71	89	52	65	79
Drittlandkohle (EUR/t)	36,6	37,7	52	61	77	46	57	70
REAL (Preisbasis 2000)								
Ölpreis fob (US-$(2000)/barrel)	19,2	28,4	50	47	60	28	32	37
Grenzübergangspreise								
Rohöl (EUR(2000)/t)	97,9	227,2	353	343	435	200	235	270
Erdgas (EUR-Cent(2000)/kWh)	0,7	1,1	1,60	1,50	1,80	1,11	1,28	1,43
Kraftwerkskohle (EUR(2000)/t SKE)	40,1	42,1	53	52	56	46	48	50
Drittlandkohle (EUR(2000)/t)	37,7	37,7	46	45	48	40	43	44
Braunkohle (EUR(2000)/GJ)			0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83

Quelle: BMWi, Statistisches Bundesamt, Statistik der Kohlewirtschaft, EWI/Prognos

2.2 Heimische Verbraucherpreise

2.2.1 Preise für Mineralölprodukte, Erdgas und Kohle

(1) Bei der Ableitung der heimischen Verbraucherpreise werden neben den Grenzübergangspreisen für Rohöl bzw. Rohölprodukte sowie für Erdgas und Kohle die jeweiligen Verarbeitungs-, Transport- und Verteilkosten sowie Gewinnaufschläge berücksichtigt. Darüber hinaus werden Steuern sowie die preislichen Konsequenzen des Emissionshandels in die Rechnung einbezogen.[3]

3 Vgl. hierzu die Erläuterungen im Energiereport IV.

Methodisch erfolgt die Ermittlung der Verbraucherpreise analog dem Vorgehen im Energiereport. Für biogene Kraftstoffe wurde eine Besteuerung derart angenommen, dass sie im Vergleich mit herkömmlichem Benzin und Diesel wettbewerbsfähig sind. Im übrigen wurde von real konstanten Steuern ausgegangen.

(2) Die Tabelle 2.2-1 zeigt die Ergebnisse der Preisberechnung. Das Grundmuster der Energiepreisentwicklung auf internationaler Ebene schlägt sich im Grenzübergangspreis nieder. Dieser Verlauf führt zu den höchsten relativen Preissteigerungen im Vergleich zur Referenzprognose zu Beginn und am Ende des Betrachtungszeitraums. Besonders deutlich erhöhen sich die Preise in der Ölpreisvariante bei den mit geringen Steuern belasteten Produkten. So liegt der Preis für leichtes Heizöl (HEL) 2010 um mehr als die Hälfte über dem Referenzwert. Bei den steuerlich hoch belasteten Kraftstoffen fällt die relative Veränderung erheblich geringer aus, der Preis für Benzin liegt 2010 um 15 % über dem entsprechenden Referenzwert. Die Preisveränderungen bei den anderen Produkten liegen zwischen diesen Extremen.

Tab. 2.2-1: Verbraucherpreise für Mineralölprodukte, Erdgas und Kohle 2002 – 2030

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Real (Preisbasis 2000)							
Großhandelspreise (ohne MwSt)							
Heizöl leicht (EUR/t)	319,2	556,4	560,9	695,3	363,7	423,7	485,2
Heizöl schwer (EUR/t)	179,2	244,6	244,7	289,9	179,1	211,7	242,7
Erdgas Industrie (Cent/kWh)	1,85	2,42	2,39	2,75	1,86	2,11	2,34
Steinkohle, Drittlandskohle (EUR/t SKE)	44,6	65,2	72,5	86,0	57,0	71,4	84,2
Haushalte (mit MwSt)							
Heizöl leicht (Cent/l)	34,1	59,4	60,3	75,0	38,6	45,2	51,7
Erdgas (Cent/kWh)	4,1	5,3	5,4	6,8	4,1	4,7	5,4
Benzin (EUR/l)	1,01	1,24	1,26	1,39	1,08	1,15	1,21
Diesel (EUR/l)	0,83	1,08	1,11	1,24	0,90	0,97	1,04
Nominal							
Großhandelspreise (ohne MwSt)							
Heizöl leicht (EUR/t)	328,4	633,0	754,8	1.114,7	413,7	570,2	777,8
Heizöl schwer (EUR/t)	184,4	278,2	329,3	464,8	203,8	284,9	389,0
Erdgas Industrie (Cent/kWh)	1,90	2,76	3,21	4,40	2,12	2,84	3,76
Steinkohle, Drittlandskohle (EUR/t SKE)	45,9	74,1	97,5	137,9	64,9	96,1	135,0
Haushalte (mit MwSt)							
Heizöl leicht (Cent/l)	35,1	67,6	81,1	120,2	44,0	60,9	83,0
Erdgas (Cent/kWh)	4,3	6,0	7,3	10,9	4,6	6,4	8,6
Benzin (EUR/l)	1,04	1,41	1,70	2,23	1,22	1,55	1,95
Diesel (EUR/l)	0,85	1,23	1,49	1,98	1,02	1,31	1,66

EWI/Prognos

2.2.2 Strompreise

(1) Die Determinanten der Strompreisentwicklung für Verbraucher sind

- die Erzeugerpreise (Großhandelspreise),
- die Netzpreise und
- die Steuern und sonstigen Belastungen (Belastungen aus der Förderung erneuerbarer Energien und der Kraft-Wärme-Kopplung sowie die Konzessionsabgabe).

In der Ölpreisvariante unterscheiden sich nur die Erzeugerpreise von der Referenzprognose.

(2) Nach der wettbewerblichen Öffnung des deutschen Strommarktes hatten sich an der Leipziger Strombörse im Jahr 2000 Großhandelspreise auf dem Niveau der kurzfristigen Grenzkosten der Erzeugung eingestellt. Dies war die Folge eines Preiswettbewerbs, der Überkapazitäten aufdeckte. Die Grenzkostenpreise führten zu einer Marktbereinigung. Überkapazitäten wurden sukzessive abgebaut. Im Jahr 2005 haben die Preise wieder ein Vollkosten deckendes Niveau erreicht, was den Bedarf von Ersatzinvestitionen im Kraftwerkspark widerspiegelt.

(3) Die zukünftige Entwicklung der Großhandelspreise für Strom verläuft in der Ölpreisvariante oberhalb der Referenzprognose. Die erhöhten Erzeugerpreise sind hauptsächlich durch die höheren Gaspreise bedingt. Im Jahr 2010 liegt der Großhandelspreis für Strom um 11% über der Referenz, im Jahr 2030 sind es 7% (zu den Großhandelspreisen vgl. auch Abschnitt 5.1.2.1, S. 105 ff.).

(4) Die Netzpreise bleiben in der Ölpreisvariante unverändert. Auch die real konstanten Stromsteuersätze sowie die Fördersätze für KWK und erneuerbare Energien bleiben unverändert. Die resultierende Belastung der Endverbraucherpreise bestimmt sich aus den eingespeisten Strommengen und dem gesamten Stromverbrauch, auf welchen die Mehrkosten umgelegt werden. Im Vergleich zur Referenzprognose verändert sich die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien unter dem EEG nicht. Insgesamt sind die staatlich bedingten Belastungen der Endverbraucherpreise in Ölpreisvariante und Referenzprognose nahezu identisch.

(5) Tab. 2.2-2 und Abb. 2.2-1 fassen die Entwicklung der Endverbraucherpreise für Strom (inkl. jeweiliger Netzkosten) in Ölpreisvariante und Referenzprognose 1995–2030 zusammen.

Tab. 2.2-2: Strompreise 1995 – 2030, nach Verbrauchergruppen, in EUR-Cent/kWh

			Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	1995	**2000**	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Nominal								
Industrie								
Durchschnittserlöse Sonderabnehmer*	6,74	4,40						
Industriekunden Hochspannung			6,6	8,0	10,4	6,1	7,6	9,9
Industriekunden Mittelspannung			9,5	11,2	14,1	9,0	10,8	13,6
Haushalte (inkl. MwSt)								
Tarifabnehmer	16,36	14,92						
Haushaltkunden Niederspannung			19,2	21,9	26,3	18,6	21,5	25,8
Real (Preisbasis 2000)								
Industrie								
Durchschnittserlöse Sonderabnehmer*	6,95	4,40						
Industriekunden Hochspannung			5,8	5,9	6,5	5,4	5,7	6,2
Industriekunden Mittelspannung			8,4	8,3	8,8	8,0	8,1	8,5
Haushalte (inkl. MwSt)								
Durchschnittserlöse Tarifabnehmer	16,87	14,92						
Haushaltkunden Niederspannung			16,8	16,3	16,4	16,4	16,0	16,1
Nachrichtlich:								
Großhandelspreis, EUR(2000)/MWh		18,6	39,3	41,6	47,6	35,3	39,1	44,6

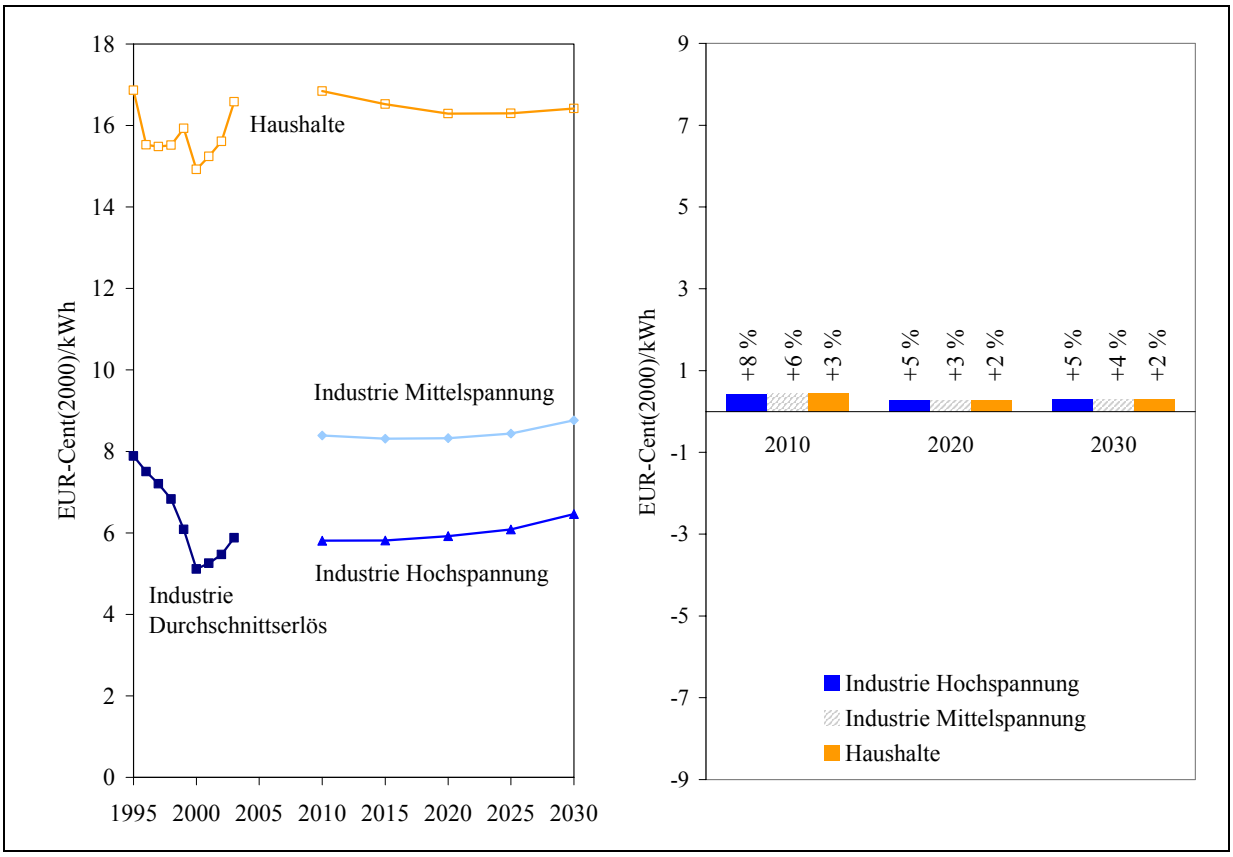
* ohne Ausgleichsabgabe und MwSt
Quelle: Historische Werte: BMWi, EEX, EWI/Prognos; Prognosewerte: EWI/Prognos.

Beim Vergleich von prognostizierten und historischen Strompreisen ist zu beachten, dass erst seit der wettbewerblichen Öffnung der Strommärkte Erzeugerpreise existieren. Weiter unterscheidet die Statistik nicht zwischen den Industriestrompreisen für die Abnahme auf der Hochspannungsebene und der Mittelspannungsebene. Im Jahr 2000 waren die Strompreise atypisch niedrig (s.o.) und sind deshalb kein geeigneter Vergleichsmaßstab für die langfristige Strompreisentwicklung.

(6) Obwohl der Großhandelspreis im Jahr 2030 um knapp 7 % über der Referenzprognose liegt, erhöhen sich die Endverbraucherpreise dadurch nur um 2 bis 5 %. Im Jahr 2010 sind die Abweichungen vorübergehend etwas größer, sie bleiben jedoch unter 10 %. Somit kommt es in der Ölpreisvariante nur zu moderat höheren Strompreisen (Abb. 2.2-1 rechts).[4]

4 Die derzeitigen Endverbraucherpreise (2006) liegen über den für 2010 prognostizierten Preisen. Ein Grund hierfür sind derzeit hohe Brennstoff- und CO_2-Preise, für die wir bis 2010 einen Rückgang erwarten (vgl. Kapitel 5).

Abb. 2.2-1: Endverbraucherpreise für Strom 1995–2030 nach Verbrauchergruppen, EUR-Cent/kWh, Ölpreisvariante (links), Veränderung gegenüber Referenz (rechts)



Quelle: Historische Werte: BMWi, EEX, EWI/Prognos; Prognosewerte: EWI/Prognos.

In Abhängigkeit vom Anteil der Stromkosten an den gesamten Ausgaben (Haushalte, Gewerbebetriebe) bzw. Produktionskosten (Industrie) hat dies unterschiedliche Auswirkungen auf einzelne Verbrauchergruppen. Die Analyse des Endenergieverbrauchs erfolgt in Kapitel 4.

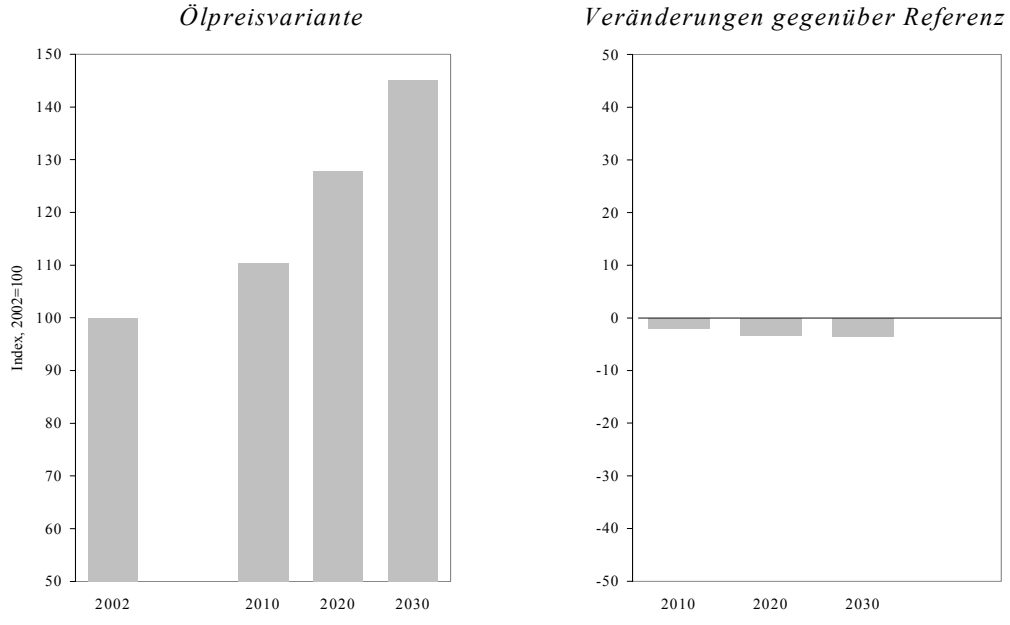
3 Die Entwicklung traditioneller Determinanten

3.1 Wirtschaft und Bevölkerung in Deutschland

Das Wichtigste in Kürze

- Die höheren Energiepreise führen vorübergehend zu Wachstumseinbußen. Bis 2030 wächst die deutsche Wirtschaft in der Ölpreisvariante im Durchschnitt um 1,3 % pro Jahr, die Beschäftigung wird ebenfalls negativ betroffen. Die Bevölkerungsentwicklung wird durch die höheren Preise nicht beeinflusst.
- Das langsamere Wachstum ist vor allem eine Folge des größeren Kaufkraftentzugs durch höhere Importpreise für Energie. Zum Teil wird dieser durch verstärkte Exportnachfrage aus Energielieferländern kompensiert.
- Die Wachstumsdifferenzen im Vergleich zur Referenz unterscheiden sich zwischen den einzelnen Wirtschaftszweigen. Besonders große Nachteile erleiden inlands- und konsumorientierte Branchen, die exportorientierte Industrie ist weniger betroffen. In der Landwirtschaft zeigen sich als Folge der verstärkten Nutzung von biogenen Kraftstoffen positive Effekte.
- Die Zahl der Erwerbstätigen liegt in der Ölpreisvariante um rund 650 Tsd niedriger als in der Referenzprognose.

Veränderung des realen Bruttoinlandsprodukts 2002-2030



Quelle: EWI/Prognos

(1) Höhere Energiepreise beeinflussen auf verschiedene Weise die wirtschaftliche Entwicklung:

- Sie entziehen der Volkswirtschaft mehr Kaufkraft, sofern die teureren Energieträger importiert werden. Damit trifft die Verteuerung von Energie besonders solche Volkswirtschaften, die einen großen Teil ihrer Energie importieren und/oder die energieintensiv produzieren.

  Ein Großteil der Mehreinnahmen der Energielieferländer fließt in der Regel in die Abnehmerstaaten zurück. Entweder in Form ausgeweiteter Importe von Fertigwaren (Maschinen, Anlagen, Konsumgüter) aus energieimportierenden Staaten oder in Form vermehrter Kapitalanlagen in diesen Ländern. Vorteile ziehen daraus vor allem exportstarke Länder und solche Staaten, die aufgrund ihrer Kapitalmarktstruktur oder ihrer Renditeaussichten für Kapitalanlagen besonders attraktiv sind.

- Höhere Energiepreise verteuern die Vorleistungen und damit die Produktion. Das gilt generell auf gesamtwirtschaftlicher Ebene und in unterschiedlicher Weise auf der Ebene von Branchen und Unternehmen. Je höher der Anteil der Energiekosten am Umsatz, umso stärker fällt der Effekt aus. Dadurch wird der Trend zur Substitution von Energie durch Kapital verstärkt. Das gilt auch im Bereich der privaten Haushalte. Energieeinsparinvestitionen werden bei höheren Energiepreisen rentabler. Davon profitieren unter anderen die Hersteller von energieeffizienten Anlagen und Maschinen, von sparsamen Fahrzeugen und Geräten sowie von Energiewandlern und Materialien zur Verbesserung von Gebäudehüllen.

(2) In Deutschland wird das Wirtschaftswachstum durch die unterstellten höheren Ölpreise vorübergehend leicht gebremst. Zum einen, weil die höheren Energiekosten die Inlandsausgaben der privaten Haushalte verringern. Zum anderen, weil die Dynamik der Weltwirtschaft unter den höheren Energiepreisen leidet und sich deshalb das Exportwachstum Deutschlands abschwächt. Der Bremseffekt fällt aus drei Gründen allerdings vergleichsweise gering aus.

- Die höheren Energiepreise treffen nicht nur deutsche Industrieunternehmen, sondern ebenso deren Konkurrenten auf den Weltmärkten. Auf den jeweiligen Produktmärkten erleiden deutsche Unternehmen deshalb keine relativen Kostennachteile durch die Energiepreissteigerungen.

- Die Exportstruktur der deutschen Wirtschaft weist einen hohen Anteil an Investitionsgütern und höherwertigen Konsumgütern auf. Von der gesteigerten Importnachfrage der Energielieferländer dürften deutsche Exporteure deshalb überproportional profitieren.
- Aufgrund der hohen Energieeffizienz der deutschen Volkswirtschaft hält sich der Kaufkraftentzug mit rund 23 Mrd EUR im Jahr 2010 in Grenzen. Bezogen auf das BIP entspricht dies rund 1 %. Nach 2010 verringern sich diese Werte absolut und relativ.

(3) Insgesamt erwarten wir für Deutschland aufgrund der höheren Preise für importierte Energieträger bis etwa 2010 eine um 0,4 % p.a. gebremste Entwicklung des BIP. Es liegt dann um 2,6 % unter dem Wert der Referenzprognose. Danach wächst die Wirtschaft mit den gleichen Raten wie in der Referenzprognose, da sie sich weitgehend an die höheren Energiepreise angepasst hat.

Die Dienstleistungssektoren sowie die stärker auf den heimischen Markt fokussierten Industrieunternehmen leiden unter dem Kaufkraftentzug der privaten Haushalte und sind deshalb von der Abschwächung tendenziell stärker betroffen als die exportstarken Industriezweige (Tab. 3.1-1).

Tab. 3.1-1: Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftszweigen 2002 bis 2030, real in Preisen von 1995, in Mrd EUR

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Land- und Forstwirtschaft; Fischerei	24	24	26	26	24	24	23
Bergbau u. gew. v. Steinen u. Erden	4	3	2	2	3	2	2
Verarbeitendes Gewerbe	400	444	509	575	452	524	592
Energie- und Wasserversorgung	40	45	48	51	46	50	53
Baugewerbe	90	89	98	108	91	102	112
Handel; Reparatur v. Kfz u. Gebrauchsgütern	189	200	213	223	206	222	232
Gastgewerbe	20	20	22	24	20	23	25
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	162	202	260	320	206	268	330
Kredit- und Versicherungsgewerbe	111	124	146	172	126	149	176
Grundstueckswesen, Verm., Dienstl. f. Untern.	485	555	666	763	565	681	781
Öff. Verw. Verteidigung, Sozialversicherung	109	109	112	117	111	114	120
Erziehung und Unterricht	72	74	78	81	75	79	83
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	127	145	179	220	147	182	224
Sonstige öff. u. priv. Dienstleister	86	97	118	140	98	120	142
Statistische Bereinigungen	93	83	70	67	67	68	65
Bruttoinlandsprodukt	1.990	2.197	2.544	2.887	2.238	2.611	2.960

Quelle: Statistisches Bundesamt, eigene Berechnungen

(4) Die Beschäftigung ist nicht im selben Ausmaß von den höheren Energiepreisen betroffen wie die gesamtwirtschaftliche Produktion, weil der Produktivitätsfortschritt sich gegenüber der Referenzprognose verlangsamt. Mit 36,8 Mio liegt die Zahl der Erwerbstätigen im Jahr 2030 um rund 650 Tsd niedriger als im Energiereport IV (Tab. 3.1-2).

Tab. 3.1-2: Erwerbstätige nach Wirtschaftszweigen 2002 bis 2030, in 1.000

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Land- und Forstwirtschaft; Fischerei	939	835	756	692	836	716	609
Bergbau u. gew. v. Steinen u. Erden	110	75	51	38	76	52	39
Verarbeitendes Gewerbe	7.950	7.223	6.617	6.074	7.343	6.769	6.213
Energie- und Wasserversorgung	278	251	225	199	256	232	205
Baugewerbe	2.427	2.235	2.190	2.044	2.281	2.259	2.108
Handel; Reparatur v. Kfz u. Gebrauchsgütern	5.980	5.820	5.631	5.294	5.950	5.802	5.455
Gastgewerbe	1.778	1.824	1.848	1.710	1.848	1.884	1.745
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	2.100	2.147	2.191	2.181	2.180	2.240	2.229
Kredit- und Versicherungsgewerbe	1.282	1.221	1.134	1.055	1.237	1.152	1.072
Grundstueckswesen, Verm., Dienstl. f. Untern.	4.680	5.113	5.534	5.519	5.177	5.627	5.611
Öff. Verw. Verteidigung, Sozialversicherung	2.669	2.515	2.292	2.091	2.547	2.329	2.125
Erziehung und Unterricht	2.019	2.107	2.131	2.069	2.130	2.162	2.098
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	3.963	4.267	4.594	4.802	4.313	4.659	4.869
Sonstige öff. u. priv. Dienstleister	2.496	2.714	3.026	3.077	2.742	3.068	3.119
Alle Wirtschaftszweige	38.671	38.346	38.220	36.843	38.915	38.952	37.499

Quelle: Statistisches Bundesamt, eigene Berechnungen

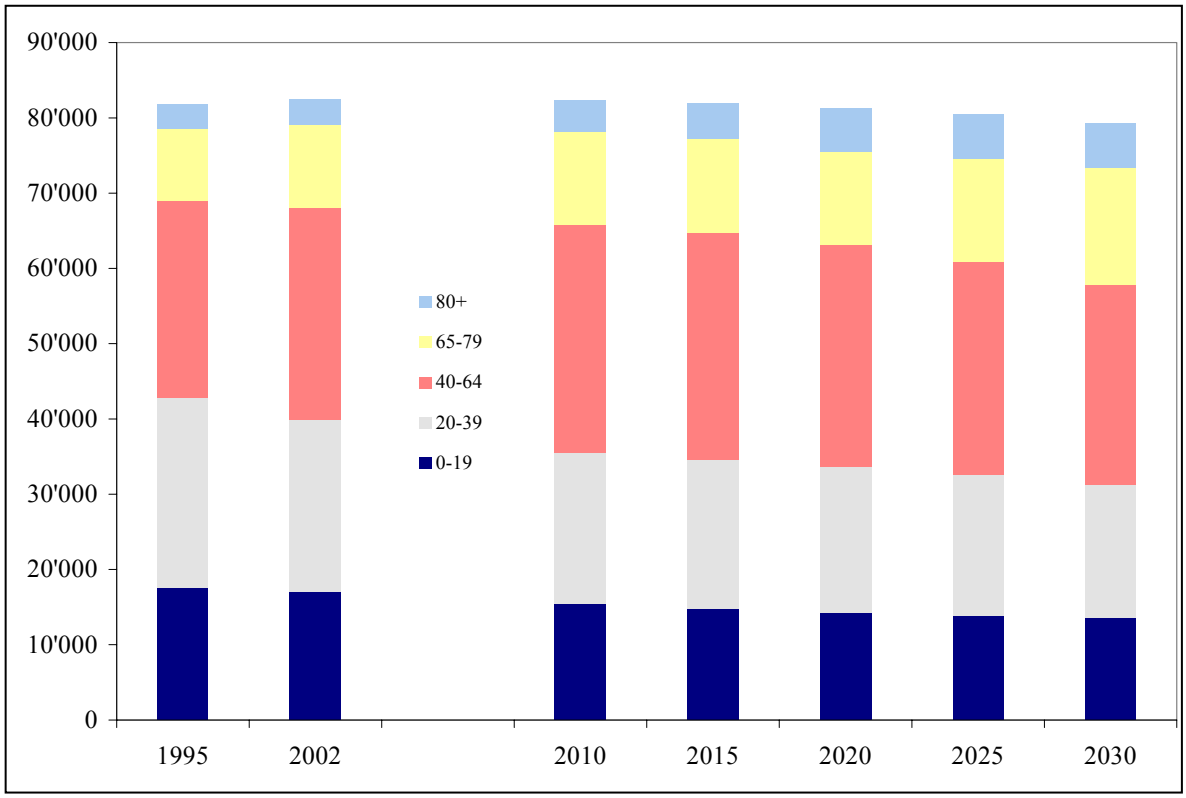
3.1.1 Bevölkerung und Private Haushalte

3.1.1.1 Bevölkerung

(1) Die Einwohnerzahl Deutschlands wird von den höheren Energiepreisen nicht beeinflusst. Zum einen gehen wir davon aus, dass **Geburtenrate** und **Lebenserwartung** sich gegenüber dem Energiereport nicht verändern. Zum anderen erwarten wir bei der **Nettozuwanderung** mit durchschnittlich 175 bis 225 Tsd Personen die selbe Entwicklung wie in der Referenzprognose. Zwar könnte es in ärmeren Entwicklungsländern aufgrund höherer Energiepreise zu steigendem Abwanderungsdruck kommen. Doch dürfte Deutschland auch in der Ölpreisvariante am Prinzip einer gesteuerten Zuwanderung festhalten und den Zuzug begrenzen.

(2) Wie im Energiereport wird deshalb die **Bevölkerungszahl in Deutschland** zwischen 2002 und Jahr 2030 um etwas mehr als 3 Mio Personen **zurückgehen**. Dabei steigt die Zahl der Einwohner bis etwa 2010 noch leicht an. In den Folgejahren vermindert sich die Bevölkerung, zunächst sehr langsam. Ab 2020 beschleunigt sich der Rückgang (Abb. 3.1-1).

Abb. 3.1-1: Bevölkerung nach Altersstufen 1995 – 2030, Jahresende, in Tsd



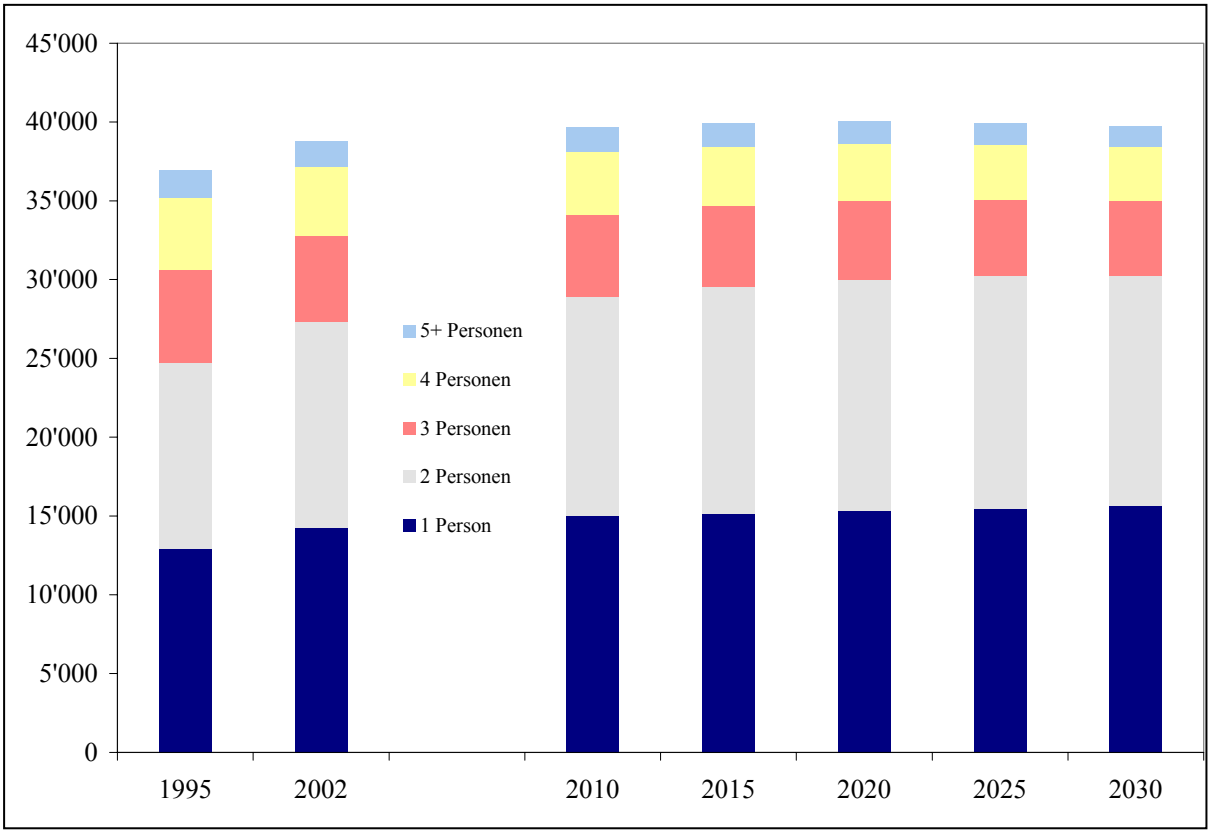
Quelle: EWI/Prognos

3.1.1.2 Private Haushalte

(1) Anzahl und Struktur der privaten Haushalte werden von höheren Energiepreisen nicht merklich beeinflusst. Denn die Bevölkerung unterscheidet sich in der Ölpreisvariante nicht von der Referenzprognose. Zudem sind die Einbußen an verfügbarem Einkommen der privaten Haushalte relativ gering, so dass hiervon kein Einfluss auf die Haushaltsbildung ausgehen dürfte (Abb. 3.1-2).

Dagegen bremst das geringere Wirtschaftswachstum die Investitionen in neue Wohngebäude etwas und wirkt deshalb leicht negativ auf die Zahl der vorhandenen Wohnungen und auf die verfügbaren Wohnflächen.

Abb. 3.1-2: Private Haushalte 1995 – 2030 nach Haushaltsgröße, Jahresende, in Tsd



Quelle: EWI/Prognos

(2) Insgesamt wird die **Anzahl der privaten Haushalte** wie im Energiereport im Jahr 2030 mit 39,7 Mio um etwa 1,5 Mio höher sein als 2002.

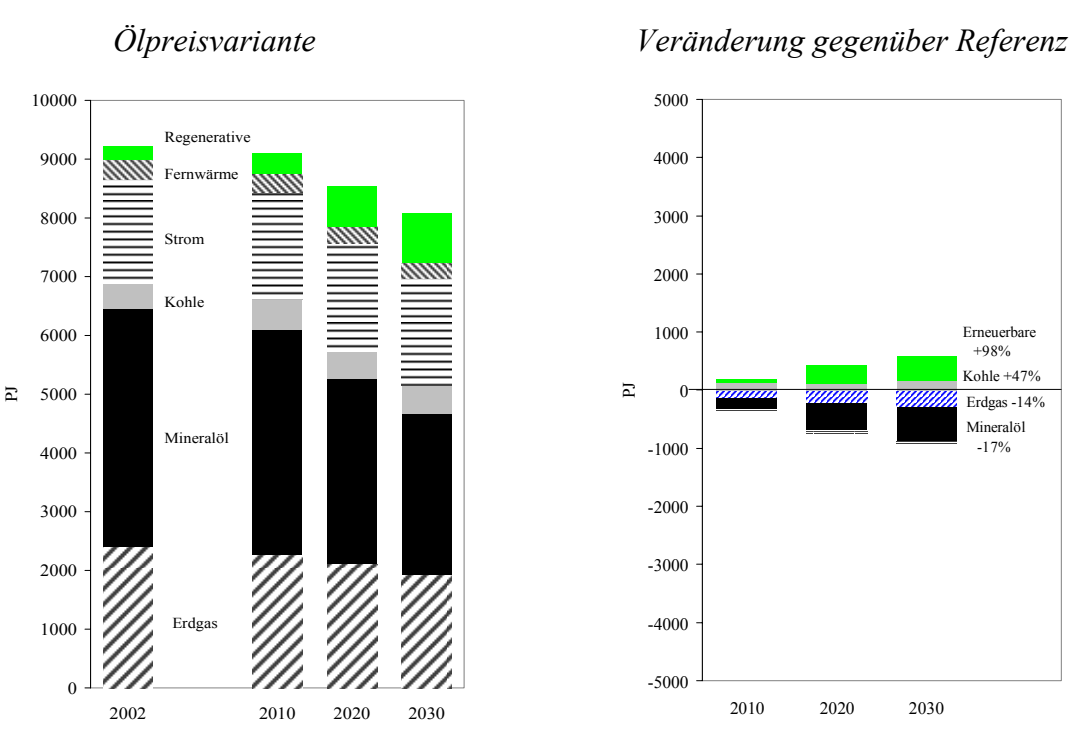
4 Die Entwicklung des Endenergieverbrauchs

4.1 Endenergieverbrauch insgesamt

Das Wichtigste in Kürze

- Der Endenergieverbrauch wird als Folge der höheren Energiepreise gegenüber dem Energiereport nochmals eingeschränkt. Im Jahr 2030 liegt er um mehr als 4 % unterhalb des Referenzwertes.
- Der stärkere Verbrauchsrückgang ist in allen Sektoren zu beobachten. Am deutlichsten ist der Unterschied im Vergleich zur Referenzprognose in der Industrie (2030: - 6 %) und im Sektor GHD (2030: - 5 %). Im Verkehrssektor (2030: -4 %) und bei den Privaten Haushalten (2030: -2 %) ist die Veränderung bis 2030 etwas geringer.
- Die Energieträgerstruktur zeigt zum Teil erhebliche Veränderungen. Die Nachfrage nach Ölprodukten verringert sich im Vergleich zur Referenz 2030 um gut 17 %, bei Erdgas sind es rund 14 %. Verstärkt nachgefragt werden erneuerbare Energien (2030: +98 % gegenüber der Referenz) und Kohle (+47 %).

Endenergieverbrauch nach Energieträgern 2002 - 2030



Quelle: EWI/Prognos

(1) Im Jahr 2030 beträgt der Endenergieverbrauch 8.073 PJ. Damit liegt er 12,5 % unter dem Wert des Jahres 2002 und 4,2 % unter dem entsprechenden Referenzwert. In den einzelnen Nachfragesektoren zeigen sich die folgenden Entwicklungslinien (vgl. Tab. 4.1-1):

- Bei den **privaten Haushalten** verringert sich die Endenergienachfrage in der Ölpreisvariante gegenüber der Referenzprognose bis 2030 um 2,2 %. Grund für diese vergleichsweise geringe zusätzliche Einsparung ist die Trägheit des Wohngebäudebestandes: auch deutliche Effizienzverbesserungen im Neubau und bei der Altbausanierung schlagen sich erst allmählich in einer höheren Qualität des Gebäudebestandes und damit in einem geringeren Heizenergiebedarf nieder.

- Im Sektor **GHD** zeigen sich die Folgen der verstärkten Einsparmaßnahmen früher, unter anderem, weil die Umschlagsgeschwindigkeit des Gebäudeparks hier deutlich höher ist. Zwischen 2002 und 2030 verringert sich Energieverbrauch - temperaturbereinigt - um 27 % und liegt am Ende des Betrachtungszeitraums um 5 % unter dem Referenzwert.

- Die **Industrie** vermindert ihre Energienachfrage bis 2030 um knapp 9 %. Mit 2.044 PJ wird von der Industrie in der Ölpreisvariante dann 6,1 % weniger Energie eingesetzt als im Energiereport.

- Der Endenergieverbrauch des **Verkehrssektors** sinkt bis 2030 um 7,6 % und damit doppelt so schnell wie in der Referenzprognose. Den Vergleichswert des Energiereports unterschreitet er 2030 um 4,2 %.

Mit diesen Entwicklungen wird der in der Referenzprognose abgeleitete Trend zu einem insgesamt sinkenden Endenergieverbrauch nochmals verstärkt.

Tab. 4.1-1: Endenergieverbrauch insgesamt nach Energieträgern und Verbrauchssektoren, 2002 – 2030, in PJ

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
nach Energieträgern							
Steinkohle	355	454	425	440	341	305	287
Braunkohle	77	55	42	43	55	41	42
Mineralölprodukte	4.046	3.830	3.151	2.754	4.014	3.628	3.337
Heizöl leicht	1.166	1.110	903	771	1.170	991	863
Heizöl schwer	100	91	82	76	97	91	85
Benzin	1.180	794	420	320	827	557	466
Diesel, Flugtreibstoff	1.524	1.752	1.676	1.529	1.835	1.916	1.860
Sonstige Mineralölprodukte	76	82	69	58	84	72	63
Gas	2.401	2.271	2.109	1.918	2.414	2.329	2.214
Erdgas	2.278	2.172	2.023	1.841	2.307	2.237	2.132
Sonstige Gase	123	100	87	77	106	92	81
Regenerative Energien	229	342	683	849	278	372	429
Strom	1.781	1.820	1.832	1.811	1.855	1.876	1.855
Fernwärme	335	315	294	258	319	296	262
Insgesamt	**9.225**	**9.088**	**8.535**	**8.073**	**9.275**	**8.847**	**8.427**
nach Verbrauchssektoren							
Private Haushalte	2.699	2.783	2.597	2.415	2.797	2.640	2.470
GHD	1.518	1.441	1.305	1.146	1.480	1.357	1.204
Industrie	2.334	2.239	2.112	2.044	2.312	2.228	2.177
Verkehr	2.673	2.624	2.521	2.469	2.686	2.622	2.576
Struktur in %	2002	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Steinkohle	3,9	5,0	5,0	5,5	3,7	3,4	3,4
Braunkohle	0,8	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5
Mineralölprodukte	43,9	42,1	36,9	34,1	43,3	41,0	39,6
Heizöl leicht	12,6	12,2	10,6	9,6	12,6	11,2	10,2
Heizöl schwer	1,1	1,0	1,0	0,9	1,1	1,0	1,0
Benzin	12,8	8,7	4,9	4,0	8,9	6,3	5,5
Diesel, Flugtreibstoff	16,5	19,3	19,6	18,9	19,8	21,7	22,1
Sonstige Mineralölprodukte	0,8	0,9	0,8	0,7	0,9	0,8	0,7
Gas	26,0	25,0	24,7	23,8	26,0	26,3	26,3
Erdgas	24,7	23,9	23,7	22,8	24,9	25,3	25,3
Sonstige Gase	1,3	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0
Regenerative Energien	2,5	3,8	8,0	10,5	3,0	4,2	5,1
Strom	19,3	20,0	21,5	22,4	20,0	21,2	22,0
Fernwärme	3,6	3,5	3,4	3,2	3,4	3,3	3,1
Insgesamt	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**
nach Verbrauchssektoren							
Private Haushalte	29,3	30,6	30,4	29,9	30,2	29,8	29,3
GHD	16,5	15,9	15,3	14,2	16,0	15,3	14,3
Industrie	25,3	24,6	24,8	25,3	24,9	25,2	25,8
Verkehr	29,0	28,9	29,5	30,6	29,0	29,6	30,6

Quelle: AG Energiebilanzen, eigene Berechnungen

EWI/Prognos

(2) Die höheren Energiepreise lösen Anpassungsreaktionen bei den Verbrauchern aus, die zu veränderten **Energieträgerstrukturen** führen. Gegenüber der Referenzprognose verlieren vor allen die teurer gewordenen Energieträger Öl und Gas Marktanteile.

- Der Verbrauch von **Mineralöl** geht im Betrachtungszeitraum um fast ein Drittel zurück und liegt 2030 um 17,5 % unter dem Referenzwert. Ein wichtiger Grund hierfür ist die verstärkte Nutzung von Biokraftstoffen im Verkehr. Der Verbrauch von konventionellem Diesel und Benzin verringert sich dadurch gegenüber dem Energiereport um mehr als ein Fünftel. Die Nachfrage nach Heizöl geht zwischen 2002 und 2030 um ein Drittel zurück, 2030 ist sie 10 % niedriger als in der Referenz.

- Bei **Erdgas** zeigt sich in der Ölpreisvariante zwischen 2002 und 2030 ein Verbrauchsrückgang von 20 %, in der Referenz sind es 7 %. Im Jahr 2030 wird der Referenzwert um mehr als 13 % unterschritten. Dazu trägt in erheblichem Maße die verringerte Nutzung von Erdgas in der KWK-Wärmeerzeugung bei.

- Die Nachfrage nach **Kohlen** liegt 2030 um 12 % höher als 2002 und um 46 % über dem Referenzwert, im Energiereport geht der entsprechende Verbrauch um 24 % zurück. Ein wichtiger Grund für diesen geänderten Trend ist der ausgeweitete Einsatz von Steinkohle in KWK-Anlagen in der Industrie und im Sektor GHD.

- Die höheren Energiepreise haben geringe Konsequenzen für die **Stromnachfrage**. Zum einen, weil der Strompreis sich nur wenig verändert, zum anderen, weil Strom stärker als in der Referenz Öl und Gas substituiert. Insgesamt erhöht sich die Stromnachfrage im Betrachtungszeitraum um knapp 2 % (Energiereport: gut 4 %). Im Jahr 2030 unterschreitet die Stromnachfrage den Referenzwert um 2,4 %.

- Auch der Verbrauch von **Fernwärme** verändert sich im Vergleich zum Energiereport kaum. Im Jahr 2030 liegt er um weniger als 2 % niedriger als in der Referenz.

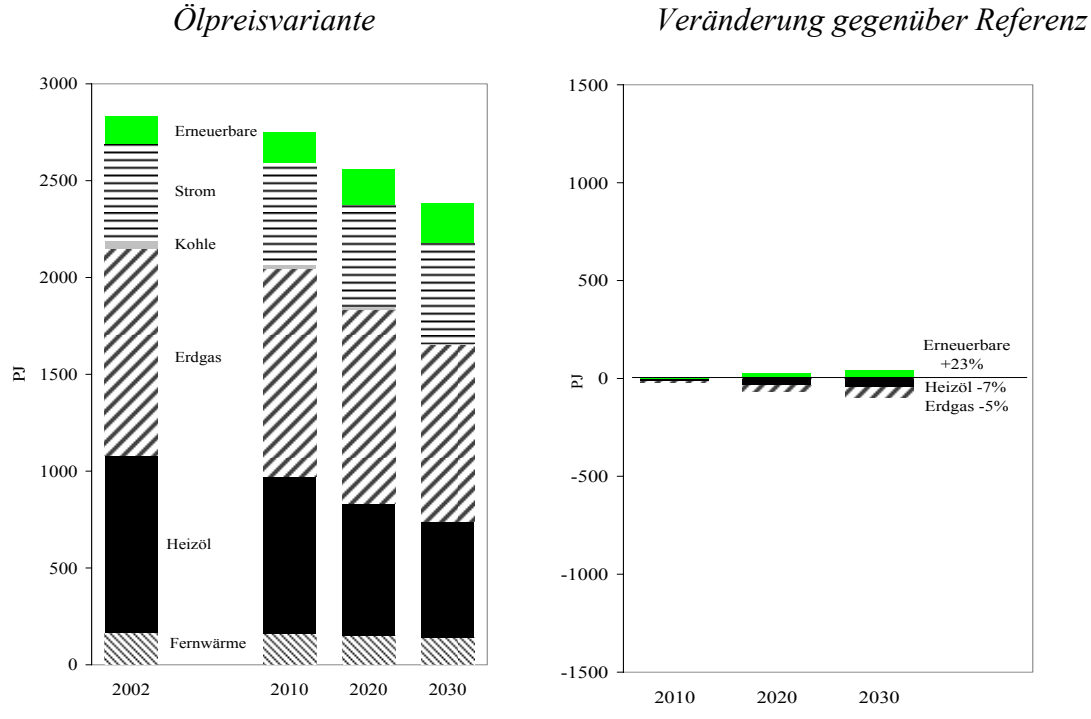
- Markante Auswirkungen haben die höheren Energiepreise auf den Einsatz **erneuerbarer Energien**, er vervierfacht sich bis 2030 beinahe und übertrifft den Referenzwert dann um fast das Doppelte. Die Erneuerbaren tragen 2030 mit 10 % zur Deckung des Endenergieverbrauchs bei (Referenz: 5 %). Entscheidenden Anteil an dieser Entwicklung hat der verstärkte Einsatz von Biokraftstoffen im Verkehr.

4.2 Der Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte

Das Wichtigste in Kürze

- Höhere Preise für Heizöl und Erdgas führen zu verstärkten Energieeinsparungen der Privaten Haushalte. Ältere Gebäude werden besser saniert, die energetische Qualität von Neubauten ist höher. Im Zuge des geschärften Energie-Bewusstseins steigt die Effizienz von Elektrogeräten etwas schneller als in der Referenz.
- Bereinigt um Temperatur- und Lagereffekte verringert sich der Energieverbrauch der Privaten Haushalte zwischen 2002 und 2030 um 16 %. Am Ende des Betrachtungszeitraums liegt er um gut 2 % unter dem Referenzwert.
- Stärkere Auswirkungen zeigen sich im Energiemix. Während der Einsatz von Heizöl und Erdgas im Vergleich zur Referenz 2030 um 5 % bis 7 % niedriger ausfällt, erhöht sich der Einsatz regenerativer Energien um insgesamt 23 %. Unter Berücksichtigung der genutzten Umweltwärme decken diese 2030 rund 10 % der Endenergienachfrage der Haushalte.
- Entscheidend für die insgesamt recht moderaten Abweichungen gegenüber der Referenzprognose ist die Trägheit des Gebäudebestandes. Auch starke strukturelle Veränderungen bei Sanierungen und Neubauten wirken sich hier erst allmählich aus.

Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte nach Energieträgern 2002 – 2030



Quelle: EWI/Prognos

Wichtige Einflussgrößen und Annahmen

Grundphilosophie	Die Politik unterstützt zusätzliche Energieeinsparungen im Haushaltssektor. Einschneidende Veränderungen gegenüber der Referenz sind nicht zu erwarten.
Wirtschaftsentwicklung	Wirtschaft und Pro-Kopf-Einkommen entwickeln sich verhalten. Ausgaben für immaterielle Konsumzwecke wie Gesundheitsdienstleistungen und Freizeit gewinnen trendmäßig weiterhin an Bedeutung.
Energiepreise	Die Energiepreisveränderung wird durch die Weltmarktpreise bestimmt. Die höheren Preise steigern die Rentabilität von Einsparinvestitionen.
Bevölkerung und Haushalte	Die Einwohnerzahl geht bis 2030 auf 79,4 Mio zurück. Die Zahl der Privathaushalte steigt bis 2020, bevor auch sie abnimmt.
Wohnungen und Wohnflächen	Im Jahr 2030 steht rechnerisch jedem Einwohner eine Wohnfläche von rund 54 m^2 zur Verfügung, das ist ein Drittel mehr als im Jahr 2002.
Ausstattung mit Elektrogeräten	Die Ausstattung der Haushalte mit Elektrogeräten nimmt weiter zu. Insbesondere Telekommunikation und die Nutzung elektronischer Medien sind Treiber der Stromnachfrage.
Technologietrends	Bestehende Techniken werden mit dem Ziel höherer Energieeffizienz weiterentwickelt, neue Basistechnologien sind nicht in Sicht, weder bei Heizanlagen noch bei Elektrogeräten. Der Einsatz an erneuerbaren Energien gewinnt angesichts der höheren Energiepreise an Bedeutung.
Energiepolitik	Die Energieeinsparverordnung wird sukzessive im Rahmen des technischen Fortschritts verschärft, Verbesserung der energetischen Gebäudequalität sowie der effizienten Wärmeerzeugung werden gefördert. Die Kennzeichnung von Elektrogeräten erhöht die Markttransparenz und steigert den Absatz energiesparender Geräte.

4.2.1 Der Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte insgesamt

(1) Die höheren Energiepreise führen auf der Ebene der Endverbraucherpreise, die von den privaten Haushalten zu entrichten sind, zu Steigerungen zwischen 5 % und 50 %, je nach Energieträger und betrachtetem Jahr (vgl. Abschnitt 2.2). Aufgrund der höheren Preise fragen die Haushalte weniger Energie nach als in der Referenzprognose. Vor allem aber verschiebt sich die Energieträgerstruktur zulasten von Heizöl und Erdgas und zugunsten der erneuerbaren Energien.

Bevor die Entwicklungen und Veränderungen gegenüber der Referenzprognose für die einzelnen Energieeinsatzbereiche in den Haushalten im Detail dargestellt werden, geben die folgenden Tabellen einen Überblick über die Gesamtentwicklung des Endenergieverbrauchs der Privaten Haushalte.

Die Tab. 4.2-1 zeigt den um Temperatureinflüsse bereinigten Energieeinsatz für die Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser, für das Kochen und für die Nutzung von Elektrogeräten. In der Tab. 4.2-2 sind die an die Energiebilanz adaptierten Modellergebnisse dargestellt. Dies erlaubt den Vergleich der Prognoseergebnisse mit den in der Vergangenheit beobachteten Energiebilanzwerten.[1]

(2) Die um Temperatureinflüsse bereinigten Werte, die eine aussagekräftige Einschätzung der Trends erlauben, weisen folgende Entwicklungen auf:

- Der **gesamte Energieverbrauch** der Privaten Haushalte geht kontinuierlich zurück und liegt im Jahr 2030 um 16 % unter dem entsprechenden Wert des Jahres 2002 und um etwas mehr als 2 % niedriger als in der Referenzprognose.

- Deutliche Veränderungen zeigt die **Energieträgerstruktur** (Tab. 4.2-2), sowohl im Zeitablauf als auch im Vergleich zum Energiereport IV. Verglichen mit der Referenzprognose verlieren Erdöl und Erdgas, zum Teil erhebliche Gewinne verzeichnen die erneuerbaren Energien. Mit Ausnahme der Regenerativen geht der Verbrauch bei allen Energieträgern zurück. Der Stromverbrauch bleibt annähernd konstant.

1 Die Modellwerte sind im Gegensatz zu den Energiebilanzdaten um Temperatur- und Lagereinflüsse bereinigt.

Tab. 4.2-1: Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte, temperaturbereinigt, 2002 – 2030, Modellergebnisse, PJ

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Verwendungzwecke							
Raumwärme	2.223	2.129	1.946	1.796	2.142	1.984	1.843
Warmwasser	260	251	234	217	251	236	219
Kochen	57	54	51	49	54	51	49
Elektrogeräte	293	319	330	318	319	333	324
Summe	2.832	2.752	2.562	2.380	2.766	2.605	2.435
Energieträger							
Fernwärme	162	159	150	141	160	152	143
Öl	919	813	684	599	827	716	644
Gas	1.065	1.074	1.002	912	1.080	1.035	961
Kohle	44	23	12	10	23	11	10
Holz	135	143	152	159	139	137	134
Strom	500	524	531	515	523	529	513
Umweltenergie WP + Solar	7	16	31	43	15	25	31
Summe	2.832	2.752	2.562	2.380	2.766	2.605	2.435

Quelle: Eigene Berechnungen

Tab. 4.2-2: Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte, 2002 – 2030, nicht temperaturbereinigt, Abgrenzung der Energiebilanz, in PJ

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Endenergieverbrauch in PJ							
Steinkohle	12	3	0	0	3	0	0
Braunkohle	18	10	5	4	10	5	3
Heizöl leicht	773	787	658	573	801	690	618
Benzin / andere Mineralölprodukte	2	2	2	2	2	2	2
Erdgas	1.027	1.080	1.013	931	1.086	1.046	979
übriges Gase	34	32	26	19	32	26	20
Holz, übrige Biomasse	183	174	184	191	170	169	165
Umweltenergie WP + Solar	8	18	32	45	16	26	32
Strom	482	523	530	514	522	528	512
Fernwärme	161	156	147	138	156	148	140
Insgesamt	2.699	2.783	2.597	2.415	2.797	2.640	2.470
Struktur in %							
Steinkohle	0	0	0	0	0	0	0
Braunkohle	1	0	0	0	0	0	0
Heizöl leicht	29	28	25	24	29	26	25
Benzin / andere Mineralölprodukte	0	0	0	0	0	0	0
Erdgas	38	39	39	39	39	40	40
übriges Gase	1	1	1	1	1	1	1
Holz, übrige Biomasse	7	6	7	8	6	6	7
Umweltenergie WP + Solar	0	1	1	2	1	1	1
Strom	18	19	20	21	19	20	21
Fernwärme	6	6	6	6	6	6	6
Insgesamt	100	100	100	100	100	100	100

Quelle: AG Energiebilanzen, eigene Berechnungen

4.2.2 Der Endenergieverbrauch für die Erzeugung von Raumwärme

(1) Die Raumwärmeerzeugung ist die dominierende Größe für den Energieverbrauch der Privaten Haushalte, im Jahr 2002 lag ihr Anteil am temperaturbereinigten Endenergieverbrauch bei 78 %. Der Energieverbrauch für die Raumwämeerzeugung wird beeinflusst von der Zahl der Wohnungen und der zu beheizenden Wohnfläche, der energetischen Qualität der Wohngebäude, gemessen in W/m², dem Nutzerverhalten, gemessen als Nutzungsdauer des Wärmeleistungsbedarfs (h) und der Qualität der Heizanlagen, ausgedrückt als Relation von Nutzenergie und Endenergie (in %).

Höhere Preise für Heizöl und Erdgas bewirken hier zweierlei: Zum einen werden Energieeinsparinvestitionen rentabler. Vor allem, wenn – wie von uns angenommen – die Politik diese Investitionen bei höheren Energiepreisen stärker fördert als bei niedrigen Preisen. Das gilt sowohl für die Qualität von Altbausanierungen als auch für Neubauten. Zum anderen verlieren Heizöl und Erdgas an Attraktivität, andere Energieträger werden deshalb verstärkt zur Raumwärmeerzeugung eingesetzt.

(2) Ausgehend von den berechneten Beständen des Jahres 2002 (Tab. 4.2-3) werden die **Wohnflächen** in Abhängigkeit der Entwicklung von Bevölkerungszahl und Altersstruktur, dem Grad der Versorgung mit Wohnraum, der Einkommensentwicklung und der Veränderung der Qualitätsansprüche fortgeschrieben. Die Tab. 4.2-4 zeigt die Ergebnisse der Fortschreibung.

Tab. 4.2-3: Wohnflächenbestand zur Jahresmitte 2002, in Mio m²

	Fern-wärme	Öl	Gas	Kohle	Strom	Sonstige	Summe
Ein- / Zweifamilienhäuser	47	853	845	39	116	29	1929
Drei- und Mehrfamilienhäuser	265	332	634	36	77	12	1356
Nichtwohngebäude	6	23	28	1	3	1	62
Insgesamt	317	1208	1507	77	196	42	3347
darunter: leer	19	41	63	5	7	3	137
bewohnt	298	1167	1445	72	189	39	3210

Quelle: Statistisches Bundesamt, eigene Berechnungen

Tab. 4.2-4: Bevölkerung, Privathaushalte und Wohnungsversorgung, 2002 - 2030*

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Bevölkerung und Private Haushalte							
Wohnbevölkerung, Jahresmitte (in 1000)	82.413	82.411	81.393	79.421	82.411	81.393	79.421
Private Haushalte, Jahresmitte (in 1000)	38.764	39.665	40.021	39.716	39.665	40.021	39.716
davon:							
1-Personen-Haushalte	14.253	15.044	15.329	15.675	15.044	15.329	15.675
2-Personen-Haushalte	13.086	13.857	14.677	14.608	13.857	14.677	14.608
3-Personen-Haushalte	5.485	5.235	4.981	4.711	5.235	4.981	4.711
4-Personen-Haushalte	4.310	3.975	3.627	3.411	3.975	3.627	3.411
5+-Personen-Haushalte	1.631	1.555	1.407	1.312	1.555	1.407	1.312
Wohnungen und Wohnflächen, Jahresende							
Wohnungsbestand (1000)	37.271	38.080	39.514	40.415	38.197	39.802	40.847
darunter: Ein- / Zweifamilienhäuser	16.704	17.472	18.433	19.047	17.539	18.611	19.333
Drei- und Mehrfamilienhäuser	19.930	20.026	20.536	20.879	20.073	20.640	21.016
Nichtwohngebäude	638	582	545	489	584	552	498
Wohnflächenbestand (Mio m^2)	3.347	3.601	3.966	4.336	3.615	4.010	4.406
darunter: Ein- / Zweifamilienhäuser	1.929	2.119	2.349	2.571	2.128	2.378	2.619
Drei- und Mehrfamilienhäuser	1.356	1.423	1.558	1.706	1.428	1.573	1.726
Nichtwohngebäude	62	59	58	59	59	59	61

* Die Angaben zu Bevölkerung und Privaten Haushalten beziehen sich auf die Jahresmitte.

Quelle: Statistisches Bundesamt, eigene Berechnungen

(3) In der aggregierten Betrachtung nimmt die Wohnfläche im Zeitraum 2002 bis 2030 von 3,3 Mrd m^2 auf 4,3 Mrd m^2 und damit etwas langsamer zu als in der Referenz. Rechnerisch stehen damit im Jahr 2030 jedem Einwohner im Durchschnitt 54,5 m^2 Wohnfläche zur Verfügung, 2002 lag dieser Wert noch bei 40,6 m^2. In der Tab. 4.2-5 sind als wichtige Determinante der Veränderung der Wohnflächen die entsprechenden Zugänge ausgewiesen.

Tab. 4.2-5: Zugang an Wohnflächen nach Gebäudeklassen, 2003 – 2030

	2003-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030
	Ölpreisvariante					
Zugang an Wohnflächen, Mio m^2	99	182	203	211	215	217
davon: Ein- / Zweifamilienhäuser	70	113	116	118	118	118
Drei- und Mehrfamilienhäus	27	65	82	88	92	94
Nichtwohngebäude	2	4	4	5	5	5
	Referenzprognose					
Zugang an Wohnflächen, Mio m^2	99	195	218	224	227	229
davon: Ein- / Zweifamilienhäuser	69	122	126	127	127	127
Drei- und Mehrfamilienhäus	28	70	87	92	95	97
Nichtwohngebäude	2	4	4	5	5	5

Quelle: Eigene Berechnungen

(4) Die höheren Energiepreise wirken sich nicht nur auf das Wachstum der Wohnflächen aus, sie verändern auch deren Struktur. So liegt die Wohnfläche in den einkommenssensibleren Ein- und Zweifamilienhäuser im Jahr 2030 um knapp 2 % unter dem Referenzwert, bei den Mehrfamilienhäusern beträgt die Abweichung nur 1 %.

(5) Außer von der Entwicklung der Wohnflächen wird der Energieverbrauch für die Raumwärmeerzeugung von der **Beheizungsstruktur** des jeweiligen Wohnungsbestandes bestimmt. Strukturelle Verschiebungen zwischen den Energieträgern ergeben sich zum einen durch neu errichtete Gebäude, zum anderen durch den Ersatz alter Heizkessel durch Neuanlagen im Wohnungsbestand.

Von den zwischen 1996 und 2002 in **neu errichteten** Ein- und Zweifamilienhäusern geschaffenen Wohnflächen werden 68 % mit Erdgas beheizt, bei Mehrfamilienhäusern liegt der entsprechende Anteil bei mehr als drei Vierteln.

(6) Bei der Wahl des Heizenergieträgers spielen aktuelle und erwartete Preise eine wichtige Rolle. Beim Neubau von **Ein- und Zweifamilienhäusern** wird Gas zwar der dominierende Energieträger bleiben. Doch gewinnen Holzheizungen, die solare Heizungsunterstützung und vor allem Wärmepumpen angesichts der hohen Preise für Heizöl und Erdgas zunehmend an Bedeutung. Rund 38 % der zwischen 2026 und 2030 neu errichteten Ein- und Zweifamilienhäuser werden auf Basis erneuerbarer Energien oder durch Wärmepumen beheizt, das ist mehr als eine Verdoppelung gegenüber der Referenz (16 %). Auf Gas entfallen 52 %, in der Referenzprognose sind es 68 %.

Auch bei neu errichteten **Mehrfamilienhäusern**, bei denen die Investitionskosten der Heizanlagen im Vergleich zu den Betriebskosten eine größere Rolle spielen als beim Ein- und Zweifamilienhausbau, verschieben sich die Gewichte im Vergleich zur Referenzprognose in Richtung Wärmepumpen und Regenerative. Am Ende des Betrachtungszeitraums werden noch 67 % neuer Mehrfamilienhäuser mit Erdgasheizungen ausgestattet, in der Referenzprognose sind es 78 %, auf Regenerative und Wärmepumpenheizungen entfallen 19 % (Referenzprognose: 7 %).

Betrachtet man die Struktur aller im Zeitraum 2003 bis 2030 neu geschaffenen Wohnflächen, dann erreichen Regenerative und Wärmepumpen einen Anteil von jeweils rund 10 %. Damit sind erneuerbare Energien und Strom nach Erdgas (65 %) die bedeutendsten Energieträger für die Raumwärmeerzeugung im Neubau. In der Referenzprognose ist die Dominanz von Erdgas mit 72 % deutlich stärker ausgeprägt, an zweiter Stelle steht dort Heizöl (Tab. 4.2-6 und Tab 4.2-7).

Tab. 4.2-6: Beheizungsstruktur der Wohnungsneubauten, 1996 – 2030, in %

	Ölpreisvariante				Referenzprognose			
	Gas	**Öl**	**Fernwärme**	**andere**	**Gas**	**Öl**	**Fernwärme**	**andere**
Ein- / Zweifamilienhäuser								
1996/02	70	22	2	2	70	22	2	2
2003/05	76	12	3	7	74	18	2	4
2006/10	74	9	2	13	70	17	2	9
2011/15	65	8	2	22	68	15	2	12
2016/20	59	7	2	29	68	14	2	13
2021/25	55	6	2	34	68	12	2	15
2026/30	52	5	2	38	68	11	2	16
Drei- und Mehrfamilienhäuser								
1996/02	76	8	11	2	77	7	11	2
2003/05	75	6	13	4	77	6	12	2
2006/10	73	5	12	7	76	6	11	4
2011/15	69	5	11	13	75	6	10	7
2016/20	68	5	9	16	76	5	8	7
2021/25	67	4	8	17	77	5	7	7
2026/30	67	4	7	19	78	5	6	7
Nichtwohngebäude								
1996/02	76	7	11	2	77	7	11	2
2003/05	75	5	11	4	77	5	11	3
2006/10	73	5	11	7	76	5	10	4
2011/15	69	4	10	12	75	5	9	7
2016/20	68	4	9	14	76	5	7	7
2021/25	67	4	8	16	77	5	6	7
2026/30	66	4	8	17	78	5	6	7

Quelle: Statistisches Bundesamt, eigene Berechnungen

Tab. 4.2-7: Beheizungsstruktur der Flächen in Wohnungsneubauten, 2003 – 2030, Mio m²

	Ölpreisvariante						Referenzprognose					
	Gas	Öl	Fern-wärme	andere	dar: el. Wärme-pumpen	Summe	Gas	Öl	Fern-wärme	andere	dar: el. Wärme-pumpen	Summe
Ein- / Zweifamilienhäuser	409,2	58,4	20,2	165,8	83,0	653,6	480,6	112,8	18,8	86,1	48,5	698,3
Drei- und Mehrfamilienhäuser	312,2	23,1	55,1	59,1	26,9	449,4	359,1	27,5	54,0	28,5	18,6	469,1
Nichtwohngebäude	16,8	1,2	3,2	2,9	1,3	24,1	19,2	1,4	3,0	1,5	0,9	25,1
Insgesamt	738,2	82,6	78,5	227,7	111,1	1.127,1	858,9	141,7	75,8	116,0	68,0	1192,5
darunter Neubauten aus:												
2003/05	75,4	11,3	6,4	5,9	1,8	99,0	74,1	15,4	6,3	3,4	1,4	99,3
2006/10	135,0	15,8	13,2	18,1	8,1	182,1	141,5	27,0	13,4	13,6	8,6	195,5
2011/15	137,0	15,5	14,8	35,3	18,6	202,6	155,3	27,1	14,8	20,8	13,9	218,0
2016/20	132,8	14,6	15,0	48,7	25,2	211,1	159,6	25,7	14,4	24,1	14,9	223,8
2021/25	130,4	13,4	14,8	56,5	27,7	215,1	162,9	24,1	13,8	26,1	14,7	226,9
2026/30	127,6	12,0	14,4	63,2	29,8	217,2	165,5	22,5	13,1	27,9	14,4	229,1

Quelle: Eigene Berechnungen

(7) Veränderungen der Energieträgerstruktur resultieren auch durch Substitutionsvorgänge innerhalb bestehender Gebäude. Bei zentralen Heizungssystemen werden in erster Linie Kohle und Öl durch Erdgas, Wärmepumpen und Fernwärme substituiert. Die Substitution von Energieträgern im Wohnungsbestand ist deshalb von großer Bedeutung, weil im Betrachtungszeitraum die Zahl der Wohnungen, in denen Altanlagen (Einzelöfen und Zentralanlagen) zu ersetzen sind, deutlich höher liegen wird als der Zugang von Heizanlagen in neu errichteten Wohnungen. Bei einer durchschnittlichen Lebensdauer der Heizanlagen von etwa 18 Jahren und ausgehend von deren heutiger Altersstruktur muss zwischen 2003 und 2010 bei rund 12 Mio Wohnungen die alte Öl- bzw. Gasheizung ersetzt werden (ca. 1,6 Mio p.a.). Bis 2020 steigt das jährliche Austauschvolumen auf rund 1,8 Mio Wohnungen p.a. und stabilisiert sich dann auf diesem Niveau.[2] Hierin nicht enthalten sind Einzelofenanlagen, die künftig durch Zentralsysteme ersetzt werden. Der Bestand an einzelofenbefeuerten Wohnungen (ohne Stromspeicher) wird sich von gegenwärtig noch etwa 1,3 Mio bis 2010 auf 0,85 Mio vermindern und 2030 nach unseren Annahmen noch etwa 0,4 Mio Einheiten betragen.

Substituiert werden insbesondere Einzelofensysteme durch komfortablere Zentralsysteme. Im Vergleich zur Referenz spielen hierbei Holzheizungen und – vor allem in Ein- und Zweifamilienhäusern - zentrale Wärmepumpensysteme eine größere Rolle. Das gilt auch beim Ersatz alter Zentralsysteme.

(8) Die Wirkungen von Neubautätigkeit, Abrissen und Substitutionsvorgängen fassen die Tab. 4.2-8 und 4.2-9 zusammen.

2 Die Zahl der Heizanlagen ist deutlich niedriger, da in Mehrfamilienhäusern jeweils mehr als eine Wohnung von der Heizanlage versorgt wird.

Tab. 4.2-8: Beheizungsstruktur des Wohnflächenbestandes, 2002 – 2030, in %

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Fernwärme	9,5	9,4	9,3	9,0	9,4	9,1	8,8
Öl	36,3	33,0	29,2	27,0	33,5	30,3	28,6
Gas	44,7	49,3	52,5	53,3	49,1	53,0	54,7
Kohle	2,4	1,1	0,6	0,5	1,1	0,5	0,4
Holz	1,2	1,2	1,5	1,8	1,1	0,9	0,8
Strom	5,6	5,1	4,5	4,3	5,1	4,4	4,0
Umweltenergie WP + Solar	0,3	0,8	2,4	4,0	0,7	1,8	2,6
Summe	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Quelle: Statistisches Bundesamt, eigene Berechnungen

Verglichen mit der Referenzentwicklung werden im Jahr 2030 rund 25 % mehr Wohnflächen mit Holz beheizt, bei Wärmepumpen und Solarheizungen beträgt der Unterschied zusammen genommen mehr als 50 %. Der Anteil der gas- und ölbeheizten Flächen liegt dagegen um 4 % bis 5 % niedriger als in der Referenz.

Tab. 4.2-9: Beheizungsstruktur des Wohnflächenbestandes, 2002 – 2030, Jahres-durchschnitt, (in Mio m^2)

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Alle Wohnungen							
Fernwärme	316	339	366	383	338	363	378
Öl	1.208	1.182	1.153	1.146	1.204	1.208	1.231
Gas	1.490	1.767	2.072	2.263	1.766	2.114	2.358
Kohle	80	41	22	20	41	21	19
Holz	40	44	59	78	38	36	36
Strom	187	184	179	183	183	175	174
Umweltenergie WP + Solar	10	27	96	169	26	73	111
Summe	3.331	3.584	3.947	4.243	3.596	3.990	4.307
darunter: Ein- / Zweifamilienhäuser							
Fernwärme	46	56	65	71	55	64	69
Öl	852	849	847	849	867	890	914
Gas	832	1.015	1.188	1.289	1.012	1.214	1.349
Kohle	41	25	14	13	25	13	12
Holz	28	31	43	55	27	26	26
Strom	107	107	105	109	106	102	102
Umweltenergie WP + Solar	9	24	76	130	23	58	86
Summe	1.916	2.107	2.338	2.516	2.115	2.366	2.559

Quelle: Statistisches Bundesamt, eigene Berechnungen

Die energetische Qualität der Wohnflächen

(9) Die energetische Qualität eines Gebäudes wird durch den spezifischen Wärmeleistungsbedarf (W/m^2) charakterisiert. Der Wärmeleistungsbedarf verändert sich mit steigenden Energiepreisen, anspruchsvolleren Verordnungen und energetischen Sanierungen im Wohnungsbestand. In der Praxis führen Unterschiede im Nutzerverhalten auch bei identischen Gebäuden zu einer erheblichen Bandbreite des Heizwärmebedarfs (kWh/m^2).

(10) Die in der Ölpreisvariante höheren Preise für Heizöl und Erdgas führen zu einer im Vergleich zur Referenz noch weiter gehenden Absenkung des Wärmeleistungsbedarfs. Besonders deutlich fällt der Unterschied im Bestand der mit Holz (2030: -17 % gegenüber Referenz) und Wärmepumpen (-9 %) beheizten Gebäude aus. Bei den anderen Gebäuden liegt die Differenz im Wesentlichen zwischen 1 % und 3 %.

(11) Grund für den stärkeren Rückgang des Wärmeleistungsbedarfs bei mit Holz und Wärmepumpen beheizten Wohnflächen ist die in der Ölpreisvariante zunehmende Bedeutung dieser Energieträger bei Neubauten, deren Wärmeleistungsbedarf im Betrachtungszeitraum erheblich sinkt. Durch den verstärkten Zubau von energetisch höherwertigen Wohnflächen verringert sich deshalb der Wärmeleistungsbedarf des Bestandes an holz- und wärmepumpenbeheizten Wohnflächen deutlich schneller als in der Referenz.

Bei den anderen Energieträgern fällt der Unterschied des Wärmeleistungsbedarfs gegenüber der Referenz aufgrund zweier gegenläufiger Effekte weit weniger stark aus. Zum einen erhöht sich die energetische Qualität der von diesen Energieträgern beheizten Gebäude durch bessere Neubauten und eine höhere Sanierungseffizienz. Zum anderen aber werden weniger energetisch höherwertige Gebäude mit diesen Energieträgern beheizt. Die Bedeutung dieser Gebäude im Bestand ist deshalb kleiner als in der Referenz.

(12) Auch die Gebäudesanierung im Bestand wird von den höheren Preisen für fossile Energie beeinflusst. So wurde angenommen, dass die **Sanierungseffizienz** in der Ölpreisvariante um bis zu knapp einem Viertel höher liegt als in der Referenz. Besonders deutlich zeigt sich dies bei den Sanierungen im Zeitraum bis 2015. Bei späteren Sanierungen weist bereits die Referenz eine vergleichsweise hohe Effizienz aus. Weiteren Verbesserungen sind deshalb zunehmend Grenzen gesetzt. Zum einen, weil die Grenzkosten der Maßnahmen steigen, zum anderen, weil die Preisdifferenz bei Heizöl und Erdgas im Vergleich zur Referenz gegen Ende des Betrachtungszeitraums kleiner ist als zu dessen Beginn. Allerdings liegt auch im Zeitraum 2026 bis 2030 die Sanierungseffizienz noch um rund 15 % höher als in der Referenzprognose (Tab 4.2-10).

Bei der Sanierungsrate, also der Häufigkeit, mit der bestehende Gebäude saniert werden, sehen wir zwischen Ölpreisvariante und Referenzprognose keinen Unterschied, weil sich hier zwei Effekte kompensieren. Dem größeren Sanierungsanreiz als Folge der höheren Preise stehen die im Vergleich zur Referenz geringeren, für Sanierungsinvestitionen verfügbaren Mittel bei Vermietern und Eigenheimbesitzern gegenüber (Tab. 4.2-11).

Tab. 4.2-10: Sanierungseffizienz in Abhängigkeit von Baujahr und Gebäudealter, (Verbesserung des Wärmeleistungsbedarfs pro Sanierungsfall, in %)

	Ölpreisvariante					Referenzprognose				
Gebäudealter in Jahren	**2006-2010**	**2011-2015**	**2016-2020**	**2021-2025**	**2026-2030**	**2006-2010**	**2011-2015**	**2016-2020**	**2021-2025**	**2026-2030**
Ein- / Zweifamilienhäuser										
bis 1918	42	42	43	43	44	34	35	36	37	38
1919-1948	42	42	43	43	44	34	35	36	37	38
1949-1968	42	42	43	43	44	34	35	36	37	38
1969-1978	42	42	43	43	44	34	35	36	37	38
1979-1987	42	42	43	43	44	34	35	36	37	38
1988-1991	33	40	43	43	44	27	33	36	37	38
1992-1995	28	38	43	43	44	23	31	36	37	38
1996-1997	19	28	38	43	44	15	23	32	37	38
1998-2000	9	19	29	39	39	8	16	24	33	34
2001-2005	9	19	29	39	44	8	16	24	33	38
Drei- und Mehrfamilienhäuser										
bis 1918	47	47	48	48	49	38	39	40	41	43
1919-1948	47	47	48	48	49	38	39	40	41	43
1949-1968	47	47	48	48	49	38	39	40	41	43
1969-1978	47	47	48	48	49	38	39	40	41	43
1979-1987	37	42	48	48	49	30	35	40	41	43
1988-1991	33	38	43	48	49	27	31	36	41	43
1992-1995	28	38	38	48	49	23	31	32	41	43
1996-1997	19	28	38	39	39	15	23	32	33	34
1998-2000	15	19	29	39	39	12	16	24	33	34
2001-2005	15	19	29	39	39	12	16	24	33	34

Quelle: Eigene Berechnungen

Tab. 4.2-11: Energetische Sanierungshäufigkeit in Abhängigkeit vom Gebäudealter (% p.a.)

Gebäudealter in Jahren	Ein- / Zweifamilienhäuser	Mehrfamilienhäuser
0-5	0,0	0,0
6-10	0,0	0,1
11-15	0,1	0,7
16-20	0,2	1,2
21-25	0,2	1,2
26-30	0,2	1,3
31-35	0,4	1,3
36-40	1,0	1,2
41-45	1,0	1,2
46-50	1,0	1,2

Quelle: Eigene Berechnungen

(13) Bei der **Nutzungsdauer der Wärmeleistung**, die entscheidend vom Verhalten der Gebäudebewohner beeinflusst wird, ist in der Ölpreisvariante gegenüber der Referenzprognose mittelfristig keine merkliche Abweichung zu erwarten.

Die durchschnittliche Nutzungsdauer steigt im Betrachtungszeitraum zunächst von 1.680 h auf 1.690 h im Jahr 2010. Danach verringert sich die Nutzungsdauer bis 2030 aufgrund des zunehmend besseren Wärmeschutzes der Gebäude auf 1.620 h.

Die energetische Qualität der Heizanlagen

(14) Die energetische Qualität von Heizungsanlagen wird durch den Jahresnutzungsgrad (Relation von Nutzenergieverbrauch und Endenergieverbrauch) ausgedrückt und stellt einen über das Jahr gemittelten **Gesamtwirkungsgrad des Heizsystems** dar. Die Angaben zu den Nutzungsgraden von Heizanlagen unterscheiden zwischen dem Durchschnittswert für den Gesamtanlagenbestand und den Werten für neue Systeme, die in der Regel den Brennstoff erheblich besser nutzen als Altanlagen.

In der Ölpreisvariante gehen wir wie in der Referenzprognose davon aus, dass der mittlere Neuanlagennutzungsgrad von Erdgas-Zentralheizungen bis 2030 auf 101 % und von Öl-Zentralheizungen auf 96 % steigen wird. Dies impliziert den verstärkten Einsatz von Erdgas-Brennwertgeräten (Anteil 2030: 95 %). Bei Heizöl-Brennwertgeräten wird die Marktpenetration geringer eingeschätzt (Anteil 2030: 70 %).

Tabelle 4.2-12 zeigt die durchschnittlichen energieträgerspezifischen Nutzungsgrade für den Anlagenbestand, die mittleren spezifischen Heizenergiebedarfe sowie die aus der Kombination beider Parameter resultierenden spezifischen Endenergieverbräuche. Die stärksten Absenkungen im Vergleich zur Referenz weisen holz- und wärmepumpenbeheizte Wohnflächen auf, weniger deutlich sind die Minderungen bei den fossilen Energieträgern.

Tab. 4.2-12: Mittlere spezifische Heizenergiebedarfe, Nutzungsgrade und Endenergieverbräuche nach Energieträgern und Heizsystemen, 2002 – 2030

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Heizenergiebedarfe (MJ/m2)							
Fernwärme	445	404	352	319	406	358	328
Öl-Zentralheizung	556	527	487	456	526	486	455
Gas-Zentralheizung/-Etagenheizung	526	473	409	365	476	412	368
Kohle-Zentralheizung	511	473	438	410	477	445	418
Holz-Zentralheizung	654	508	348	279	604	539	491
Öl-Einzelofenheizung	518	502	439	422	505	461	447
Gas-Einzelofenheizung	536	549	568	561	552	564	552
Kohle-Einzelofenheizung	339	343	334	323	344	339	330
Holz-Einzelofenheizung	367	349	330	320	350	334	326
Elektroheizungen ohne Wärmepumpen	416	407	374	344	410	384	360
Wärmepumpenheizung	375	282	197	164	284	215	180
Solarheizung	390	352	246	183	365	252	179
INSGESAMT	518	478	419	375	481	425	385
Nutzungsgrade (%)							
Fernwärme	96	96	96	96	96	96	96
Öl-Zentralheizung	78	82	87	92	82	87	92
Gas-Zentralheizung/-Etagenheizung	81	86	93	99	86	93	99
Kohle-Zentralheizung	71	73	75	77	73	75	77
Holz-Zentralheizung	70	72	74	76	72	74	76
Öl-Einzelofenheizung	70	70	70	70	70	70	70
Gas-Einzelofenheizung	70	70	70	70	70	70	70
Kohle-Einzelofenheizung	65	65	65	65	65	65	65
Holz-Einzelofenheizung	65	65	65	65	65	65	65
Elektroheizungen ohne Wärmepumpen	98	98	98	98	98	98	98
Wärmepumpenheizung	249	314	393	445	312	379	433
Solarheizung	100	100	100	100	100	100	100
INSGESAMT	81	85	91	97	85	91	96
Endenergieverbräuche (MJ/m2)							
Fernwärme	465	421	366	332	423	373	342
Öl-Zentralheizung	714	646	560	497	644	558	495
Gas-Zentralheizung/-Etagenheizung	650	552	440	370	555	444	373
Kohle-Zentralheizung	720	648	586	533	654	595	543
Holz-Zentralheizung	930	702	467	365	834	724	644
Öl-Einzelofenheizung	740	718	628	603	721	659	639
Gas-Einzelofenheizung	766	785	811	802	788	806	788
Kohle-Einzelofenheizung	522	527	514	496	530	522	508
Holz-Einzelofenheizung	567	537	508	492	539	515	502
Elektroheizungen ohne Wärmepumpen	424	415	382	351	418	392	367
Wärmepumpenheizung	151	90	50	37	91	57	42
Solarheizung	390	352	246	183	365	252	179
INSGESAMT	641	562	458	389	565	466	400

Quelle: Eigene Berechnungen

(15) Der **Endenergieverbrauch für die Erzeugung von Raumwärme** wird durch die Verknüpfung von Wohnflächen, Wärmeleistungsbedarfen, Nutzungsdauern und Wirkungsgraden ermittelt (Tab. 4.2-13). Bei den ausgewiesenen Endenergieverbräuchen handelt es sich um temperaturneutrale Werte, die eine bessere Einschätzung der trendmäßigen Entwicklung erlauben. Zum Vergleich werden die nicht um Temperaturschwankungen bereinigten Werte ausgewiesen.

(16) Der Energieverbrauch für die Erzeugung von Raumwärme geht zwischen 2002 und 2030 stetig zurück, wenn Temperaturschwankungen und Lagerbestandsveränderungen ausgeschaltet werden. Am Ende des Betrachtungszeitraums liegt der Energieverbrauch um rund ein Fünftel unterhalb des Ausgangswertes und um knapp 3 % niedriger als in der Referenzprognose. Besonders deutlich fallen die Unterschiede beim Energieverbrauch elektrischer Wärmepumpen (+ 37 % im Vergleich zur Referenz), bei Solarheizungen (+ 38 %) sowie bei Holzheizungen aus. Trotz der hohen Zuwächse bei den regenerativen Energieträgern dominieren auch in der Ölpreisvariante im Jahr 2030 die fossilen Energien den Raumwärmemarkt. Erdgas deckt rund die Hälfte des entsprechenden Energieverbrauchs, Heizöl etwa ein Drittel.

Der Rückgang des Energieverbrauchs bei der Erzeugung von Raumwärme ist angesichts der im Betrachtungszeitraum um knapp 30 % ausgeweiteten Wohnflächen auf Effizienzsteigerungen durch qualitativ bessere Gebäudehüllen und Heizanlagen mit höheren Nutzungsgraden zurückzuführen. Die geringen Abweichungen gegenüber der Referenzprognose sind eine Konsequenz der Trägheit des Gebäudeparks. Trotz erheblicher Verbesserungen der energetischen Gebäudequalität sowie gravierender Veränderungen der Heizenergieträgerstruktur im Neubau und bei Sanierungen sind die Auswirkungen auf den Energieverbrauch im Gebäudebestand des Jahres 2030 relativ gering.

Das zeigt einerseits, dass schnelle Absenkungen des Verbrauchs oder Veränderungen der Energieträgerstruktur bei der Erzeugung von Raumwärme durch höhere Preise von Heizöl und Erdgas nicht zu erwarten sind. Zum anderen wird deutlich, dass sich entscheidende Verbesserungen in diesem Verbrauchssegment auch langfristig nur dann erreichen lassen, wenn Veränderungen bei Neubau und Sanierungen möglichst frühzeitig beginnen und dann kontinuierlich erfolgen.

Tab. 4.2-13: Der Energieverbrauch für Raumwärme – Modellergebnisse*, 2002 – 2030, in PJ

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	2010	2020	2030	2010	2020	2030
temperaturbereinigt							
Fernwärme	141	139	131	124	139	133	126
Öl	844	750	634	558	762	662	597
Gas	944	958	897	821	963	924	862
Kohle	43	22	11	10	22	11	10
Holz	28	27	28	30	25	22	20
Strom o. Wärmepumpen	77	75	67	63	75	67	63
Elektrische Wärmepumpen	1	2	4	5	2	4	4
Solarheizung	0	1	2	4	1	2	3
Insgesamt o. Solarheizung	2.078	1.972	1.773	1.611	1.988	1.823	1.682
+ Kaminholz	106	115	123	127	113	115	113
+ Strom Direktheizung	15	14	13	13	14	12	11
+ Strom Hilfsenergie	21	21	22	22	22	22	22
+ genutzte Umweltenergie WP + Solar	2	6	15	22	5	12	16
INSGESAMT	2.223	2.129	1.946	1.796	2.142	1.984	1.843
nicht temperaturbereinigt INSGESAMT	2.045	2.129	1.946	1.796	2.142	1.984	1.843

*bereinigt um Lagereinflüsse; die Modellergebnisse sind nicht auf die Eckwerte der Energiebilanz abgeglichen.
Quelle: Eigene Berechnungen

4.2.3 Der Endenergieverbrauch für die Erzeugung von Warmwasser

(1) Die entscheidende Größe für die Prognose des **Warmwasserbedarfs der Haushalte** ist die Bevölkerung. Der Warmwasserverbrauch wird in erheblichem Ausmaß durch das individuelle Verhalten der Verbraucher und die Art des Warmwasserversorgungssystems beeinflusst. Berücksichtigt wird bei den Prognosen nur der direkte Warmwasserbedarf, der indirekte Verbrauch durch die Nutzung von Wasch- oder Spülmaschinen wird nicht erfasst. Das Verbrauchsverhalten ist im Bevölkerungsdurchschnitt trotz großer Unterschiede im individuellen Nutzerverhalten relativ stabil. Deshalb wurde der Pro-Kopf-Verbrauch als Basisgröße für die Prognose zugrunde gelegt, er unterscheidet sich in der Ölpreisvariante nicht von der Referenzprognose.

Die Fortschreibung des spezifischen Warmwasserverbrauchs pro Person und Tag (Tab. 4.2-14) erfolgte unter den Annahmen, dass dieser bei **zentralen Warmwasserversorgungssystemen** höher liegt als bei dezentraler Warmwassererzeugung in Einzelgeräten, dass sich bei den **Einzelgeräten** Differenzierungen zwischen den komfortableren Heißwasserbereitern (Gas, Strom) einerseits und den „alten“ Systemen (Kohle, Holz) andererseits ergeben und dass im Betrachtungszeitraum der **spezifische Warmwasserverbrauch** weitgehend konstant bleibt.

Tab. 4.2-14: Spezifischer Warmwasserverbrauch pro Kopf nach Systemen, 2002 – 2030

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Spezifischer Warmwasserverbrauch pro Person und Tag bei einer Temperatur-differenz von 35°C, in Litern							
Zentrale Warmwassersysteme							
Fernwärme	45	45	45	45	45	45	45
Öl-Zentralheizung	45	45	45	45	45	45	45
Gas-Zentralheizung /-Etagenheizung	45	45	45	45	45	45	45
Kohle-Zentralheizung	45	45	45	45	45	45	45
Holz-Zentralheizung	45	45	45	45	45	45	45
Dezentrale Warmwassersysteme							
Strom	41	42	43	43	42	43	43
Gas	41	42	43	43	42	43	43
Kohle	25	25	25	25	25	25	25
Holz	25	25	25	25	25	25	25
Wärmepumpen	45	45	45	45	45	45	45
Solar	45	45	45	45	45	45	45

Quelle: Eigene Berechnungen

(2) Bei zentral beheizten Wohnungen wird für die Warmwassererzeugung meist derselbe Energieträger eingesetzt wir für die Raumwärmeerzeugung. Die Energieträgerstruktur der Warmwassererzeugung orientiert sich deshalb – wenn auch mit abnehmender Stringenz – an der Beheizungsstruktur der Wohnflächen. Dadurch ergeben sich Abweichungen zwischen Ölpreisvariante und Referenzprognose.

Die Fortschreibung erfolgt in zwei Schritten: Basierend auf den system- und energieträger-spezifischen Pro-Kopf-Verbräuchen von Warmwasser werden zunächst die Anteile derjenigen Wohnungen bestimmt, die über eine mit der Heizanlage gekoppelte konventionelle zentrale Warmwasserversorgung in Küche und Bad verfügen. Die Koppelung an das Heizsystem erfolgt energieträgerspezifisch. Daraus errechnet sich die über Zentralsysteme versorgte Bevölkerung. Im zweiten Schritt werden diejenigen Einzelsysteme und neuen zentralen Warmwassersysteme (Wärmepumpen, Solarkollektoren) bestimmt, die die übrigen Einwohner versorgen. Hierbei ist zur Sicherung der Versorgung – vor allem im Winter - stets ein Zweitsystem erforderlich.

(3) Basis der Fortschreibung der durch eine **konventionelle zentrale Warmwasserbereitung** versorgten Haushalte ist der Wohnungsbestand nach Energieträgern und Heizsystemen.[3]

3 Diesen Wohnungen wurden die darin lebenden Haushalte bzw. die darin lebende Wohnbevölkerung zugeordnet.

Ausgehend davon wird angenommen, dass der Anteil der Wohnungen mit zentraler Warmwasserversorgung am jeweiligen Zentralheizungsbestand der konventionellen Heizsysteme Öl, Gas, Kohle und Fernwärme stagniert oder leicht zurückgeht. Damit ist der Teil der Haushalte und Bevölkerung festgelegt, der über ein Zentralsystem mit Warmwasser versorgt wird.

In den übrigen Haushalten erfolgt die Warmwasserversorgung durch konventionelle dezentrale Systeme, durch zentrale Wärmepumpen oder durch solare Brauchwasserbereitungsanlagen. Die Fortschreibung beruht auf folgenden Annahmen (Tab.4.2-15).

- **Alte Warmwasserbereitungsanlagen** (Kohle-, Holz- und Ölöfen) verschwinden fast vollständig aus dem Bestand.

- **Solaranlagen und Brauchwasserwärmepumpen** gewinnen deutlich Marktanteile. Die Kostennachteile dieser Anlagen verringern sich durch die in der Ölpreisvariante höheren Preise für Gas und Heizöl. Zwischen 2002 und 2030 nimmt der Anteil von Wärmepumpen an der Versorgung von 1 % auf knapp 5 % zu, derjenige von Solaranlagen erhöht sich von 2 % auf fast 9 %. Im Jahr 2030 liegt die Nutzung regenerativer Energien (Holz, Solaranlagen und Umweltwärme in Verbindung mit Wärmepumpen) je nach Energieträger zwischen 40 % und mehr als 50 % höher als in der Referenz.[4]

- Die Bedeutung von **Elektrowarmwasserbereitern** verändert sich im Zeitablauf kaum, in der Referenz verringerte sich ihr Anteil

- Die Marktanteile von **Zentralsystemen** zur Warmwassererzeugung gehen leicht zurück, was insbesondere auf die wachsende Bedeutung von Solaranlagen zurückzuführen ist.

[4] Solare Brauchwasserbereiter decken im Allgemeinen rund 35 bis 60 % des jährlichen Warmwasserbedarfs. Deshalb entspricht die Zahl der effektiv mit Solaranlagen versorgten Haushalte etwa dem 2,5-fachen der ausgewiesenen (rechnerisch vollversorgten) Haushalte.

Tab. 4.2-15: Struktur der Warmwasserversorgung der Wohnbevölkerung (Tsd Personen), 2002 – 2030*

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Wohnbevölkerung, Jahresmitte	82.413	82.411	81.393	79.421	82.411	81.393	79.421
Versorgung durch gekoppelte zentrale Systeme							
Fernwärme	6.812	6.715	6.320	5.937	6.690	6.309	5.809
Öl-Zentralheizung	19.173	17.209	14.888	13.125	17.708	16.069	14.907
Gas-Zentralheizung /-Etagenheizung	19.934	22.137	23.337	23.021	22.054	23.473	23.430
Kohle-Zentralheizung	132	101	76	66	100	74	64
Holz-Zentralheizung	160	218	355	468	169	169	161
Summe	46.211	46.380	44.976	42.617	46.722	46.095	44.373
Versorgung durch dezentrale Systeme							
Strom	20.949	20.431	20.233	20.128	20.073	18.811	18.632
Öl	0	0	0	0	0	0	0
Gas	10.640	9.420	7.907	5.981	9.938	9.715	8.430
Kohle	124	33	5	5	35	5	5
Holz	17	7	2	2	7	2	2
Wärmepumpen	810	1.581	3.074	3.753	1.498	2.781	3.477
Solar	1.630	3.659	5.014	6.936	3.246	3.806	4.501
Summe	34.171	35.130	36.235	36.804	34.797	35.121	35.048
ohne eigene Warmwasserversorgung	2.031	901	182	0	892	176	0

* Die Angaben zu Bevölkerung und Privaten Haushalten beziehen sich auf die Jahresmitte. Es kommt deshalb zu leichten Abweichungen zu den Daten im Kapitel 8.1, die sich auf das Jahresende beziehen.

Quelle: Eigene Berechnungen

(4) Die unterstellten **Nutzungsgrade** von Warmwassersystemen unterscheiden sich nicht von der Referenzprognose. Sie wurden unter der Annahme abgeleitet,

- dass die Energieeinsparverordnung (oder Nachfolgeregelungen) auch in Zukunft bei Warmwassersystemen **Mindeststandards** für die Wärmeisolierung von Verteilrohren und Speichern setzt und Anforderungen an die Regelungssysteme stellt;

- dass als Folge besser gedämmter Warmwasserspeicher bei zentralen Systemen die **Bereitschaftsverluste** abnehmen, wodurch in Verbindung mit höheren Kesselwirkungsgraden die Energieeffizienz der Systeme deutlich ansteigt;

- dass die **Energieeffizienz von dezentralen Systemen** nur noch wenig zunimmt, da bestehende Einsparpotenziale bereits weitgehend ausgeschöpft sind.

Berücksichtigt wurde hierbei, dass die Nutzungsgrade bei zentralen Warmwassersystemen aufgrund der hohen Stillstandsverluste niedriger liegen als die Nutzungsgrade der entsprechenden dezentralen Systeme.

Tab. 4.2-16: Nutzungsgrade in der Warmwasserversorgung, 2002 – 2030, in %

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	2010	2020	2030	2010	2020	2030
gekoppelte zentrale Systeme							
Fernwärme	77	79	81	83	79	81	83
Öl-Zentralheizung	61	65	71	77	66	72	77
Gas-Zentralheizung /-Etagenheizung	67	72	80	87	72	80	87
Kohle-Zentralheizung	52	54	56	58	54	56	58
Holz-Zentralheizung	51	53	56	58	53	55	58
dezentrale Systeme							
Strom	91	92	92	92	92	92	92
Gas	72	75	77	79	75	77	78
Kohle	40	40	40	40	40	40	40
Holz	40	40	40	40	40	40	40
Wärmepumpen	200	200	200	200	200	200	200
Solar	100	100	100	100	100	100	100

Quelle: Eigene Berechnungen

(5) Als Konsequenz abnehmender Einwohnerzahl und steigender Effizienz geht der Endenergieverbrauch für die Erzeugung von Warmwasser stetig zurück (Tab. 4.2-17). Im Jahr 2030 liegt er (temperaturbereinigt) um knapp 17% niedriger als 2002, vom Referenzwert weicht er nur wenig ab (-1 %).

Im Vergleich zur Referenz gewinnen vor allem die erneuerbaren Energien sowie Strom und Fernwärme an Bedeutung, die Anteile von Heizöl und Gas fallen niedriger aus.

Tab. 4.2-17: Der Endenergieverbrauch für Warmwasser, 2002 – 2030, Modellergebnisse*, in PJ

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	2010	2020	2030	2010	2020	2030
temperaturbereinigt							
Fernwärme	21,3	20,5	18,9	17,3	20,5	18,8	16,9
Öl	75,4	63,3	50,1	41,0	65,0	54,1	46,5
Gas	104,2	102,2	93,6	81,2	103,5	99,4	89,5
Kohle	1,0	0,6	0,3	0,3	0,6	0,3	0,3
Holz	0,8	1,0	1,5	2,0	0,8	0,7	0,7
Strom (inkl. Wärmepumpen)	52,4	52,5	53,9	54,3	51,5	50,0	50,3
Summe (ohne solare Systeme)	255,1	240,1	218,4	196,1	241,8	223,4	204,2
Solar- und Umweltwärme	4,9	10,7	15,8	21,2	9,6	12,5	15,0
Insgesamt	260,0	250,8	234,2	217,3	251,4	235,9	219,2
nicht temperaturbereinigt	253,1	250,8	234,2	217,3	251,4	235,9	219,2

*bereinigt um Lagereinflüsse, die Modellergebnisse sind nicht auf die Energiebilanz abgeglichen
Quelle: Eigene Berechnungen

4.2.4 Der Endenergieverbrauch für das Kochen

(1) Beim Kochen, für das rund 2 % der gesamten von den Privaten Haushalten bezogenen Endenergie benötigt werden, stellen sich durch die in der Ölpreisvariante höheren Preise keine

Veränderungen gegenüber der Referenz ein. Insgesamt wird der Energieverbrauch für das Kochen der Privaten Haushalte im Jahr 2030 mit knapp 49 PJ um rund 14 % niedriger liegen als 2002 (Tab. 4.2-18).

Tab. 4.2-18: Der Endenergieverbrauch für das Kochen, 2002 – 2030

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Ausstattungsgrad mit Kochherden, in %							
Elektroherd	78,4	81,0	83,8	85,7	81,0	83,8	85,7
Gasherd	20,0	17,3	15,2	13,3	17,3	15,2	13,3
Kohleherd/Holzherd	0,6	0,7	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0
Genutzte Geräte, in Mio							
Elektroherd	30.373	32.126	33.549	34.026	32.126	33.549	34.026
Gasherd	7.759	6.869	6.067	5.289	6.869	6.067	5.289
Kohleherd/Holzherd	244	273	5	5	273	5	5
Spezifischer Verbrauch, in kWh pro Gerät und Jahr							
Elektroherd	363	345	331	318	345	331	318
Gasherd	573	540	522	506	540	522	506
Kohleherd/Holzherd	937	895	843	823	895	843	823
Endenergieverbrauch, Modellergebnis, in PJ							
Elektroherd	39,7	40,0	40,0	39,0	40,0	40,0	39,0
Gasherd	16,0	13,4	11,4	9,6	13,4	11,4	9,6
Kohleherd/Holzherd	0,8	0,9	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0
Insgesamt	56,6	54,2	51,4	48,6	54,2	51,4	48,6

Quelle: Eigene Berechnungen

4.2.5 Der Endenergieverbrauch der elektrischen Haushaltsgeräte

(1) Im Bereich der elektrischen Haushaltsgeräte, deren Nutzung rund ein Zehntel der von Privaten Haushalten bezogenen Endenergie benötigt, sehen wir keine markanten Abweichungen zwischen Ölpreisvariante und Referenzprognose. Hierfür spricht zum einen, dass der Strompreis, den Private Haushalte in der Ölpreisvariante zu entrichten haben, um nur 2 % über dem Referenzwert liegt. Hinzu kommt, dass geringe Strompreisänderungen kaum zu Veränderungen des Verbraucherverhaltens führen. Das gilt sowohl hinsichtlich der Kaufentscheidung als auch für die Gerätenutzung.

(2) Allerdings lässt die in der Ölpreisvariante erhöhte politische Sensibilität für den Energieverbrauch generell erwarten, dass Energieeffizienz stärker propagiert wird als in der Referenzprognose unterstellt. Dies kann sich in zusätzlichen Informationskampagnen oder in höheren Anforderungen an die Effizienz von Elektrogeräten niederschlagen, die über die Verschärfung der Referenzprognose hinaus gehen.

Derartige Effekte lassen sich nicht verlässlich abbilden. Um diesen Überlegungen dennoch Rechnung zu tragen, haben wir den spezifischen Verbrauch von Elektrogroßgeräten in der Ölpreisvariante im Vergleich zur Referenz leicht abgesenkt (Tab. 4.2-19).

Tab. 4.2-19: Entwicklung der Technikkomponente* des spezifischen Verbrauchs, 2002 – 2030, in kWh/Gerät

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Licht	291	247	196	179	248	199	183
Kühlschrank	255	220	190	163	220	192	167
Kühl-Gefrier-Gerät	274	238	205	177	238	207	180
Gefrier-Gerät	264	231	200	174	231	202	177
Waschmaschine	146	123	111	104	123	112	107
Waschtrockner	406	372	336	307	372	340	313
Wäschetrockner	273	252	226	203	252	229	207
Geschirrspüler	214	197	181	166	197	183	169
Farb-TV	165	182	178	131	182	180	134
SW-TV	0	0	0	0	0	0	0
Radio-HiFi	36	36	36	36	36	36	36
Video	72	72	72	71	72	72	71
Bügeleisen	25	25	25	25	25	25	25
Staubsauger	24	24	24	24	24	24	24
Kaffeemaschine	60	60	60	60	60	60	60
Toaster	25	25	25	25	25	25	25
Fön	25	25	25	25	25	25	25
Dunstabzugshaube	45	45	45	45	45	45	45
Mikrowelle	35	35	35	35	35	35	35
PC (incl. Nutzungskomponente)	232	232	229	226	232	232	232
Gemeinschaftsbeleuchtung u.ä.	87	81	75	72	82	75	73

* ohne Veränderung der Nutzungsintensitäten, ohne den Effekt der zukünftig durchschnittlich kleineren Haushalte und ohne Zweitgeräteeinfluss
Quelle: VDEW, HDA, eigene Berechnungen

(3) Die Ausstattung der Privaten Haushalte mit Elektrogeräten wird sich angesichts der geringen Unterschiede in der wirtschaftlichen Entwicklung gegenüber der Referenz nicht verändern (Tab. 4.2-20 und Tab. 4.2-21). Allerdings dürfte das etwas niedrigere verfügbare Einkommen dazu führen, dass ältere Geräte länger genutzt werden als in der Referenz. Dies bremst tendenziell die Durchdringung des Gerätebestandes mit besseren Neugeräten.

Tab. 4.2-20 Ausstattung der Haushalte mit Elektrogeräten, 2002 – 2030, Erstgeräteausstattung, in %

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Licht	100	100	100	100	100	100	100
Kühlschrank	69	66	62	60	66	62	60
Kühl-Gefrier-Gerät	30	34	38	40	34	38	40
Gefrier-Gerät	58	61	64	67	61	64	67
Waschmaschine	88	87	81	71	87	81	71
Waschtrockner	7	10	16	27	10	16	27
Wäschetrockner	36	48	57	54	48	57	54
Geschirrspüler	54	68	76	81	68	76	81
Farb-TV	100	100	100	100	100	100	100
SW-TV	0	0	0	0	0	0	0
Radio-HiFi	100	100	100	100	100	100	100
Video	74	86	92	96	86	92	96
Bügeleisen	97	98	99	99	98	99	99
Staubsauger	99	99	99	99	99	99	99
Kaffeemaschine	94	96	98	100	96	98	100
Toaster	89	91	94	96	91	94	96
Fön	80	82	85	87	82	85	87
Dunstabzugshaube	56	63	67	70	63	67	70
Mikrowelle	64	80	90	94	80	90	94
PC	66	87	100	100	87	100	100

Quelle: Statistisches Bundesamt, VDEW, eigene Berechnungen

Tab. 4.2-21: Verbrauchsrelevante Mengenkomponenten, 2002 – 2030, Elektrogeräte in Mio

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Licht	38,8	39,7	40,0	39,7	39,7	40,0	39,7
Kühlschrank	29,1	26,7	24,0	21,9	26,7	24,0	21,9
Kühl-Gefrier-Gerät	13,1	15,1	17,1	18,3	15,1	17,1	18,3
Gefrier-Gerät	24,2	27,8	31,4	35,1	27,8	31,4	35,1
Waschmaschine	34,2	34,3	32,5	28,4	34,3	32,5	28,4
Waschtrockner	2,6	4,0	6,6	10,9	4,0	6,6	10,9
Wäschetrockner	13,9	19,0	23,0	21,5	19,0	23,0	21,5
Geschirrspüler	21,0	26,9	30,4	32,2	26,9	30,4	32,2
Farb-TV	58,2	61,1	62,9	63,8	61,1	62,9	63,8
SW-TV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Radio-HiFi	38,8	39,7	40,0	39,7	39,7	40,0	39,7
Video	28,8	34,3	36,8	38,1	34,3	36,8	38,1
Bügeleisen	37,7	38,8	39,5	39,2	38,8	39,5	39,2
Staubsauger	38,3	39,3	39,6	39,3	39,3	39,6	39,3
Kaffeemaschine	36,6	38,2	39,4	39,7	38,2	39,4	39,7
Toaster	34,6	36,3	37,6	38,3	36,3	37,6	38,3
Fön	30,9	32,6	33,8	34,7	32,6	33,8	34,7
Dunstabzugshaube	21,6	24,9	26,8	27,8	24,9	26,8	27,8
Mikrowelle	24,7	31,6	36,2	37,4	31,6	36,2	37,4
PC	39,3	72,8	99,1	101,5	72,8	99,1	101,5

Quelle: Eigene Berechnungen

(4) Insgesamt nimmt in der Ölpreisvariante der Stromverbrauch der Privaten Haushalte für die Nutzung von Elektrogeräten im Betrachtungszeitraum bis etwa 2020 stetig zu. Danach bewirken der zum Teil rückläufige Gerätebestand sowie die steigende Energieeffizienz eine Absenkung des Verbrauchs. Im Jahr 2030 liegt dieser um gut 8 % über dem entsprechenden Wert des Jahres 2002 und damit um knapp 2 % niedriger als in der Referenzprognose (Tab. 4.2-22).

Tab. 4.2-22: Der Energieverbrauch für Elektrogeräte im Haushalt, 2002 – 2030, Modellergebnisse in Mrd kWh

		Ölpreisvariante			**Referenzprognose**		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Licht	12,3	11,2	9,5	9,1	11,2	9,7	9,3
Kühlschrank	7,2	5,7	4,5	3,5	5,7	4,5	3,6
Kühl-Gefrier-Gerät	3,5	3,5	3,4	3,1	3,5	3,5	3,2
Gefrier-Gerät	6,4	6,4	6,3	6,2	6,4	6,4	6,4
Waschmaschine	4,7	3,9	3,2	2,6	3,9	3,3	2,7
Waschtrockner	1,0	1,4	2,0	3,0	1,4	2,0	3,0
Wäschetrockner	3,6	4,4	4,7	3,9	4,4	4,7	4,0
Geschirrspüler	4,3	5,0	5,1	4,9	5,0	5,2	5,0
Farb-TV	7,1	8,0	8,0	5,8	8,0	8,0	6,0
SW-TV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Radio-HiFi	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Video	2,0	2,3	2,4	2,5	2,3	2,4	2,5
Bügeleisen	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Staubsauger	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,1	1,2
Kaffeemaschine	2,1	2,2	2,3	2,3	2,2	2,3	2,3
Toaster	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Fön	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Dunstabzugshaube	0,9	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2
Mikrowelle	0,8	1,1	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2
PC	7,3	12,0	15,2	15,2	12,0	15,4	15,5
Gemeinschaftsbeleuchtung u.ä.	3,4	3,2	3,0	2,9	3,2	3,0	2,9
Summe	71,4	76,3	77,0	72,4	76,4	77,8	73,8
sonstige Verbräuche	10,0	12,2	14,6	15,9	12,2	14,8	16,2
Insgesamt	81,4	88,5	91,6	88,3	88,6	92,6	90,0

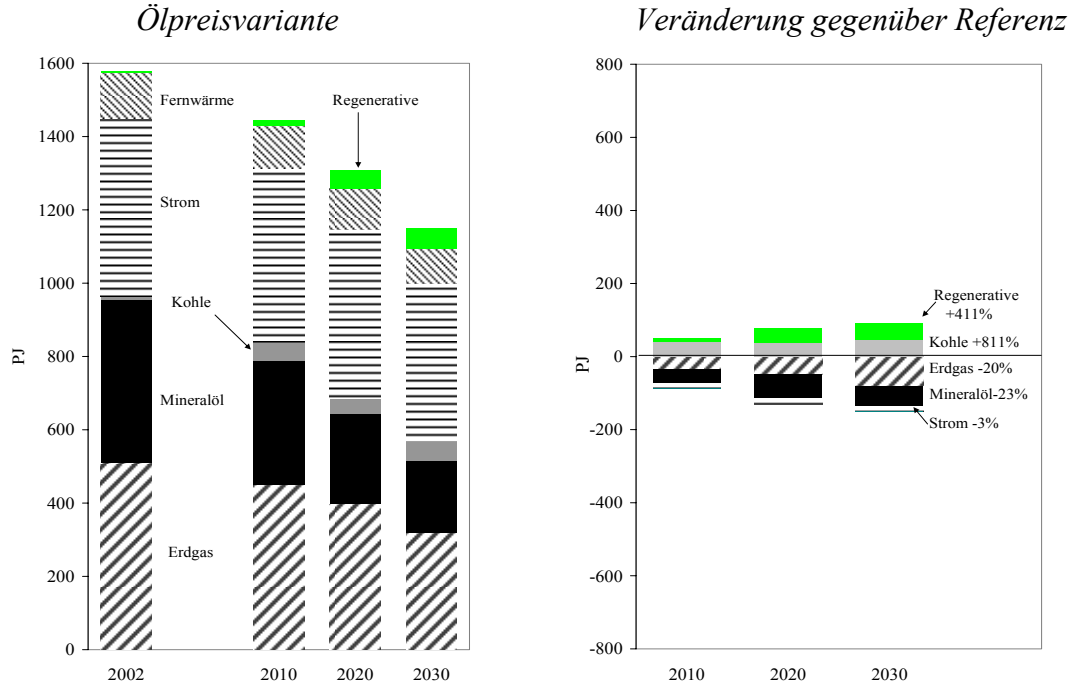
Quelle: Eigene Berechnungen

4.3 Der Endenergieverbrauch von Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrigen Verbrauchern

Das Wichtigste in Kürze

- Im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher (GHD) verstärken die höheren Energiepreise den Rückgang des Energieverbrauchs. Unter Ausschaltung von Klimaeinflüssen verringert er sich zwischen 2002 und 2030 um 27 % (Referenzprognose: 23 %). Das entspricht einer Absenkung von gut 1 % p.a.
- Die zusätzlichen Einsparungen unterscheiden sich zwischen den einzelnen Branchen. Die stärkste Verbrauchsabsenkung gegenüber dem Energiereport weisen die Branchen mit einem hohen Bedarf an Raumwärme auf.
- Der Energieträgermix wird durch die höheren Energiepreise erheblich verändert. Der Anteil von Öl und Gas liegt im Jahr 2030 bei 45 % (Energiereport: 54 %). Steinkohle deckt – wegen des verstärkten Einsatzes in KWK-Anlagen - 2030 rund 4,5 % des Energiebedarfs (Energiereport: 0,4 %). Die Nutzung erneuerbarer Energien vervielfacht sich gegenüber der Referenz. Dazu leisten Biokraftstoffe einen bedeutenden Beitrag.
- Die deutlichsten Einsparungen im Vergleich zum Energiereport werden bei der Erzeugung von Raumwärme (2030: -10 %) und Prozesswärme (-4 %) realisiert. Kleiner sind die Einsparungen bei den anderen, überwiegend stromorientierten Einsatzzwecken.

Der Endenergieverbrauch von Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrigen Verbrauchern 2002 – 2030



Quelle: EWI/Prognos

EWI/Prognos

Die wichtigsten Einflussgrößen und Annahmen

Grundphilosophie, Wirtschaftswachstum	Die Bruttowertschöpfung im Sektor GHD liegt 2030 real um knapp 48 % höher als 2002, die Zahl der Erwerbstätigen verringert sich um 400 Tsd. Die gesamtwirtschaftliche Bedeutung von Dienstleistungen nimmt weiter zu.
Energiepreise	Die höheren Weltmarktpreise für Öl und Erdgas verteuern den Energieträgereinsatz und steigern die Rentabilität von Einsparungsinvestitionen.
Raumwärme	Die beheizten Flächen werden um knapp ein Fünftel ausgeweitet, mit ausgeprägten Unterschieden zwischen den einzelnen Subbranchen. Im Bereich der sonstigen privaten Dienstleistungen nimmt der Flächenbedarf um mehr als die Hälfte zu, in der Landwirtschaft verringert er sich um fast ein Drittel. Der Heizwärmebedarf geht im Betrachtungszeitraum um über 50 % zurück. Der Gebäudebestand wird durch die höheren Preise effizienter saniert.
Elektrizität	Die Nutzung von Geräten der Informations- und Kommunikationstechnik sowie die zunehmende Ausstattung mit Klimaanlagen wird durch die höheren Preise kaum beeinflusst.
Substitutionen	Aufgrund der hohen Preise für Heizöl und Erdgas werden zunehmend regenerative Energien eingesetzt, ihr Anteil an der Deckung der gesamten Energienachfrage steigt deutlich.
Technologietrends	Bekannte Technologien werden kontinuierlich verbessert, Technologiesprünge sind nicht zu erwarten.
Energiepolitik	Die Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) werden sukzessive verschärft, auch als Reaktion auf hohe Energiepreise. Der Einsatz regenerativer Energien wird - zeitlich degressiv gestaltet – gefördert.

4.3.1 Der Endenergieverbrauch im Sektor GHD insgesamt[1]

(1) Bereinigt um den Einfluss von Temperaturschwankungen nimmt der Endenergieverbrauch im Sektor GHD zwischen 2002 und 2030 durchgehend ab. Im Jahr 2030 liegt er um 27 % unterhalb des Ausgangswertes und um knapp 5 % niedriger als in der Referenzprognose (4.3-1).

(2) Der Verbrauchsrückgang gegenüber der Referenzprognose zeigt sich mit Ausnahme der Landwirtschaft in allen im Sektor GHD zusammengefassten Bereichen. Am deutlichsten fällt er in den Branchen aus, in denen die Erzeugung von Raumwärme einen hohen Anteil des Energieverbrauchs bestimmt wie im Gesundheitswesen, im Bildungsbereich oder in der öffentlichen Verwaltung. In der Landwirtschaft erhöht sich der Energieverbrauch im Vergleich zum Energiereport bis 2030 um 14 %. Grund hierfür ist die in der Ölpreisvariante günstigere Entwicklung von Wertschöpfung und Beschäftigung als Folge der ausgeweiteten Produktion nachwachsender Rohstoffe (Tab. 4.3-2).

[1] Größere Differenzen zwischen Erzeugung und Endverbrauch an Strom legen den Schluss nahe, dass der Stromverbrauch von der Energiebilanz ab dem Jahr 2000 nicht vollständig erfasst wird. Die Prognose basiert auf den Energiebilanzwerten zum Stromverbrauch. Die Untererfassung wird bei der Aufstellung der Energiebilanz korrigiert. Dort wird davon ausgegangen, dass die Unterfassung im Sektor GHD erfolgt.

Tab. 4.3-1: Energieverbrauch im Sektor GHD, 2002-2030, Modellergebnisse, temperaturbereinigt, in PJ

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Branchen							
Landwirtschaft, Gärtnerei	167,9	155,1	138,5	125,2	152,9	130,7	109,6
Industrielle Kleinbetriebe/Handwerk	119,4	97,6	83,8	72,2	103,2	89,9	76,1
Baugewerbe	87,8	73,2	62,9	53,0	74,6	65,8	56,2
Handel	312,3	278,6	248,2	209,3	288,1	261,2	225,7
Kreditinst./ Versicherungen	51,9	47,8	44,2	40,5	49,5	46,5	43,6
Verkehr, Nachrichtenübermittlung	58,0	54,7	50,9	46,0	56,6	53,5	49,6
Sonstige priv. Dienstleistungen	335,1	337,5	329,2	305,0	344,5	343,5	325,3
Gesundheitswesen	191,9	179,9	163,2	148,0	186,0	171,2	159,4
Unterrichtswesen	87,9	73,8	62,2	49,2	76,8	66,0	54,3
Öff.Verwaltung, Sozialversicherung	140,6	121,1	101,5	78,9	125,2	106,8	85,1
Verteidigung	25,2	26,0	24,3	22,3	26,4	25,2	23,3
Alle Branchen	1.578,0	1.445,4	1.308,9	1.149,6	1.484,0	1.360,3	1.208,2
Verwendungszwecke							
Raumwärme	729,6	609,3	481,4	353,6	633,6	516,6	391,2
Prozesswärme	319,6	323,5	335,1	349,5	326,4	343,0	363,0
Kühlen und Lüften	74,7	78,6	82,4	79,2	80,2	83,7	80,4
Beleuchtung	163,3	155,1	144,6	128,7	156,4	146,5	131,9
Bürogeräte	70,8	77,0	76,5	72,2	78,5	77,8	73,5
Kraft	219,9	201,9	189,0	166,3	208,8	192,7	168,2
Alle Verwendungszwecke	1.578,0	1.445,4	1.308,9	1.149,6	1.484,0	1.360,3	1.208,2
Energieträger							
Kohle	10,5	48,5	42,8	52,7	7,6	6,1	5,8
Öl	332,8	237,2	165,8	126,9	273,2	211,3	163,7
Gas	509,6	449,8	397,1	319,2	483,4	446,3	399,2
Strom	486,6	474,9	460,4	431,5	487,4	475,1	444,6
Fernwärme	124,6	117,4	112,5	93,7	119,4	111,2	94,6
Erneuerbare (ohne Biokraftstoffe)	4,0	14,9	31,1	33,5	6,4	9,7	11,1
Kraftstoffe (inkl. Biokraftstoffe)	109,9	102,8	99,3	91,9	106,7	100,6	89,2
nachrichtlich: Biokraftstoffe		6,3	18,1	22,8	0,0	0,0	0,0
Alle Energieträger	1.578,0	1.445,4	1.308,9	1.149,6	1.484,0	1.360,3	1.208,2

Quelle: Statistisches Bundesamt, eigene Berechnungen

4.3.2 Der Endenergieverbrauch nach Verwendungszwecken

Das Muster der strukturellen Veränderungen bei den Verwendungszwecken entspricht demjenigen der Referenzprognose:

- Der Energieverbrauch für die Raumwärmeerzeugung geht massiv zurück, zwischen 2002 und 2030 verringert er sich um 52 % (Referenz: 46 %) und liegt am Ende des Betrachtungszeitraums um 10 % niedriger als im Energiereport. Hier werden die größten zusätzlichen Einsparungen realisiert.

- Der Verbrauch für Krafterzeugung und Beleuchtung verringert sich bis 2030 um jeweils etwa ein Fünftel. Die zusätzlichen Einsparungen im Vergleich zur Referenz sind hier aufgrund der nur wenig höheren Strompreise gering

- Für die Erzeugung von Prozesswärme werden 2030 rund 9 % mehr Energie benötigt als im Ausgangsjahr 2002 (Referenzprognose: 14 %). Die Einsparung gegenüber der Referenz beträgt im Jahr 2030 knapp 4 %.

- Der Energieverbrauch für Kühlung und Lüftung steigt zwischen 2002 und 2030 um 6 % (Energiereport: knapp 8 %) und liegt am Ende des Betrachtungszeitraums nur wenig unterhalb des Referenzwertes.

- Der für den Betrieb von Bürogeräten eingesetzte Strom verändert sich im Betrachtungszeitraum kaum. Im Jahr 2030 liegt der entsprechende Verbrauch um 1 % unter dem Referenzwert.

4.3.3 Der Endenergieverbrauch nach Energieträgern

Zum Teil erhebliche Verschiebungen weist der Energiemix auf (Tab. 4.3-2).

- Öl und Gas verlieren aufgrund der höheren Preise in der Ölpreisvariante Marktanteile gegenüber der Referenzprognose. Im Jahr 2030 werden 17 % des Verbrauchs durch Mineralölprodukte gedeckt (Referenz: 21 %), 2002 waren es 27 %.

  Der Anteil von Erdgas verringert sich im Zeitverlauf von 33 % auf 29 %. In der Referenz sind bis 2030 leichte Marktanteilsgewinne zu verzeichnen.

- Deutliche Marktanteilsgewinne im Vergleich zum Energiereport weisen die regenerativen Energien auf. Im Jahr 2030 tragen sie mit 5 % zur Deckung des Energieverbrauchs im Sektor GHD bei, in der Referenzprognose liegt dieser Wert unter 1 %. Diese Veränderung ist auch auf den vermehrten Einsatz von biogenen Kraftstoffen in der Ölpreisvariante zurückzuführen.

- Einen zunehmenden Marktanteil weist, anders als in der Referenz, auch Steinkohle auf, 2030 liegt er bei 4,5 % (Referenz: 0,4 %). Dies liegt an der stärkeren Nutzung von Steinkohle in KWK-Anlagen, in der Referenzprognose wurden stattdessen primär Erdgasanlagen eingesetzt. Grund für diese Veränderung sind die in der Ölpreisvariante zugunsten von Steinkohle verschobenen Preisrelationen.

Tab. 4.3-2: Energieverbrauch nach Energieträgern im Sektor GHD, 2002-2030, Abgrenzung der Energiebilanz, in PJ

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Energieträger							
Steinkohle	9,0	47,0	41,3	51,2	6,1	4,6	4,3
Braunkohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mineralöl	409,0	336,4	236,3	183,6	383,0	315,0	255,9
darunter: Heizöl leicht	299,0	244,4	173,0	134,1	280,4	218,5	170,9
Heizöl schwer	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Benzin	11,3	8,4	5,5	4,4	8,9	7,0	6,0
Dieselkraftstoff	97,6	80,3	65,4	54,6	89,4	82,7	72,8
Flugtreibstoff (Militär)	1,1	4,1	6,7	6,5	4,3	6,7	6,3
Gase	498,0	463,9	411,2	333,3	497,4	460,4	413,3
darunter: Naturgase	489,0	459,2	411,2	333,3	492,4	460,3	413,3
Flüssiggas	9,0	4,7	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0
Biomasse, sonst.Erneuerbare	3,1	21,7	63,0	72,0	6,0	9,3	10,7
Strom	488,0	467,1	452,7	423,8	479,6	467,4	436,8
Fernwärme	111,0	105,3	100,4	81,6	107,3	99,1	82,6
Insgesamt	1.518,0	1.441,4	1.304,9	1.145,6	1.479,4	1.355,8	1.203,7

Quelle: AG Energiebilanzen, eigene Berechnungen

Tab. 4.3-3: Rahmendaten für den Sektor GHD, 2002-2030

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Erwerbstätige in (1000)							
Landwirtschaft, Gärtnerei	939	835	756	692	836	716	609
Industrielle Kleinbetriebe/Handwerk	1.851	1.477	1.354	1.247	1.626	1.495	1.369
Baugewerbe	2.427	2.235	2.190	2.044	2.281	2.259	2.108
Handel	5.980	5.820	5.631	5.294	5.950	5.802	5.455
Kreditinst./ Versicherungen	1.282	1.221	1.134	1.055	1.237	1.152	1.072
Verkehr, Nachrichtenübermittlung	2.100	2.147	2.191	2.181	2.180	2.240	2.229
Sonstige priv. Dienstleistungen	8.954	9.650	10.408	10.306	9.767	10.579	10.475
Gesundheitswesen	3.963	4.267	4.594	4.802	4.313	4.659	4.869
Unterrichtswesen	2.019	2.107	2.131	2.069	2.130	2.162	2.098
Öff.Verwaltung, Sozialversicherung	2.265	2.150	1.927	1.726	2.182	1.964	1.760
Verteidigung	404	365	365	365	365	365	365
Alle Branchen	32.184	32.274	32.682	31.779	32.866	33.394	32.411
Bruttowertschöpfung (in Mrd €)							
Landwirtschaft, Gärtnerei	24	24	26	26	24	24	23
Industrielle Kleinbetriebe/Handwerk	62	60	69	79	67	77	87
Baugewerbe	90	89	98	108	91	102	112
Handel	189	200	213	223	206	222	232
Kreditinst./ Versicherungen	111	124	146	172	126	149	176
Verkehr, Nachrichtenübermittlung	162	202	260	320	206	268	330
Sonstige priv. Dienstleistungen	592	673	806	928	684	824	948
Gesundheitswesen	127	145	179	220	147	182	224
Unterrichtswesen	72	74	78	81	75	79	83
Öff.Verwaltung, Sozialversicherung	97	96	98	101	98	100	103
Verteidigung	13	13	14	17	13	14	17
Alle Branchen	1.538	1.700	1.987	2.274	1.737	2.043	2.335

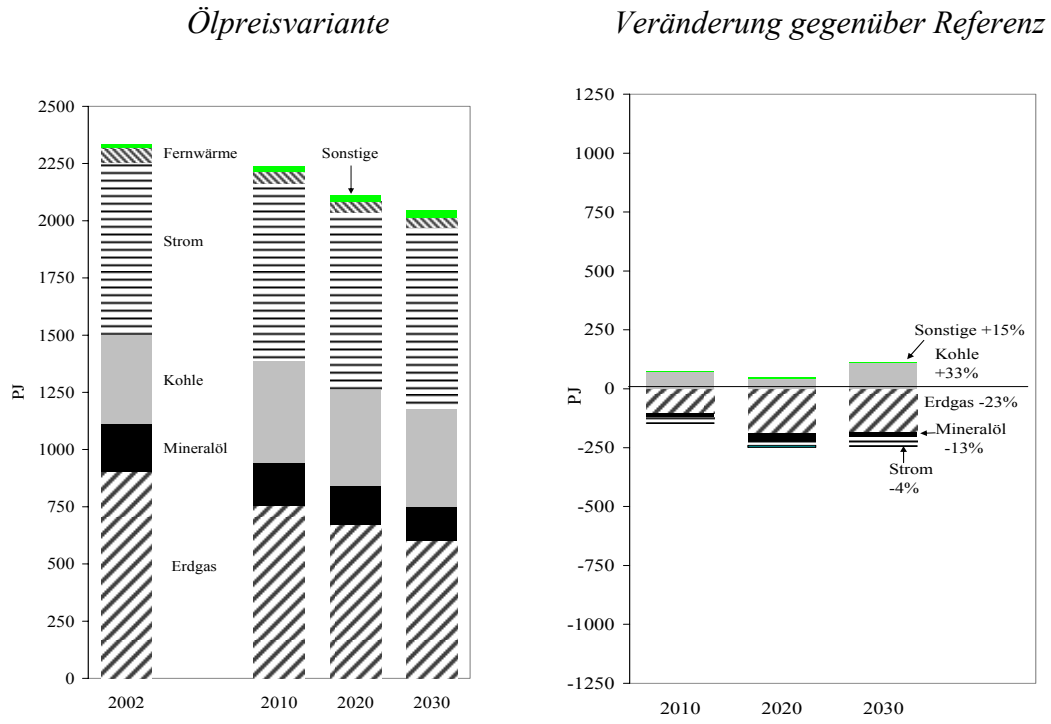
Quelle: AG Energiebilanzen, eigene Berechnungen

4.4 Der Endenergieverbrauch der Industrie

Das Wichtigste in Kürze

- Der Endenergieverbrauch der Industrie verringert sich bis 2030 kontinuierlich um mehr als 13 %. Er liegt dann 6 % niedriger als in der Referenzprognose.
- Die höheren Energiepreise führen zu Verschiebungen im Energiemix der Industrie. Der Anteil von Öl und Gas beträgt 2030 knapp 37 %, in der Referenzprognose sind es 44 %. Dagegen liegt der Anteil von Steinkohle mit knapp einem Fünftel über dem Referenzwert (13 %). Der Anstieg des Stromverbrauchs zwischen 2002 und 2030 halbiert sich auf rund 5 %. Der Beitrag der erneuerbaren Energien zur Deckung der industriellen Energienachfrage erhöht sich zwischen 2002 und 2030 um mehr als das Doppelte und liegt 2030 um 15 % über dem Referenzwert.
- Die Energieeffizienz der Industrie steigt bis 2030 um mehr als 39 %. Der auf die Produktion bezogene spezifische Energieverbrauch unterschreitet den Wert des Energiereports im Jahr 2030 um rund 2 ½ %.

Endenergieverbrauch der Industrie, nach Energieträgern 2002 bis 2030



Quelle: EWI/Prognos

Die wichtigsten Einflussgrößen und Annahmen

Grundphilosophie	Deutschland ist auch 2030 noch Industriestandort. Von den höheren Energiepreisen sind die Wettbewerber in anderen Staaten ebenfalls betroffen.
Industrieproduktion	Zwischen 2002 und 2030 nimmt die Industrieproduktion um 44 % zu, das entspricht einem jährlichen Zuwachs von 1,3 %. Die energieintensiven Industriezweige bleiben mit durchschnittlich 0,8 % p.a. dahinter zurück.
Strukturelle Veränderungen	Der Anteil der energieintensiven Industrien geht im Betrachtungszeitraum von knapp 40 % auf rund ein Drittel zurück. Investitionsgüterhersteller sowie die Branchen, die Gebrauchs- und Verbrauchsgüter herstellen, gewinnen an Bedeutung.
Energieeffizienz	Gegenüber der Referenzprognose werden kaum zusätzliche Anstrengungen zur Steigerung der Energieeffizienz unternommen. Höhere Energiepreise verändern die Investitionszyklen nicht.
Wertdichte der Produktion	In den meisten Branchen wird die wertmäßige Produktion schneller zunehmen als die physische Mengenproduktion. Da für den Energieverbrauch in der Regel der mengenmäßige Output entscheidend ist, geht hiervon eine Erhöhung der – auf Wertgrößen bezogenen – Energieeffizienz aus.
Energiepolitik	Energiepolitische Entscheidungen berücksichtigen die Wettbewerbsposition der deutschen Industrieunternehmen im Vergleich zur inner- und außereuropäischen Konkurrenz. Dies gilt langfristig auch bei der Regelung des Emissionshandels.

4.4.1 Wirkung höherer Energiepreise

(1) Die höheren Energiepreise führen in der Industrie auf drei Ebenen zu Veränderungen gegenüber der Referenzentwicklung:

- Die Produktion wird langsamer ausgeweitet, das betrifft die energieintensiven Industriezweige stärker als die übrigen Branchen.

- Die Brennstoffeffizienz wird etwas schneller gesteigert. Der spezifische Stromverbrauch bleibt angesichts der geringen Strompreiseffekte im Vergleich zur Referenz weitgehend unverändert.

- Der Energieträgermix verändert sich. In industriellen KWK-Anlagen wird weniger Gas und mehr Kohle eingesetzt.

4.4.2 Einflussfaktoren des Energieverbrauchs in der Industrie

(1) Die Industrie umfasst in der Abgrenzung der Energiebilanz die Unternehmen des übrigen Bergbaus (Bergbau ohne Bergbau auf Energieträger), der Gewinnung von Steinen und Erden sowie des Verarbeitenden Gewerbes ohne Mineralölverarbeitung und Kokereien. Diese Definition liegt der folgenden Darstellung zugrunde.

(2) Der Endenergieverbrauch der Industrie wird durch zwei Faktoren bestimmt, durch die Industrieproduktion (Mengenkomponente) und den spezifischen Energieverbrauch (Effizienzkomponente). Die Ermittlung der Verbrauchs erfolgt untergliedert nach Branchen und jeweils getrennt für Brennstoffe einerseits und Strom andererseits. Wie in der Referenzprognose wurde – mit Ausnahmen der Eisen- und Stahlerzeugung - bewusst auf ein an einzelnen Industrieprozessen orientiertes Vorgehen verzichtet.

(3) Gegenüber der Referenzprognose wurden in der Ölpreisvariante folgende Veränderungen berücksichtigt:

- Das langsamere Wirtschaftswachstum führt in der Industrie gegenüber der Referenz im Jahr 2030 zu einer um 5,1 % verringerten Produktion. Da energieintensiv hergestellte Produkte sich durch höhere Energiepreise stärker verteuern als Erzeugnisse weniger energieintensiver Branchen, kommt es bei Endkunden und Abnehmern von Zwischenprodukten zu Nachfrageverlagerungen. Davon sind energieintensive Wirtschaftszweige negativ betroffen. Bei ihnen geht die Produktion im Vergleich zum Energiereport überdurch-

schnittlich zurück. So liegt die Produktion der energieintensiven Branchen im Jahr 2030 um bis zu mehr als 9 % unterhalb der Referenz. Zusammen genommen verlieren diese Wirtschaftszweige 5,1 %. Branchen mit geringerem spezifischen Energieverbrauch gewinnen dagegen Anteile im insgesamt kleineren Markt. Der Produktionsrückgang gegenüber der Referenz liegt im Jahr 2030 hier bei durchschnittlich 3,1 %.

- Die höheren Energiepreise führen tendenziell zu verstärkten Energieeinsparungen. Ansatzpunkte hierzu gibt es in allen Branchen, sowohl bei Querschnittstechnologien als auch in sehr spezifischen Anwendungsfeldern (vgl. hierzu die Ausführungen im Energiereport IV). Der höheren Rentabilität Energie sparender Technologien steht aber die verringerte Investitionsfähigkeit der Unternehmen gegenüber, die sich aus dem langsameren Wachstum der Erträge als Folge abgeschwächten Wirtschaftswachstums und höherer Energiekostenbelastung ergibt. Hinzu kommt, dass Wettbewerber im Ausland ebenfalls mit höheren Energiekosten konfrontiert sind, die internationale Wettbewerbsposition deutscher Unternehmen sich deshalb also nicht verschlechtert. Im Vergleich zum Energiereport sind in der Ölpreisvariante deshalb allenfalls geringe zusätzliche Anstrengungen zur weiteren Verbesserung der Energieeffizienz zu erwarten.

- Die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme spielt in der Industrie eine bedeutende Rolle. In der Referenzprognose wie in der Ölpreisvariante werden im Jahr 2030 rund 65 % des gesamten Wärmebedarfs (bis ca. 500°C) durch KWK-Anlagen gedeckt. Da sich Steinkohle in der Ölpreisvariante gegenüber dem Energiereport weniger stark verteuert als Erdgas, werden Investitionen in Kohle-KWK-Anlagen im Vergleich zu erdgasbasierten Anlagen attraktiver. Die Energieträgerstruktur der industriellen KWK-Anlagen verschiebt sich aufgrund der veränderten Preisrelationen erheblich. Werden im Energiereport im Jahr 2030 rund 70 % der KWK-Wärme in Erdgasanlagen erzeugt, sind es in der Ölpreisvariante nur 9 %. Dagegen erhöht sich der Anteil steinkohlebasierter KWK-Wärme von 0 % (Energiereport) auf 60 % (Ölpreisvariante). In einzelnen Fällen führt dies zu einer höheren Brennstoffintensität.

4.4.3 Konsequenzen für den Energieverbrauch in der Industrie

(1) Insgesamt führen die genannten Veränderungen zu einem gegenüber der Referenzprognose weiter abgesenkten Endenergieverbrauch der Industrie. Im Jahr 2030 liegt der Brennstoffverbrauch um gut 7 % unter dem Referenzwert, bei Strom sind es 4,5 %. Die Struktur des Energieträgereinsatzes verändert sich im Vergleich zum Energiereport deutlich. So verringert

sich, vor allem bedingt durch die Veränderungen bei der in KWK-Anlagen erzeugten Wärme - die entsprechende Stromerzeugung wird im Umwandlungssektor erfasst - der Erdgaseinsatz zwischen 2002 und 2030 um ein Drittel (Energiereport: ein Sechstel). Der Beitrag von Erdgas zur Deckung des Energieverbrauchs in der Industrie liegt 2030 unter 30 % (Energiereport 36 %). Dagegen gewinnt Steinkohle an Bedeutung, ihr Anteil im Energiemix beträgt am Ende des Betrachtungszeitraums 19 % (Energiereport 13 %). Zwischen 2002 und 2030 wird der Steinkohleeinsatz in der Industrie um 16 % ausgeweitet, im Energiereport geht er um 16 % zurück.

Der Einsatz regenerativer Energien bleibt auch in der Ölpreisvariante gering. Zwar erhöht sich die Nutzung Erneuerbarer im Vergleich zum Energiereport um 15 %, doch bleibt der Anteil am gesamten Endenergieverbrauch der Industrie unter 2 %.

Die folgenden Tabellen geben eine Übersicht über die Einflussfaktoren des Energieverbrauchs für die einzelnen Branchen. In den Tab. 4.4-1 sowie Tab. 4.4-4 und Tab. 4.4-6 werden die entsprechenden Basisgrößen aufgeführt. Die Tab. 4.4-2, Tab. 4.4-3, Tab. 4.4-5 und Tab. 4.4-7 zeigen die Ergebnisse, getrennt nach Stromverbrauch und Brennstoffverbrauch. Tab. 4.4-8 schließlich fasst den Endenergieverbrauch der Industrie nach Energieträgern zusammen.

Tab. 4.4-1: Industrieproduktion 2002 – 2030, Mrd EUR, in Preisen von 2002

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Gewinnung v. Steinen und Erden, sonstiger Bergbau	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	2,1
Ernährung und Tabak	35,3	36,0	38,2	40,0	37,2	39,5	41,3
Papiergewerbe	9,6	9,9	10,2	10,1	10,4	10,9	11,1
Grundstoffchemie	19,4	20,5	22,9	25,1	21,4	24,7	27,7
sonstige chemische Industrie	20,8	23,3	27,2	31,4	24,1	28,2	32,6
Gummi- und Kunststoffwaren	19,6	21,9	25,1	28,2	22,6	26,1	29,2
Glas, Keramik	5,3	5,1	5,1	5,1	5,4	5,5	5,7
Verarbeitung v.Steinen und Erden	8,5	7,8	7,5	7,3	8,1	8,1	8,1
Metallerzeugung	6,4	6,1	5,8	5,8	6,3	6,1	6,0
NE-Metalle, Giessereien	7,6	8,0	8,5	8,9	8,4	9,2	9,8
Metallbearbeitung	39,3	44,3	51,8	58,8	45,6	53,6	60,6
Maschinenbau	59,4	69,8	89,5	108,5	71,8	92,4	111,5
Fahrzeugbau	61,0	69,9	81,8	94,2	72,5	85,6	98,0
Sonstige Wirtschaftszweige	104,4	114,1	130,9	149,5	117,5	135,2	153,6
Insgesamt	398,5	438,7	506,5	574,7	453,1	527,0	597,1

Quelle: Statistisches Bundesamt, eigene Berechnungen

Tab. 4.4-2: Spezifischer Energieverbrauch in der Industrie 2002 – 2030, in PJ/Mrd EUR

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Gewinnung v. Steinen und Erden, sonstiger Bergbau	10,1	9,9	9,1	8,6	9,8	9,0	8,5
Ernährung und Tabak	5,9	5,7	5,2	4,8	5,7	5,2	4,8
Papiergewerbe	17,6	16,7	15,3	14,5	16,6	15,3	14,5
Grundstoffchemie	19,8	16,4	13,2	11,4	16,4	13,2	11,5
sonstige chemische Industrie	4,0	3,8	3,4	3,2	3,8	3,4	3,3
Gummi- und Kunststoffwaren	3,5	3,3	3,0	2,8	3,3	3,0	2,8
Glas, Keramik	17,1	15,6	13,7	12,4	15,6	13,8	12,6
Verarbeitung v.Steinen und Erden	21,6	21,4	19,2	17,3	21,2	19,2	17,4
Metallerzeugung	84,1	79,8	75,4	70,8	79,7	75,7	70,7
NE-Metalle, Giessereien	17,4	15,4	13,6	12,6	15,4	13,6	12,6
Metallbearbeitung	2,5	2,4	2,0	1,8	2,3	2,0	1,8
Maschinenbau	1,2	1,2	1,0	0,9	1,2	1,0	0,9
Fahrzeugbau	2,0	1,9	1,7	1,5	1,9	1,7	1,5
Sonstige Wirtschaftszweige	1,6	1,5	1,3	1,2	1,5	1,3	1,2
Insgesamt	5,9	5,1	4,2	3,6	5,1	4,2	3,6

Quelle: Eigene Berechnungen

Tab. 4.4-3: Energieverbrauch in der Industrie 2002 – 2030, in PJ

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Gewinnung v. Steinen und Erden, sonstiger Bergbau	18,7	18,6	17,5	16,4	19,1	18,4	17,5
Ernährung und Tabak	207,5	205,9	198,1	191,1	211,2	205,4	198,9
Papiergewerbe	168,9	166,5	156,0	146,0	172,8	167,1	160,4
Grundstoffchemie	383,8	337,0	302,0	286,6	350,2	326,3	318,3
sonstige chemische Industrie	82,1	89,2	92,6	101,7	91,5	96,5	106,4
Gummi- und Kunststoffwaren	67,6	73,1	76,1	78,8	75,0	78,7	81,4
Glas, Keramik	91,2	80,4	70,6	63,7	83,6	76,7	71,6
Verarbeitung v.Steinen und Erden	182,9	166,9	144,5	126,6	172,9	155,8	140,6
Metallerzeugung	539,5	489,4	440,3	407,2	505,2	461,6	426,1
NE-Metalle, Giessereien	133,0	123,9	115,7	112,0	128,8	124,5	123,8
Metallbearbeitung	100,0	104,1	103,2	103,5	106,9	107,2	107,5
Maschinenbau	71,8	82,1	88,4	93,6	84,0	91,2	96,2
Fahrzeugbau	120,0	130,5	136,2	142,8	134,7	142,1	148,3
Sonstige Wirtschaftszweige	167,0	171,5	171,1	173,9	176,1	177,0	179,6
Insgesamt	2.334,0	2.239,1	2.112,5	2.044,1	2.311,9	2.228,3	2.176,6

Quelle: AG Energiebilanzen, eigene Berechnungen

Tab. 4.4-4: Spezifischer Brennstoffverbrauch in der Industrie 2002 – 2030, in PJ/Mrd EUR

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Gewinnung v. Steinen und Erden, sonstiger Bergbau	6,6	6,4	5,7	5,2	6,3	5,6	5,1
Ernährung und Tabak	4,4	4,1	3,6	3,2	4,1	3,6	3,3
Papiergewerbe	10,5	9,5	8,3	7,6	9,5	8,4	7,7
Grundstoffchemie	12,0	9,2	6,7	5,4	9,1	6,8	5,6
sonstige chemische Industrie	2,7	2,6	2,3	2,2	2,6	2,3	2,2
Gummi- und Kunststoffwaren	1,3	1,2	1,0	0,9	1,2	1,0	0,9
Glas, Keramik	13,6	12,1	10,4	9,2	12,1	10,5	9,4
Verarbeitung v.Steinen und Erden	18,6	18,6	16,7	15,1	18,4	16,8	15,3
Metallerzeugung	72,9	69,0	65,7	61,7	69,3	66,0	61,6
NE-Metalle, Giessereien	7,8	7,3	6,6	6,1	7,2	6,6	6,3
Metallbearbeitung	1,5	1,3	1,1	1,0	1,3	1,1	1,0
Maschinenbau	0,7	0,7	0,5	0,4	0,7	0,5	0,4
Fahrzeugbau	0,9	0,9	0,7	0,6	0,9	0,7	0,6
Sonstige Wirtschaftszweige	0,8	0,7	0,6	0,5	0,7	0,6	0,5
Insgesamt	4,0	3,3	2,6	2,2	3,3	2,7	2,3

Quelle: Eigene Berechnungen

Tab. 4.4-5: Brennstoffverbrauch in der Industrie 2002 – 2030, in PJ

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Gewinnung v. Steinen und Erden, sonstiger Bergbau	12,2	11,9	10,9	9,9	12,2	11,4	10,6
Ernährung und Tabak	155,7	149,0	138,2	129,2	152,7	144,0	135,9
Papiergewerbe	100,5	94,8	85,0	76,6	98,3	91,8	85,6
Grundstoffchemie	232,4	187,8	153,7	135,9	195,1	168,4	155,2
sonstige chemische Industrie	56,7	60,4	62,4	69,2	62,0	65,4	73,1
Gummi- und Kunststoffwaren	25,7	25,8	25,3	25,6	26,4	26,4	26,9
Glas, Keramik	72,4	62,4	53,3	47,0	64,8	58,2	53,4
Verarbeitung v.Steinen und Erden	158,1	144,9	125,8	110,5	150,0	135,9	123,1
Metallerzeugung	467,8	422,9	383,4	354,8	439,2	402,5	371,4
NE-Metalle, Giessereien	59,4	58,4	55,8	54,5	60,7	60,8	61,6
Metallbearbeitung	58,8	59,6	56,9	56,0	61,1	59,4	58,8
Maschinenbau	39,9	46,1	47,2	48,0	47,1	48,8	49,8
Fahrzeugbau	56,2	61,4	60,3	59,1	63,2	63,1	62,1
Sonstige Wirtschaftszweige	85,1	82,9	77,1	74,1	85,0	80,4	77,8
Insgesamt	1.581,0	1.468,5	1.335,3	1.250,2	1.517,8	1.416,5	1.345,3

Quelle: AG Energiebilanzen, eigene Berechnungen

Tab. 4.4-6: Spezifischer Stromverbrauch in der Industrie 2002 – 2030, in PJ/Mrd EUR

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Gewinnung v. Steinen und Erden, sonstiger Bergbau	3,5	3,6	3,5	3,4	3,5	3,4	3,4
Ernährung und Tabak	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5
Papiergewerbe	7,1	7,2	7,0	6,9	7,2	6,9	6,7
Grundstoffchemie	7,8	7,3	6,5	6,0	7,2	6,4	5,9
sonstige chemische Industrie	1,2	1,2	1,1	1,0	1,2	1,1	1,0
Gummi- und Kunststoffwaren	2,1	2,2	2,0	1,9	2,2	2,0	1,9
Glas, Keramik	3,5	3,5	3,4	3,3	3,5	3,3	3,2
Verarbeitung v.Steinen und Erden	2,9	2,8	2,5	2,2	2,8	2,5	2,2
Metallerzeugung	11,2	10,8	9,7	9,1	10,4	9,7	9,1
NE-Metalle, Giessereien	9,6	8,2	7,0	6,5	8,1	6,9	6,4
Metallbearbeitung	1,0	1,0	0,9	0,8	1,0	0,9	0,8
Maschinenbau	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4
Fahrzeugbau	1,0	1,0	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9
Sonstige Wirtschaftszweige	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7
Insgesamt	1,9	1,8	1,5	1,4	1,8	1,5	1,4

Quelle: Eigene Berechnungen

Tab. 4.4-7: Stromverbrauch in der Industrie 2002 – 2030, in PJ

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Gewinnung v. Steinen und Erden, sonstiger Bergbau	6,5	6,7	6,7	6,5	6,9	7,0	6,9
Ernährung und Tabak	51,8	56,9	59,9	61,9	58,4	61,4	63,1
Papiergewerbe	68,4	71,7	71,0	69,4	74,5	75,3	74,8
Grundstoffchemie	151,4	149,2	148,3	150,8	155,0	157,9	163,1
sonstige chemische Industrie	25,4	28,8	30,2	32,5	29,6	31,1	33,3
Gummi- und Kunststoffwaren	42,0	47,3	50,8	53,2	48,7	52,3	54,4
Glas, Keramik	18,8	18,1	17,3	16,8	18,8	18,5	18,2
Verarbeitung v.Steinen und Erden	24,8	22,0	18,7	16,1	22,9	19,9	17,5
Metallerzeugung	71,6	66,5	56,9	52,3	66,0	59,1	54,7
NE-Metalle, Giessereien	73,6	65,5	59,9	57,6	68,0	63,7	62,2
Metallbearbeitung	41,2	44,4	46,3	47,5	45,7	47,8	48,7
Maschinenbau	31,8	36,0	41,3	45,6	36,9	42,4	46,4
Fahrzeugbau	63,8	69,1	75,9	83,6	71,6	78,9	86,2
Sonstige Wirtschaftszweige	81,9	88,6	94,0	99,9	91,1	96,6	101,8
Insgesamt	753,0	770,7	777,3	793,9	794,1	811,8	831,3

Quelle: AG Energiebilanzen, eigene Berechnungen

Tab. 4.4-8: Endenergieverbrauch in der Industrie nach Energieträgern 2002 – 2030, in PJ

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Steinkohle	334,0	404,2	383,8	388,9	332,3	300,2	282,6
Braunkohle	59,0	45,9	37,1	39,8	45,3	36,1	38,7
Mineralöle	207,0	185,4	166,5	149,2	201,6	186,9	170,9
darunter: Heizöl leicht	94,0	78,9	72,3	64,2	88,3	81,8	74,3
Heizöl schwer	100,0	91,3	82,4	75,6	97,4	91,3	85,5
Gase	903,0	756,2	673,5	601,3	861,6	821,7	784,8
darunter: Erdgas	762,0	626,3	557,3	496,2	723,9	697,9	672,7
Flüssig-, Raffineriegas	18,0	30,2	29,6	28,2	31,4	31,6	30,8
Kokereigas/Stadtgas	36,7	25,3	18,1	12,9	26,3	19,3	14,0
Gichtgas/Konvertergas	86,3	74,5	68,6	63,9	80,0	72,9	67,3
Müll, Biomasse, sonstige erneuerbare Energien	15,0	22,6	27,6	32,5	21,3	23,2	28,3
Strom	753,0	770,7	777,3	793,9	794,1	811,8	831,3
Fernwärme	63,0	54,0	46,6	38,5	55,7	48,5	40,0
Insgesamt	2.334,0	2.239,0	2.112,4	2.044,0	2.311,9	2.228,3	2.176,6

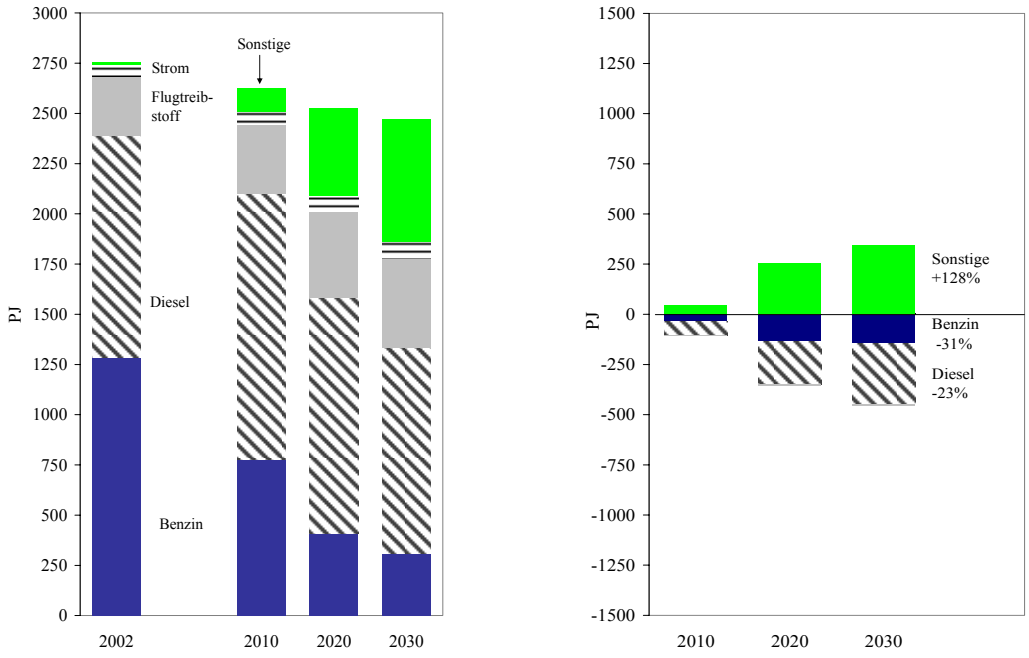
Quelle: AG Energiebilanzen, eigene Berechnungen

4.5 Der Endenergieverbrauch im Verkehrssektor

Das Wichtigste in Kürze

- Die höheren Preise beschleunigen den Rückgang des **Kraftstoffverbrauchs**. Im Jahr 2030 liegt er um knapp 8 % unter dem Niveau des Jahres 2002 und damit gut 4 % niedriger als im Energiereport.
- Die **Verkehrsleistungen** im Personenverkehr verringern sich bis 2030 um gut 4 %, im Güterverkehr erhöhen sie sich um 56 %. Effizientere Fahrzeuge verhindern einen Verbrauchsanstieg.
- Im Jahr 2030 gibt es 5 % mehr **Pkw** als heute. Innerhalb des Bestandes gibt es eine starke Umschichtung zu Gunsten verbrauchsgünstiger Dieselfahrzeuge. Insgesamt verringert sich der Verbrauch der Pkw bis 2030 um ein Drittel. Der Bestand an Lkw und Sattelzugmaschinen nimmt bis 2030 um knapp 18 % zu, der Energieverbrauch im **Straßengüterverkehr** steigt um 7 %.
- **Biokraftstoffe,** die Benzin und Diesel beigemischt werden, decken 2030 mehr als ein Viertel des Kraftstoffbedarfs im Straßenverkehr.

Der Endenergieverbrauch im Verkehr nach Energieträgern 2002 – 2030



Quelle: EWI/Prognos

Die wichtigsten Einflussgrößen und Annahmen

Grundphilosophie	Es werden keine grundlegenden Verhaltensänderungen unterstellt, Mobilität bleibt ein hoch bewertetes Gut.
Wirtschaftswachstum	Die fortschreitende Globalisierung schlägt sich in der Zunahme des Güterverkehrsaufkommens nieder. Dazu trägt auch die vermehrte Steinkohlennutzung bei. Real steigende Einkommen ermöglichen höhere Motorisierungsgrade.
Verkehrsleistung	Im Personenverkehr führen steigende Einkommen in Verbindung mit der demografischen Entwicklung zu einem leichten Rückgang der Verkehrsleistung. Der Modal-Split verändert sich leicht zu Gunsten von Binnenschiff, Schiene und Luftverkehr. Die zunehmende nationale und internationale Arbeitsteilung führt bis 2030 zu einer Ausweitung der Güterverkehrsleistung um 56 %..
Energiepreise	Die höheren Kraftstoffpreise machen den Energieverbrauch beim Pkw-Kauf zu einem wichtigen Entscheidungskriterium. Die Fahrzeugnutzung wird durch die höheren Preise nur wenig eingeschränkt. Biogene Kraftstoffe werden steuerlich begünstigt.
Fahrzeugbestand und Fahrleistungen	Im Jahr 2030 sind in Deutschland rund 47 Mio Pkw zugelassen, 2,6 Mio mehr als 2002. Benzin- und Dieselfahrzeuge machen dann 46 % bzw. 42 % des Bestandes aus. Fahrleistungen und Verkehrsleistungen im motorisierten Individualverkehr gehen zurück. Der Bestand an Lkw und Sattelzugmaschinen wird um 18 % ausgeweitet. Aufgrund steigender Auslastungsgrade im Straßengüterverkehr nimmt die Fahrleistung nur um 39 % zu, während die Verkehrsleistung um 53 % steigt.
Technologietrends	Technische Verbesserungen senken den Kraftstoffverbrauch neuer Benzin- und Dieselfahrzeuge bis 2030 im Durchschnitt um ein Drittel. Hinzu kommen Fortschritte in der Verkehrssteuerung. Brennstoffzellenfahrzeuge setzen sich noch nicht am Markt durch.
Energiepolitik	Die Energiepolitik beeinflusst den Verkehr durch die steuerliche Belastung der Kraftstoffe. Der Einsatz von Biokraftstoffen wird durch Beimischungsvorschriften und Steuererleichterungen gefördert.

4.5.1 Einfluss der höheren Ölpreise

(1) Im Verkehrssektor wirkt sich der höhere Rohölpreis in vergleichsweise geringen prozentualen Steigerungen der Benzin- und Dieselpreise aus. Grund dafür ist die hohe steuerliche Belastung der Kraftstoffe. Die Preiserhöhung gegenüber der Referenz beträgt bei Benzin rund 15 %, bei dem weniger mit Steuern belasteten Diesel sind es rund 20 %. Die höheren Preise lösen bei den Verbrauchern Anpassungsreaktionen aus. Im Personenverkehr geht die Verkehrsleistung insgesamt etwas zurück, sie liegt 2030 um 3,3 % unter dem Referenzniveau. Zudem wird Verkehrsleistung von der Straße auf Schiene und ÖPNV verlagert. Im Güterverkehr liegt die gesamte Verkehrsleistung aufgrund der schwächeren Wirtschaftsleistung 2030 um 2,5 % unter dem Referenzwert. Auch hier erhöht sich gegenüber der Referenz der Marktanteil der Schiene.

(2) In der Variante mit höheren Ölpreisen, die auch als Indikator für längerfristige Versorgungsengpässe interpretiert werden könnten, sind weitere Reaktionen zu erwarten. Wir gehen davon aus, dass Politik und Industrie die Nutzung von Biokraftstoffen, die Benzin und Diesel beigemischt werden, vorantreiben. Die Industrie verstärkt in der Ölpreisvariante ihre F&E-Leistungen und geht Kooperationen mit den Herstellern von Biodiesel, Ethanol und BTL-Kraftstoffen ein. Die Politik unterstützt Forschungsanstrengungen sowie Pilot- und Demonstrationsanlagen. Darüber hinaus werden für Biokraftstoffe Beimischungsvorschriften erlassen. Die Biokraftstoffanteile werden so besteuert, dass sie längerfristig gegenüber Benzin und Diesel aus Mineralöl wettbewerbsfähig sind.

(3) Der Anteil von Biokraftstoffen am gesamten Kraftstoffverbrauch des Straßenverkehrs steigt infolge dieser Maßnahmen bis 2010 auf 5,3 % und erreicht damit nahezu das von der EU gesetzte Ziel (5,75 %). Bis zum Jahr 2030 erhöht sich der Anteil von Biokraftstoffen kontinuierlich weiter auf 26 %. Gemessen am Energieverbrauch des gesamten Verkehrssektors liegt der Anteil dann bei 21 %.

(4) Für die Nachfrage nach Energieträgern ergibt sich daraus die folgende Entwicklung (Tab. 4.5-1):

- Die Nachfrage nach **Benzin** geht bis 2030 um knapp 74 % zurück (-31,9 % im Vergleich zur Referenz). Der **Dieselverbrauch** sinkt bis 2030 um gut 11 % (-24,4 % gegenüber Referenz). Der Verbrauch an Biokraftstoffen steigt zwischen 2002 und 2030 um das Zwanzigfache und liegt 2030 um mehr als 170 % über dem Referenzwert. Der Verbrauch

von Flugbenzin steigt im Betrachtungszeitraum um 56 % und damit etwas langsamer als in der Referenzprognose.

- Die Nachfrage nach **Erdgas** und in **Wasserstoff** nimmt im Betrachtungszeitraum ebenfalls stärker zu als in der Referenz. Der Anteil dieser Energieträger am Gesamtverbrauch des Straßenverkehrs beträgt 2030 rund 6 %.

- Aufgrund der in der Ölpreisvariante höheren Verkehrsleistung der Schiene steigt der Stromverbrauch mit knapp 38 % zwischen 2002 und 2030 schneller als in der Referenz. Im Schienenverkehr wie auch in der Binnenschifffahrt wird rund ein Drittel des in der Referenzprognose eingesetzten Diesels aus Mineralöl durch beigemischte Biokraftstoffe ersetzt.

Tab. 4.5-1: Der Energieverbrauch im Verkehr insgesamt 2002 – 2030, in PJ

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Strassenverkehr							
Benzin (incl. Biokraftstoff)	1.180	795	516	436	813	544	454
Diesel (incl. Biokraftstoff)	1.120	1.383	1.416	1.347	1.427	1.497	1.464
Gas	0	7	41	81	5	32	67
Strom	0	0	0	0	0	0	0
Wasserstoff	0	0	4	35	0	3	19
Motorenöl	1	1	0	0	1	0	0
Gesamt	**2.301**	**2.185**	**1.978**	**1.899**	**2.246**	**2.076**	**2.004**
nachrichtlich: Biokraftstoff	25	110	383	483	70	149	181
Schienenverkehr							
Strom	58	60	72	79	59	70	73
Diesel (incl. Biokraftstoff)	22	23	25	27	23	24	25
Kohle	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	**80**	**83**	**97**	**106**	**82**	**94**	**102**
nachrichtlich: Biokraftstoff	0	2	5	7	0	0	0
Binnenschifffahrt							
Diesel (incl. Biokraftstoff)	10	14	18	19	15	19	19
Gesamt	**10**	**14**	**18**	**19**	**15**	**19**	**19**
nachrichtlich: Biokraftstoff	0	1	4	5	0	0	0
Luftverkehr							
Flugtreibstoffe	287	346	431	448	348	437	455
Insgesamt	**2.678**	**2.628**	**2.524**	**2.472**	**2.691**	**2.627**	**2.580**
nachrichtlich: Biokraftstoff	25	113	392	495	70	149	181
zum Vgl.: Abgrenzung Energiebilanz	2.678	2.628	2.524	2.472	2.686	2.622	2.576

Die Summe enthält auch die Energieverbräuche der übrigen Energieträger
Inklusive übrige Mineralölprodukte
Quelle: AG Energiebilanzen, Statistisches Bundesamt, eigene Berechnungen

4.5.2 Entwicklung der verkehrlichen Rahmendaten

4.5.2.1 Personenverkehr

(1) Aufgrund der schwächeren wirtschaftlichen Entwicklung bleiben die Verkehrsleistungen bis 2015 relativ stabil (in der Referenz steigen sie bis dahin an). Danach gehen sie zurück und liegen 2030 um mehr als 4 % unter dem Ausgangsniveau (Referenz: -1 %). Als Folge der höheren Kraftstoffpreise verringert sich die Verkehrsleistung im Motorisierten Individualverkehr (MIV) überdurchschnittlich (2030: -5,8% im Vergleich zur Referenz). Ein Teil der MIV-Verkehrsleistung wird auf die Schiene und auf den ÖPNV verlagert. Beide Verkehrsträger weisen gegenüber der Referenzprognose eine deutliche Zunahme auf, im Jahr 2030 sind es bei der Schiene 12,3 %, beim ÖPNV 6,6%.

Im Luftverkehr wirkt sich in erster Linie das schwächere Wirtschaftswachstum aus, Verlagerungen zwischen den Verkehrsträgern spielen hier keine bedeutende Rolle. In der Ölpreisvariante erhöht sich die Personenverkehrsleistung im Luftverkehr zwischen 2002 und 2030 um 60 % und liegt dann um 2,6 % unterhalb des Referenzwertes.

(2) In der Tabelle Tab. 4.5-2 sind die Personenverkehrsleistungen für die einzelnen Träger zusammengefasst.

Tab. 4.5-2: Personenverkehrsleistungen, 2002 – 2030, in Mrd Personenkilometer

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Motorisierter Individualverkehr	**884**	**884**	**824**	**783**	**905**	**861**	**831**
PKW, Komi	867	865	805	764	885	842	812
Motorisierte Zweiräder	17	20	19	19	20	20	19
Eisenbahnverkehr	**71**	**79**	**91**	**95**	77	83	85
Schienennahverkehr	38	44	49	51	43	44	44
Schienenfernverkehr	33	35	42	44	34	39	41
ÖSPNV	**76**	**79**	**82**	**83**	77	78	77
Strasse	67	69	70	69	68	68	67
Schiene	9	10	12	13	10	10	11
Luftverkehr	**41**	**51**	**65**	**65**	51	67	67
Insgesamt	**1.072**	**1.093**	**1.062**	**1.026**	**1.110**	**1.089**	**1.060**
Anteile in %							
MIV	82,5	80,9	77,5	76,3	81,5	79,1	78,4
Eisenbahnverkehr	6,7	7,3	8,6	9,3	6,9	7,6	8,0
ÖPNV	7,0	7,2	7,7	8,0	7,0	7,2	7,3
Luftverkehr	3,8	4,6	6,2	6,4	4,6	6,1	6,3

Abweichungen in den Summen durch Rundungen
Quelle: DIW, eigene Berechnungen

4.5.2.2 Güterverkehr

(1) Im Güterverkehr wirkt sich das gegenüber der Referenz geringere Wirtschaftswachstum in verringerten Verkehrsleistungen aus, die Transportintensität wird davon nicht berührt. Gemessen in Tonnenkilometern (tkm) nimmt die Verkehrsleistung im Betrachtungszeitraum um insgesamt 56 % zu, der entsprechende Referenzwert beträgt 58 %. Gegenüber der Referenzprognose weist nur die Binnenschifffahrt eine höhere Verkehrsleistung auf (Tab. 4.5-3). Dies ist auf den ausgeweiteten Transport von Steinkohle zurückzuführen, die in Kraftwerken und KWK-Prozessen eingesetzt wird.

Tab. 4.5-3: Güterverkehrsleistungen, 2002 – 2030, in Mrd Tonnenkilometer*

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Strassengüterverkehr	**355**	**431**	**500**	**544**	**440**	**515**	**560**
Fernverkehr	294	372	442	488	379	455	502
Nahverkehr	60	59	58	56	61	60	58
Eisenbahnverkehr	**76**	**84**	**113**	**133**	**85**	**115**	**134**
Binnenschifffahrt	**64**	**74**	**87**	**95**	**72**	**82**	**89**
Luftverkehr	**1**	**1**	**2**	**2**	**1**	**2**	**2**
Insgesamt	**496**	**591**	**702**	**774**	**598**	**715**	**785**
Anteile in %							
Strassenverkehr	71,5	73,0	71,3	70,3	73,5	72,1	71,4
Eisenbahnverkehr	15,4	14,3	16,2	17,1	14,3	16,1	17,0
Binnenschifffahrt	12,9	12,6	12,4	12,3	12,0	11,5	11,3
Luftverkehr	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3

* Verkehr auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland
Quelle: DIW, eigene Berechnungen
Abweichungen in den Summen durch Rundungen

4.5.3 Der Endenergieverbrauch im Straßenverkehr

(1) Ausgehend von den verkehrlichen Rahmendaten, wird der Energieverbrauch im Straßenverkehr getrennt für den MIV und den Straßengüterverkehr abgeleitet.

Im **MIV** werden die Verkehrsleistungen, gemessen in Personenkilometern (Pkm), mit Hilfe von Annahmen über die zukünftige Entwicklung des Besetzungsgrades von Pkw und motorisierten Zweirädern in Fahrleistungen, gemessen in Fahrzeugkilometern (Fzkm) umgesetzt. Durch Multiplikation mit den jeweiligen spezifischen Kraftstoffverbräuchen wird der Energieverbrauch der Pkw und der motorisierten Zweiräder ermittelt.

Analog ist das Verfahren im **Straßengüterverkehr**. Hier wird die Transportleistung (tkm) mit dem Ladefaktor, der angibt, mit welcher Tonnage ein Lkw im Durchschnitt beladen ist, in Fahrzeugkilometer umgerechnet. Diese Fahrzeugkilometer werden dann, getrennt für Lkw und Sattelzugmaschinen, mit den entsprechenden spezifischen Verbräuchen multipliziert, woraus sich der Energieverbrauch ergibt.

Die **Fahrzeugbestände** werden in Kohortenmodellen fortgeschrieben, um die Entwicklung der Fahrzeugeffizienz und Veränderungen in der Struktur der Fahrzeugbestände im Zeitablauf abzubilden.

Im Folgenden werden die wichtigsten Entwicklungen dargestellt.

4.5.3.1 Pkw und Kombi

(1) Der durchschnittliche **Besetzungsgrad** der Fahrzeuge, der angibt, wie viele Personen im Durchschnitt im Fahrzeug befördert werden, unterscheidet sich in der Ölpreisvariante nicht von der Referenzprognose. Für die Zukunft gehen wir von einem weiteren Rückgang des Besetzungsgrades aus. Hier wirken sich vor allem die zunehmende Zahl kleiner Haushalte sowie die noch steigende Motorisierung (Zweit- und Drittfahrzeuge) aus. Die Fahrleistung von Pkw und Kombi erhöht unter diesen Voraussetzungen zwischen 2002 und 2010 von 584 Mrd Fahrzeugkilometern auf 597 Mrd Fzkm (Referenz: 611 Mrd Fzkm). Danach geht sie, bedingt durch die schrumpfende Bevölkerung und eine abnehmende Nutzungsintensität der Fahrzeuge, bis 2030 auf 544 Mrd Fzkm (Referenz: 577 Mrd Fzkm) zurück.

(2) Der **Fahrzeugbestand** liegt in der Ölpreisvariante als Folge des geringeren Wirtschaftswachstums durchgehend leicht unterhalb der Referenzwerte. Seinen höchsten Wert erreicht der Bestand an Pkw und Kombi mit 47,6 Mio Fahrzeugen (Referenz: 47,9 Mio) im Jahr 2020. Parallel zur Entwicklung im Energiereport verringert sich der Fahrzeugbestand nach 2020, vor allem wegen der dann rückläufigen Bevölkerungszahl (Tab. 4.5-4).

Tab. 4.5-4: Determinanten des Energieverbrauchs von Pkw und Kombi, 2002 – 2030

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Fahrzeugbestand (Tsd)	**44.605**	**46.671**	**47.576**	**46.899**	**46.876**	**47.867**	**47.235**
Benzinantrieb	37.288	30.963	24.461	21.389	30.975	24.415	21.053
Dieselantrieb	7.308	15.504	21.189	19.706	15.761	22.097	22.325
Gasantrieb	6	200	1.669	3.516	136	1.198	2.712
Elektroantrieb	3	3	3	3	3	3	3
Brennstoffzellenantrieb	0	1	255	2.284	1	155	1.142
Jahresfahrleistung (Tsd Fzkm/Fz)	**13,1**	**12,8**	**11,9**	**11,6**	**13,0**	**12,4**	**12,2**
Benzinantrieb	11,6	10,4	9,8	9,7	10,6	10,1	10,0
Dieselantrieb	20,8	17,6	14,5	14,2	17,9	14,9	14,7
Gasantrieb	11,6	10,4	9,8	9,7	10,6	10,1	10,0
Elektroantrieb	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Brennstoffzellenantrieb	11,6	10,4	9,8	9,7	10,6	10,1	10,0
Gesamtfahrleistung (Mrd Fzkm)	**583,6**	**596,8**	**565,3**	**543,5**	**611,0**	**591,3**	**577,4**
Benzinantrieb	431,2	322,1	239,0	206,7	327,7	247,5	211,3
Dieselantrieb	152,3	272,7	307,4	280,7	281,8	330,1	327,4
Gasantrieb	0,1	2,1	16,3	34,0	1,4	12,1	27,2
Elektroantrieb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Brennstoffzellenantrieb	0,0	0,0	2,5	22,1	0,0	1,6	11,5
Spezifischer Verbrauch (l/100 km)							
Benzinantrieb (Benzin-Äquivalente)	8,5	7,5	6,3	6,1	7,6	6,4	6,2
Dieselantrieb (Diesel-Äquivalente)	6,9	6,0	5,3	5,3	6,1	5,4	5,3
Gasantrieb (kg/100 km)	5,9	5,1	4,2	4,1	5,1	4,3	4,2
Elektroantrieb (kWh/100 km)	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Brennstoffzellenantrieb (kg H_2/100 km)	1,8	1,6	1,3	1,3	1,6	1,4	1,3
Besetzungsgrad (Pkm/Fzkm)	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4

Quelle: DIW, ESSO, KBA, Shell, VDA, eigene Berechnungen

(3) Die Struktur des Fahrzeugbestandes verändert sich im Vergleich zur Referenz zulasten von Dieselfahrzeugen. Grund hierfür ist eine gegenüber dem Energiereport etwas stärkere Verbrauchsabsenkung neuer Benziner, wozu auch ein höherer Anteil von Hybridfahrzeugen beiträgt. Allerdings nimmt auch in der Ölpreisvariante der Anteil von **Dieselfahrzeugen** am Bestand deutlich zu, womit sich ein seit längerem zu beobachtender Trend fortsetzt.

Der Marktanteil von Pkw mit **alternativen Antrieben** (ohne Hybridfahrzeuge) liegt in der Ölpreisvariante 2030 bei rund 12 % und damit höher als in der Referenz (8 %). Den überwiegenden Teil hiervon stellen Fahrzeuge mit gasbetriebenen Hubkolbenmotoren. Mit Brennstoffzellen ausgerüstete Pkw werden nach 2020 zunehmend auf den Markt kommen (Tab. 4.5-4), hier erwarten wir eine Verdoppelung gegenüber der Referenz. Dahinter steht die Annahme, dass sich die Anstrengungen der Industrie zur Entwicklung alternativer Antriebe bei hohen Ölpreisen gegenüber der Referenz intensivieren.

(4) Die **durchschnittlichen Fahrleistungen** liegen in der Ölpreisvariante 2030 bei allen Antriebskategorien zwischen 3 % und 4 % niedriger als in der Referenz, weil in der Ölpreisvariante ein größerer Teil der Verkehrsleistung auf Schiene und ÖPNV verlagert wird und sich deshalb die durchschnittliche Nutzungsintensität der Pkw und Kombi verringert. Im Jahr 2030 beträgt die durchschnittliche Jahresfahrleistung rund 11.600 km (Referenz: 12.200 km) (Tab. 4.5-4).

(5) Der **spezifische Kraftstoffverbrauch** des Fahrzeugbestandes weicht in der Ölpreisvariante nur minimal vom Energiereport ab. Das ist die Folge zweier gegenläufiger Effekte: Zum einen verringert sich der spezifische Verbrauch von Neufahrzeugen durch die höheren Kraftstoffpreise etwas, zum anderen dauert es wegen der ungünstigeren Einkommensentwicklung länger, bis Altfahrzeuge ersetzt werden.

Zusammen führen diese Entwicklungen dazu, dass der spezifischen Kraftstoffverbrauch bis zum Jahr 2030 im Durchschnitt bei Diesel-Pkw auf 5,3 l/100 km (Referenz ebenfalls 5,3 l/100 km) und bei Benzinern auf 6,1 l/100 km (Referenz 6,2 l/100 km) sinken. Im Vergleich zu 2002 entspricht dies einer Verringerung von jeweils rund einem Viertel.

Für den Energieverbrauch von Pkw und Kombi ergeben sich aus diesen Entwicklungen folgende Trends[1] Tab. 4.5-5)

- Der Verbrauch der Benzinfahrzeuge geht im gesamten Betrachtungszeitraum deutlich zurück und liegt im Jahr 2030 um knapp zwei Drittel niedriger als 2002. Benzin trägt 2030 weniger als 25 % zur Deckung des Kraftstoffbedarfs der Pkw bei, 2002 waren es mehr als drei Viertel. Der Grund für den drastischen Bedeutungsverlust von **Benzin** ist die steigende Fahrzeugeffizienz in Verbindung mit rückläufigen Marktanteilen von Benzinfahrzeugen an den Neuzulassungen. Zu berücksichtigen ist hierbei zudem, dass ein steigender Teil der Verbrauchs durch Biokraftstoffe gedeckt wird, die dem Benzin beigemischt werden. Im Jahr 2010 beträgt die Beimischung 1 % und steigt bis 2030 auf 29 %. Betrachtet man allein den Verbrauch des aus Mineralöl hergestellten Benzins, so verringert sich dieser zwischen 2002 und 2030 rechnerisch um drei Viertel.

1 Alle Angaben beziehen sich auf den inländischen Fahrzeugbestand.

- Grundlegend anders verläuft die Entwicklung bei **Diesel**. Zwischen 2002 und 2030 steigt der Verbrauch von Dieselkraftstoff bei Pkw und Kombi um 41 %. Bei Diesel aus Mineralöl verringert sich die Nachfrage im selben Zeitraum um 10 %. Die Beimischung von Biokraftstoffen nimmt von 2,3 % im Jahr 2002 bis 2030 auf knapp 27 % zu.

- Gemessen am Energiegehalt, liegt der Anteil von **Biokraftstoffen** am gesamten Kraftstoffverbrauch der Pkw und Kombi im Jahr 2030 bei 25 %. Im Vergleich zur Referenz hat sich der Einsatz von Biokraftstoffen dann um 170 % erhöht. Basis dieser Entwicklung ist die Annahme, dass zum einen die Industrie (Mineralölwirtschaft und Automobilindustrie) verstärkt in die Nutzung biogener Kraftstoffe investiert und zum anderen der Staat durch Beimischungsvorschriften und Steuererleichterungen den Einsatz von Biokraftstoffen fördert. Hierbei wurde unterstellt, dass Biokraftstoffe so besteuert werden, dass sie gegenüber Kraftstoffen aus Mineralöl wettbewerbsfähig sind. Das bedeutet im Zeitverlauf abnehmende Steuervergünstigungen für Biokraftstoffe.

- Auf Fahrzeuge mit **Gas- und Brennstoffzellenantrieben** entfallen 2030 rund 10 % des Energieverbrauchs aller Pkw und Kombi. Der in Brennstoffzellenfahrzeugen eingesetzte Wasserstoff trägt 2030 mit mehr als 3 % zur Deckung des Gesamtenergiebedarfs der Pkw und Kombi bei. Im Vergleich zur Referenz bedeutet das eine Steigerung des Einsatzes von Gas um 22 % und von Wasserstoff um knapp 90 %.

- **Insgesamt** verringert sich der Energieverbrauch von Pkw und Kombi durchgehend bis 2030 und unterschreitet dann mit 1.046 PJ den Wert des Jahres 2002 um ein Drittel. Im Vergleich zum Energiereport sind das knapp 7 % weniger.

Tab. 4.5-5: Energieverbrauch von Pkw und Kombi 2002 – 2030, in PJ

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Benzin (incl. Biokraftstoffe)	1.197	794	489	411	810	515	428
Diesel (incl. Biokraftstoffe)	376	588	587	531	617	640	619
Gas	0	5	35	70	4	26	57
Strom	0	0	0	0	0	0	0
Wasserstoff	0	0	4	35	0	3	18
Insgesamt (PJ)	**1.573**	**1.388**	**1.114**	**1.046**	**1.431**	**1.183**	**1.122**
nachrichtlich: Biokraftstoff	21	69	216	258	52	85	97
Veränderung in % p.a.	**1995-2002**	**2003-2010**	**2011-2020**	**2021-2030**	**2003-2010**	**2011-2020**	**2021-2030**
Benzin	-1,2	-5,0	-4,7	-1,7	-4,8	-4,4	-1,8
Diesel	5,0	5,8	0,0	-1,0	6,4	0,4	-0,3
Insgesamt	**0,0**	**-1,6**	**-2,2**	**-0,6**	**-1,2**	**-1,9**	**-0,5**
nachrichtlich: Biokraftstoff	72,6	15,9	12,1	1,8	11,9	5,1	1,3

Quelle: eigene Berechnungen

4.5.3.2 Motorisierte Zweiräder

(1) Auf die Verkehrsleistungen und den Kraftstoffverbrauch von Mofas, Kleinkrafträdern, Leichtkrafträdern, Motorrollern und Motorrädern haben höhere Benzinpreise nur eine geringe Wirkung. Bei den Zweirädern handelt es sich zum großen Teil um Hobby- und Freizeitfahrzeuge, deren Nutzung weniger preissensibel ist. Das in der Ölpreisvariante niedrigere Einkommen wirkt sich aber auf den Fahrzeugbestand aus. Insgesamt liegt der Verbrauch der Zweiräder im Jahr 2030 um knapp 4 % niedriger als in der Referenzprognose (Tab. 4.5-6).

Tab. 4.5-6: Determinanten des Energieverbrauchs der motorisierten Zweiräder, 2002–2030

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Verkehrsleistung (Mrd Pkm)	17,3	19,9	19,2	18,7	20,3	19,7	19,2
Bestand (Tsd)	5227	5572	5336	5183	5605	5443	5287
Jahresfahrleistung (Tsd Fzkm/Fz)	3,0	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Gesamtfahrleistung (Mrd Fzkm)	15,9	18,3	17,6	17,1	18,6	18,1	17,6
Spezifischer Verbrauch (l/100 km)	4,1	4,2	4,1	4,0	4,3	4,2	4,0
Benzin (incl. Biokraftstoff), PJ	**21,5**	**25,2**	**23,7**	**22,2**	**25,9**	**24,7**	**23,1**
nachrichtlich: Biokraftstoff	0,0	0,5	4,9	6,4	0,0	0,0	0,0

Quelle: DIW, KBA, VDA, eigene Berechnungen

4.6.3.2 Kraftomnibusverkehr

(1) Die **Verkehrsleistung** der Kraftomnibusse umfasst sowohl den Linienverkehr (vor allem ÖPNV) als auch den so genannten Gelegenheitsverkehr, zu dem Busreisen zählen. Bei höheren Kraftstoffpreisen verlagert sich ein kleiner Teil der zuvor im MIV erbrachten Ver-

kehrsleistung auf Busse. Bei im Vergleich zur Referenzprognose unverändertem Fahrzeugbestand liegt die Gesamtfahrleistung von Bussen im Betrachtungszeitraum leicht oberhalb der Referenzwerte. In Verbindung mit einem etwas niedrigeren spezifischen Verbrauch führt dies zu einer gegenüber dem Energiereport unveränderten Nachfrage nach Kraftstoffen. (Tab. 4.5-7).

Tab. 4.5-7: Determinanten des Energieverbrauchs des Kraftomnibusverkehrs, 2002 – 2030

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Fahrzeugbestand (Tsd)	**86,3**	**84,6**	**81,1**	**78,6**	**84,6**	**81,1**	**78,6**
Benzinantrieb	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Dieselantrieb	85,1	81,6	75,9	70,5	81,9	76,5	71,4
Gasantrieb	0,8	2,7	4,3	6,9	2,3	3,8	6,3
Elektroantrieb	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Brennstoffzellenantrieb	0,0	0,0	0,6	0,9	0,0	0,5	0,7
Jahresfahrleistung (Tsd Fzkm/Fz)	**42,5**	**42,5**	**42,4**	**43,2**	**41,8**	**41,6**	**42,2**
Benzinantrieb	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Dieselantrieb	42,7	42,6	42,4	43,3	41,9	41,7	42,3
Gasantrieb	42,7	42,6	42,4	43,3	41,9	41,7	42,3
Elektroantrieb	23,5	23,5	23,3	23,8	23,0	22,9	23,3
Brennstoffzellenantrieb	42,7	42,6	42,4	43,3	41,9	41,7	42,3
Gesamtfahrleistung (Mio Fzkm)	**3.671**	**3.597**	**3.435**	**3.398**	**3.532**	**3.373**	**3.319**
Benzinantrieb	3	2	1	1	2	1	1
Dieselantrieb	3.631	3.478	3.223	3.053	3.431	3.190	3.018
Gasantrieb	33	114	183	300	96	159	267
Elektroantrieb	3	3	3	3	3	3	3
Brennstoffzellenantrieb	0	1	26	41	1	21	30
Spezifischer Verbrauch (l/100 km)							
Benzinantrieb	18,0	17,7	17,3	16,9	17,7	17,4	17,1
Dieselantrieb	30,2	29,0	28,0	27,4	29,4	28,4	27,7
Gasantrieb (kg/100 km)	22,7	21,8	21,0	20,5	22,1	21,3	20,8
Elektroantrieb (kWh/100 km)	125,0	125,0	125,0	125,0	125,0	125,0	125,0
Brennstoffzellenantrieb (kg H_2/100 km)	8,1	7,8	7,5	7,3	7,9	7,6	7,4
Verbrauch (PJ)							
Benzin (incl. Biokraftstoffe)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Diesel (incl. Biokraftstoffe)	39,3	36,1	32,3	29,8	36,1	32,5	30,0
Gasantrieb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Strom	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Wasserstoff	0,0	0,0	0,2	0,4	0,0	0,2	0,3
Insgesamt (PJ)	**39,3**	**36,1**	**32,5**	**30,2**	**36,2**	**32,7**	**30,2**
nachrichtlich: Biokraftstoffe	0,6	4,2	7,3	8,6	0,8	1,8	2,0

Quelle: DIW, KBA, VDA, eigene Berechnungen

4.5.3.3 Übrige Kraftfahrzeuge (Güterverkehr)

(1) Zu den „übrigen Kraftfahrzeugen“ zählen Lastkraftwagen, Sattelzugmaschinen, gewöhnliche Zugmaschinen (ohne Ackerschlepper) sowie Sonderfahrzeuge einschließlich Wohnmobilen. Bestimmt wird die Verbrauchsentwicklung in diesem Fahrzeugsegment durch den mit Lkw und Sattelzugmaschinen erbrachten Güterverkehr.

(2) Aufgrund der geringeren Wirtschaftsleistung in der Ölpreisvariante fällt die Verkehrsleistung der übrigen Kraftfahrzeuge geringer aus als in der Referenz, im Jahr 2030 um 3 %. Ein Teil dieser Differenz ist auf die Verlagerung von Güterverkehrsleistung von der Straße auf die Schiene zurückzuführen. Insgesamt erhöht sich die Verkehrsleistung im Straßengüterverkehr in der Ölpreisvariante zwischen 2002 und 2030 um 53 % (Referenz: 58 %).

(3) Ähnlich wie im Energiereport rechnen wir in der Ölpreisvariante mit einem im Zeitverlauf steigenden **Ladefaktor** als Folge der zunehmenden Bedeutung grenzüberschreitender Verkehre, die mit großen, hoch ausgelasteten Fahrzeugen erbracht werden (Tab. 4.5-8). Daneben spielt ein verbessertes Auslastungsmanagement eine Rolle. Bei einem im Vergleich zur Referenz etwas kleinerem Fahrzeugbestand liegt die Gesamtfahrleistung, also die im Jahr im Straßengüterverkehr zurückgelegten Fahrzeugkilometer, 2030 um 2 % unter dem Energiereportwert.

(4) Der spezifische Verbrauch von LKW und Sattelschleppern entspricht in der Ölpreisvariante weitgehend dem Niveau der Referenzprognose. Zwar sind höhere Kraftstoffpreise gerade im Güterverkehr ein Anreiz zu vermehrten Einsparanstrengungen, doch sind diese bereits in der Referenz weitgehend ausgeschöpft.

Tab. 4.5-8: Determinanten des Energieverbrauchs der übrigen Kraftfahrzeuge, 2002–2030

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Verkehrsleistung (Mrd tkm)	**355**	**431**	**500**	**544**	**440**	**515**	**560**
Fahrzeugbestand (Tsd)	**4.341**	**4.676**	**5.009**	**5.107**	**4.688**	**5.044**	**5.157**
Benzinantrieb	388	266	220	198	266	220	200
Dieselantrieb	3.950	4.391	4.692	4.740	4.406	4.740	4.807
Gasantrieb	2	15	89	160	13	75	141
Elektroantrieb	2	3	8	9	3	8	9
Jahresfahrleistung (Tsd Fzkm/Fz)	**19,4**	**20,5**	**21,5**	**22,9**	**20,8**	**21,9**	**23,2**
Benzinantrieb	10,6	9,9	9,7	9,8	10,0	9,8	9,9
Dieselantrieb	20,3	21,2	22,3	23,8	21,5	22,7	24,1
Gasantrieb	11,3	12,1	12,1	12,4	12,2	12,4	12,6
Elektroantrieb	9,8	7,9	6,3	5,9	7,9	6,3	5,9
Gesamtfahrleistung (Mrd Fzkm)	**84,3**	**96,0**	**107,8**	**117,0**	**97,6**	**110,6**	**119,6**
Benzinantrieb	4,1	2,6	2,1	1,9	2,7	2,2	2,0
Dieselantrieb	80,1	93,1	104,5	113,0	94,7	107,4	115,8
Gasantrieb	0,0	0,2	1,1	2,0	0,2	0,9	1,8
Elektroantrieb	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1
Spezifischer Verbrauch (l/100 km)							
Benzinantrieb (Benzin-Äquivalente)	13,6	13,3	12,2	11,5	13,3	12,2	11,5
Dieselantrieb (Diesel-Äquivalente)	23,9	22,0	20,2	18,5	22,1	20,3	18,7
Gasantrieb (kg/100 km)	16,3	15,0	13,8	12,4	16,3	15,3	14,1
Elektroantrieb (kWh/100 km)	125,0	125,0	125,0	125,0	125,0	125,0	125,0
Auslastung (tkm/Fzkm)	**4,21**	**4,49**	**4,64**	**4,65**	**4,51**	**4,66**	**4,69**

Quelle: DIW, KBA, VDA, IFO, eigene Berechnungen

(5) Nimmt man all diese Effekte zusammen, so resultiert daraus ein zwischen 2002 und 2030 um 7 % steigender Kraftstoffverbrauch (Energiereport: 13 %). Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass auch im Güterverkehr rund ein Drittel der Verkehrsleistung mit Biokraftstoffen erbracht wird, die konventionellem Diesel beigemischt werden. (Tab.4.5-9).

Tab. 4.5-9: Energieverbrauch der übrigen Kraftfahrzeuge, 2002–2030, in Mio Liter

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Energieverbrauch							
Benzin (incl. Biokraftstoffe)	18	11	8	7	12	9	7
Diesel (incl. Biokraftstoffe)	686	734	754	746	752	783	776
Gas	0	1	7	12	1	6	11
Strom	0	0	0	0	0	0	0
Insgesamt (PJ)	**704**	**746**	**763**	**753**	**764**	**798**	**794**
nachrichtlich: Biokraftstoff	4	94	181	219	18	62	83
Veränderung in % p.a.	**1995-2002**	**2003-2010**	**2011-2020**	**2021-2030**	**2003-2010**	**2011-2020**	**2021-2030**
Benzin	-4,7	-5,7	-2,9	-1,5	-5,6	-2,9	-1,5
Diesel	1,8	0,9	0,3	-0,1	1,2	0,4	-0,1
Insgesamt	**1,6**	**0,7**	**0,2**	**-0,1**	**1,0**	**0,4**	**0,0**
nachrichtlich: Biokraftstoff	19,6	49,9	6,8	1,9	21,7	13,3	2,9

Quelle: DIW, VDV; danach: eigene Berechnungen

4.5.3.4 Straßenverkehr insgesamt

(1) In der Gesamtbetrachtung von Straßenpersonenverkehr und Straßengüterverkehr verringert sich der Kraftstoffverbrauch zwischen 2002 und 2030 um 17,5 % (Referenzprognose: -13 %). Das Muster ist ähnlich wie im Energiereport: der bis 2020 steigende Verbrauch im Güterverkehr wird durch den Verbrauchsrückgang im Personenverkehr überkompensiert. Nach 2025 verringert sich sowohl im Personenverkehr wie auch im Güterverkehr der Kraftstoffverbrauch (Tab. 4.5-10).

(2) Die **Struktur des Kraftstoffverbrauchs** verändert sich im Vergleich zur Referenz erheblich. Zwar nimmt auch in der Ölpreisvariante die Bedeutung des Dieselkraftstoffs im Vergleich zu Benzin stark zu. So werden im Jahr 2030 rund 70 % des Kraftstoffbedarfs durch Diesel gedeckt und nur noch weniger als ein Viertel durch Benzin. Im Vergleich zur Referenz wird diesen konventionellen Kraftstoffen aber ein erheblich höherer Teil an Biokraftstoffen beigemischt. Tragen Biokraftstoffe im Energiereport im Jahr 2030 mit gut 9 % zur Deckung der Kraftstoffnachfrage bei, sind es in der Ölpreisvariante im selben Jahr mehr als 25 %. Der Verbrauch von Erdgas bzw. Wasserstoff liegt am Ende des Betrachtungszeitraums um gut 20 % bzw. knapp 90 % über den entsprechenden Referenzwerten. Insgesamt bleibt der Beitrag dieser Energieträger zur Deckung des Kraftstoffbedarfs mit zusammen genommen gut 6 % aber gering.

Tab. 4.5-10: Der Energieverbrauch im Straßenverkehr, 2002 – 2030, in PJ

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Energieverbrauch Inländer							
Benzin (incl. Biokraftstoffe)	1.236	830	521	440	847	548	458
Diesel (incl. Biokraftstoffe)	1.101	1.359	1.373	1.306	1.405	1.455	1.425
Gas	0	7	41	81	5	32	67
Strom	0	0	0	0	0	0	0
Wasserstoff	0	0	4	35	0	3	19
Insgesamt (PJ)	**2.338**	**2.196**	**1.940**	**1.863**	**2.257**	**2.039**	**1.969**
nachrichtlich: Biokraftstoff	25	122	376	474	70	149	181
Veränderung in % p.a.	**1995-2002**	**2003-2010**	**2011-2020**	**2021-2030**	**2003-2010**	**2011-2020**	**2021-2030**
Benzin	-1,2	-4,9	-4,6	-1,7	-4,6	-4,3	-1,8
Diesel	2,7	2,7	0,1	-0,5	3,1	0,4	-0,2
Insgesamt	**0,5**	**-0,8**	**-1,2**	**-0,4**	**-0,4**	**-1,0**	**-0,3**
nachrichtlich: Biokraftstoff		21,7	11,9	2,3	13,6	7,7	2,0
Nachrichtlich							
Personenverkehr	1.634	1.449	1.170	1.098	1.493	1.241	1.176
Güterverkehr	704	746	763	753	764	798	794
Energieverbrauch Inland[1)] (=Abgrenzung der Energiebilanz)	**2.301**	**2.183**	**1.975**	**1.895**	**2.245**	**2.076**	**2.004**

1) Abweichung des Energieverbrauchs Inländer vom Energieverbrauch Inland aufgrund der Fahrleistungsdifferenzen Inländer und Inland

Quelle: DIW, VDV, Statistisches Bundesamt, KBA, VDA; eigene Berechnungen

4.5.4 Der Endenergieverbrauch im Schienenverkehr

(1) Die Bereiche Eisenbahnverkehr und schienengebundener Öffentlicher Straßenpersonennahverkehr (ÖSPNV Schiene) bilden zusammen den Schienenverkehr. Der ÖSPNV Schiene seinerseits umfasst den Verkehr mit U-Bahnen, S-Bahnen und Straßenbahnen.

4.5.4.1 ÖSPNV Schiene

(1) Determinanten des Endenergieverbrauchs des ÖSPNV Schiene sind die dort erbrachten Verkehrsleistungen, die hieraus mit Hilfe des Auslastungsgrades abgeleiteten Fahrleistungen (gemessen in Wagenkilometern, Wkm) sowie der spezifische Verbrauch. Im Endenergieverbrauch ÖSPNV Schiene sind der Traktionsenergieverbrauch sowie der Verbrauch für Weichenheizung und Vorheizen der Züge enthalten.

(2) Die **Verkehrsleistungen** im Schienen-ÖSPNV nehmen zwischen 2002 und 2030 um fast 50 % und damit mehr als doppelt so stark zu wie in der Referenzentwicklung. Das bedeutet im Jahr 2030 ein Plus von 21 % gegenüber dem Energiereport. Grund für diese

unterschiedliche Entwicklung ist die Verlagerung eines Teils der im Energiereport im MIV erbrachten Verkehrsleistung auf den ÖPSNV Schiene.

(3) Da wir gleichzeitig von einer besseren Auslastung der Fahrzeuge ausgehen, liegt die Fahrleistung im Jahr 2030 nur um 7 % über dem Referenzwert. In Verbindung mit einem im Vergleich zur Referenz leicht abgesenktem spezifischen Verbrauch (Flottenerneuerung, weiter verbessertes Verkehrsflussmanagement) resultiert daraus im Jahr 2020 ein Stromverbrauch von 6,6 PJ. Das sind 4 % mehr als im Energiereport (Tab. 4.5-11).

Tab. 4.5-11: Determinanten des Energieverbrauchs im schienengebundenen Öffentlichen Straßenpersonennahverkehr, 2002 – 2030

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Verkehrsleistung (Mrd Pkm)	8,7	9,9	11,9	13,0	9,5	10,2	10,7
Auslastungsgrad (Pkm/Wkm)	14,1	15,5	17,3	18,9	15,0	16,0	16,7
Fahrleistung (Mio Wkm)	620,0	639,9	685,7	688,8	633,5	636,4	642,5
Spez. Verbrauch (kWh/Wkm)	3,0	2,8	2,7	2,7	2,9	2,8	2,8
Verbrauch (Strom, PJ)	**6,6**	**6,5**	**6,6**	**6,6**	**6,5**	**6,3**	**6,4**

Quelle: DIW, Statistisches Bundesamt, eigene Berechnungen

4.5.4.2 Eisenbahnverkehr

(1) Im Eisenbahnverkehr werden die Segmente Personennahverkehr, Personenfernverkehr und Güterverkehr unterschieden, hinzu kommt der Energieverbrauch für örtliche Leistungen (Rangierleistungen, etc.).

Basis für die **Prognose** des Energieverbrauchs sind die **Verkehrsleistungen**, differenziert nach den genannten Verkehrsarten einerseits und nach den Traktionsarten Elektro-, Diesel- und Kohletraktion andererseits.

Außerdem wird der jeweilige **spezifische Energieverbrauch**, bezogen auf die Verkehrsleistung, prognostiziert. Der spezifische Verbrauch hängt von der Auslastung, der technischen Qualität des Fahrzeugbestandes und dessen Einsatzstruktur ab.

Personenverkehr

(2) Im **Personennahverkehr** erhöht sich die **Verkehrsleistung** zwischen 2002 und 2030 um ein Drittel und damit mehr als doppelt so schnell wie in der Referenzprognose (gut 15 %), auch dies eine Folge von Verkehrsverlagerung von der Straße auf die Schiene.

Technische Verbesserungen, vor allem aber eine bessere Auslastung der Züge, führt zu einem im Vergleich zur Referenz niedrigerem **spezifischen Energieverbrauch**. Er liegt im Jahr 2030 um knapp 3 % unter dem Referenzwert.

Durch diese Veränderungen fällt der **Energieverbrauch** für den Personennahverkehr im Jahr 2030 um knapp 12 % höher aus als im Energiereport (Tab. 4.5-12). Zwischen 2002 bis 2030 steigt der Verbrauch um 20 % (Referenz: knapp 7 %).

(3) Auch im **Personenfernverkehr** wird die **Verkehrsleistung** mit einem Drittel zwischen 2002 und 2030 erheblich schneller ausgeweitet als im Energiereport (weniger als ein Viertel). Im Jahr 2030 übertrifft die Verkehrsleistung in der Ölpreisvariante diejenige des Energiereports um knapp 9 %.

Die im Vergleich zur Referenzprognose zusätzliche Verringerung des **spezifischen Verbrauchs** bewegt sich in einer Größenordung von 3 %, wozu insbesondere eine bessere Auslastung der Züge und organisatorische Verbesserungen beitragen.

Insgesamt nimmt der Energieverbrauch für den Personenfernverkehr im Betrachtungszeitraum um 14 % zu, im Energiereport liegt der entsprechende Wert bei 10 % (Tab. 4.5-12).

Betrachtet man Personennahverkehr und Personenfernverkehr zusammen, so steigt der Energieverbrauch zwischen 2002 und 2030 um mehr als 18 % (Referenz: knapp 8 %).

Tab. 4.5-12: Determinanten des Energieverbrauchs im Eisenbahnpersonenverkehr, 2002 – 2030

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Nahverkehr							
Verkehrsleistung (Mrd Pkm)							
Elektrotraktion	27,1	33,1	37,5	39,0	32,1	33,5	33,8
Dieseltraktion	11,1	10,9	11,3	11,8	10,6	10,1	10,2
Kohletraktion	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Insgesamt	38,2	44,0	48,8	50,8	42,7	43,6	44,0
Spezifischer Verbrauch (kJ/Pkm)							
Elektrotraktion	540	516	506	506	520	520	520
Dieseltraktion	1.175	1.167	1.147	1.147	1.175	1.175	1.175
Kohletraktion	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Insgesamt	726	678	655	655	683	673	673
Energieverbrauch (PJ)							
Strom	14,6	17,1	19,0	19,7	16,7	17,4	17,6
Diesel (incl. Biotreibstoff)	13,0	12,7	13,0	13,5	12,4	11,9	12,0
Kohle	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Insgesamt	27,7	29,8	32,0	33,3	29,1	29,3	29,6
nachrichtlich: Biotreibstoff	0,0	0,9	2,5	3,6	0,0	0,0	0,0
Fernverkehr							
Verkehrsleistung (Mrd Pkm)							
Elektrotraktion	30,8	33,0	40,1	42,3	31,8	36,8	38,4
Dieseltraktion	2,4	2,3	2,1	2,1	2,2	2,1	2,3
Kohletraktion	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Insgesamt	33,2	35,3	42,2	44,3	34,0	38,9	40,7
Spezifischer Verbrauch (kJ/Pkm)							
Elektrotraktion	295,0	278,0	263,0	260,0	280,0	270,0	268,0
Dieseltraktion	785,0	766,0	746,0	746,0	770,0	769,0	769,0
Kohletraktion	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Insgesamt	330,8	309,4	286,9	282,6	311,8	297,4	296,6
Energieverbrauch (PJ)							
Strom	9,1	9,2	10,5	11,0	8,9	9,9	10,3
Diesel (incl. Biotreibstoff)	1,9	1,7	1,6	1,5	1,7	1,6	1,8
Kohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Insgesamt	11,0	10,9	12,1	12,5	10,6	11,6	12,1
nachrichtlich: Biotreibstoff	0,0	0,1	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0
Personenverkehr insgesamt							
Energieverbrauch (PJ)							
Strom	23,7	26,3	29,5	30,7	25,6	27,3	27,9
Diesel (incl. Biotreibstoff)	14,9	14,4	14,6	15,1	14,1	13,6	13,8
Kohle	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Insgesamt	**38,7**	**40,7**	**44,1**	**45,8**	**39,8**	**40,9**	**41,7**
nachrichtlich: Biotreibstoff	0,0	1,0	2,8	4,0	0,0	0,0	0,0

Quelle: DIW, Statistisches Bundesamt, DB AG, eigene Berechnungen,
Abweichungen in den Summen durch Rundungen

Güterverkehr

(4) Die Güterverkehrsleistung auf der Schiene unterschreitet im Betrachtungszeitraum leicht die entsprechenden Werte des Energiereports. Das ist eine Folge des insgesamt schwächeren Wirtschaftswachstums und des damit geringeren Transportaufkommens. Zwischen 2002 und 2030 nimmt die **Verkehrsleistung** um 76 % zu (Referenz: mehr als 77 %)

Bei der Entwicklung der **spezifischen Verbräuche** im Güterverkehr erwarten wir wie in der Referenzprognose im Betrachtungszeitraum eine Absenkung um gut 9 %. In Folge dessen liegt der **Energieverbrauch** für den Schienengüterverkehr im Jahr 2030 um rund 60 % höher als im Ausgangsjahr 2002 und unterscheidet sich kaum vom Resultat des Energiereports. (Tab. 4.5-13).

Örtliche Leistungen

(5) Der Energieverbrauch für die Bereitstellung der Örtlichen Leistungen (Rangierleistungen und Betrieb von stationären Anlagen der Eisenbahnen sowie der U-Bahnen, S-Bahnen und Straßenbahnen) weist im Vergleich zur Referenzprognose ebenfalls nur geringe Unterschiede.

Tab. 4.5-13: Determinanten des Energieverbrauchs im Schienengüterverkehr, 2002 – 2030

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Güterverkehr							
Verkehrsleistung (Mrd tkm)							
Elektrotraktion	62,6	68,7	93,6	110,2	69,7	95,2	111,1
Dieseltraktion	13,7	15,6	19,9	22,6	15,8	20,2	22,7
Insgesamt	76,3	84,3	113,5	132,8	85,5	115,4	133,8
Spezifischer Verbrauch (kJ/Pkm)							
Elektrotraktion	180	169	165	163	169	165	163
Dieseltraktion	418	407	400	397	407	400	397
Insgesamt	223	213	206	203	213	206	203
Energieverbrauch (PJ)							
Strom	11,3	11,6	15,5	18,0	11,8	15,7	18,1
Diesel (incl. Biotreibstoff)	5,7	6,4	7,9	9,0	6,4	8,1	9,0
Insgesamt	**17,0**	**18,0**	**23,4**	**26,9**	**18,2**	**23,8**	**27,2**
nachrichtlich: Biotreibstoff	0,0	0,4	1,5	2,4	0,0	0,0	0,0
Örtliche Leistungen							
Energieverbrauch (PJ)							
Strom	16,1	15,3	20,4	24,0	15,4	20,6	24,0
Diesel (incl.Biokraftstoff)	1,8	2,1	2,4	2,5	2,1	2,4	2,5
Insgesamt	**17,9**	**17,3**	**22,8**	**26,4**	**17,5**	**23,0**	**26,4**
nachrichtlich: Biotreibstoff	0,0	0,1	0,5	0,7	0,0	0,0	0,0

Quelle: DIW, Statistisches Bundesamt, DB AG, eigene Berechnungen

Energieverbrauch im Schienenverkehr insgesamt

(6) Betrachtet man alle Einsatzzwecke im Schienenverkehr zusammen, dann erhöht sich der hiermit verbundene Energieverbrauch im Betrachtungszeitraum in der Ölpreisvariante mit 32 % stärker als in der Referenz (27 %). Ausschlag gebend hierfür sind die im Vergleich zum Energiereport ausgeweiteten Verkehrsleistungen im Personennah- und –fernverkehr sowie im schienengebundenen ÖSPNV. Der Schienengüterverkehr weist dagegen kaum Unterschiede zwischen den beiden Rechnungen auf.

Tab. 4.5-14: Der Energieverbrauch im Schienenverkehr insgesamt, 2002 – 2030, in PJ

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Nach Energieträgern							
Strom	57,6	59,6	72,0	79,3	59,4	70,0	76,3
Diesel (incl.Biokraftstoff)	22,5	22,9	24,9	26,5	22,6	24,0	25,3
Kohle	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Insgesamt	**80,2**	**82,5**	**96,9**	**105,8**	**82,0**	**94,1**	**101,6**
nachrichtlich: Biotreibstoff	0,0	1,6	4,9	7,1	0,0	0,0	0,0
Veränderung in % p.a.	**1995-2002**	**2003-2010**	**2011-2020**	**2021-2030**	**2003-2010**	**2011-2020**	**2021-2030**
Strom	-0,2	0,4	1,9	1,0	0,4	1,7	0,9
Diesel (incl.Biokraftstoff)	-4,5	0,2	0,9	0,6	0,1	0,6	0,5
Insgesamt	**-1,6**	**0,4**	**1,6**	**0,9**	**0,3**	**1,4**	**0,8**
nachrichtlich: Biotreibstoff			12,0	3,8	0,0	0,0	0,0
Nach Verkehrsarten							
ÖSPNV Schiene	6,6	6,5	6,6	6,6	6,5	6,3	6,4
Personennahverkehr	27,7	29,8	32,0	33,3	29,1	29,3	29,6
Personenfernverkehr	11,0	10,9	12,1	12,5	10,6	11,6	12,1
Güterverkehr	17,0	18,0	23,4	26,9	18,2	23,8	27,2
Örtliche Leistungen	17,9	17,3	22,8	26,4	17,5	23,0	26,4
Insgesamt	**80,2**	**82,5**	**96,9**	**105,8**	**82,0**	**94,1**	**101,6**

Quelle: DIW, Statistisches Bundesamt, DB AG; eigene Berechnungen

4.5.5 Der Endenergieverbrauch in der Binnenschifffahrt

(1) Der Energieverbrauch der Binnenschifffahrt wird auf Basis der dort erbrachten **Transportleistungen** im **Güterverkehr** ermittelt, der Personenverkehr spielt kaum eine Rolle für den Energieverbrauch. Im Betrachtungszeitraum nimmt die Transportleistung der Binnenschifffahrt um knapp 49 % zu (Referenzprognose: 38 %). Die höhere Verkehrsleistung ist eine Folge ausgeweiteter Steinkohletransporte. Schiffen, die unter ausländischer Flagge fahren, wird dabei eine zunehmende Bedeutung zukommen, im Jahr 2030 könnte ihr Anteil bei rund 75 % liegen.

(2) Der spezifische Verbrauch der Binnenschiffe hat sich in den letzten Jahren verringert, wozu technische Verbesserungen, die Verjüngung der Schiffsflotte und die Verschiebung hin zu größeren Schiffen mit besserer Auslastung beigetragen haben. In der Ölpreisvariante wird analog zum Energiereport angenommen, dass der spezifische Verbrauch der Binnenschiffe zukünftig um etwa 0,5 % p.a. sinkt.

(3) Aus den Entwicklungen von Transportleistung und spezifischem Energieverbrauch ergibt sich ein Anstieg des **Endenergieverbrauchs der Binnenschifffahrt** um knapp 22 % bis zum Jahr 2030 (Referenz: 13 %).

In der Abgrenzung der Energiebilanz fällt der Anstieg mit 123 % (Referenz: 93 %) deutlich höher aus. Ursache hierfür ist die Annahme einer langfristigen Angleichung der Dieselpreise im Inland und im Ausland. Die Betankungsquote, die angibt, welcher Anteil des Verbrauchs durch den inländischen Absatz gedeckt wird, steigt deshalb im Betrachtungszeitraum von 32 % auf 55 % an (Tab. 4.5-15).

Tab. 4.5-15: Determinanten des Energieverbrauchs der Binnenschifffahrt, 2002 – 2030

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Verkehrsleistung (Mrd tkm)	64,2	74,2	86,7	95,5	71,6	82,5	88,8
Spezifischer Verbrauch (kJ/tkm)	482,5	446,7	411,0	394,2	446,7	411,0	394,2
Verbrauch (Diesel incl. Biokraftstoff, PJ)	**31,0**	**33,2**	**35,7**	**37,6**	**32,0**	**33,9**	**35,0**
nachrichtlich: Biokraftstoffe, PJ	0,0	2,1	6,4	9,1	0,0	0,0	0,0
z.Vgl.: Abgrenzung Energiebilanz DK	10,0	16,2	20,8	22,3	14,8	18,7	19,3

Quelle: DIW, Statistisches Bundesamt; eigene Berechnungen

4.5.6 Der Endenergieverbrauch im Luftverkehr

(1) Im Luftverkehr wirken sich die höheren Energiepreise in einer Verringerung der **Verkehrsleistung** gegenüber der Referenz aus. Ursache hierfür ist die insgesamt niedrigere Wirtschaftsleistung, Verlagerungen vom Luftverkehr auf andere Verkehrsträger sind wegen der höheren Preise dagegen nicht zu erwarten. Die Personenverkehrsleistung des Luftverkehrs legt in der Ölpreisvariante bis 2030 um 60 % und damit etwas langsamer zu als in der Referenz (rund 65 %), bei Luftfracht beträgt die Ausweitung 172 % gegenüber 179 % im Energiereport (Tab. 4.5-16).

(2) Bei weitgehend identischer Entwicklung des **spezifischen Verbrauchs** wie in der Referenzprognose liegt der Kerosinverbrauch in der Ölpreisvariante im Jahr 2030 um 56 % über dem Ausgangswert 2002 (Referenz 59 %).[1].

1 Bei der Bewertung des Energieverbrauchs ist zu berücksichtigen, dass die Energiebilanz das gesamte Volumen des in Deutschland getankten Flugtreibstoffes erfasst und nicht nur den Anteil, der für Flüge über dem Gebiet Deutschlands erforderlich ist.

Tab. 4.5-16: Determinanten des Energieverbrauchs im Luftverkehr 2002 – 2030

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Verkehrsleistung Personen (Mrd Pkm)	40,8	50,8	65,4	65,4	51,1	66,7	67,1
Verkehrsleistung Fracht (Mrd tkm)	0,8	1,2	1,7	2,1	1,2	1,7	2,2
Spezifischer Verbrauch (PJ/Mrd Pkm-Äquivalente[1)])	5,9	5,5	5,2	5,2	5,5	5,2	5,1
Verbrauch (Flugtreibstoff, PJ)	**287,0**	**345,7**	**430,9**	**447,8**	**348,1**	**437,5**	**455,2**

1) 1 tkm = 10 Pkm
Quelle: DIW, Statistisches Bundesamt, eigene Berechnungen

5 Umwandlungssektoren

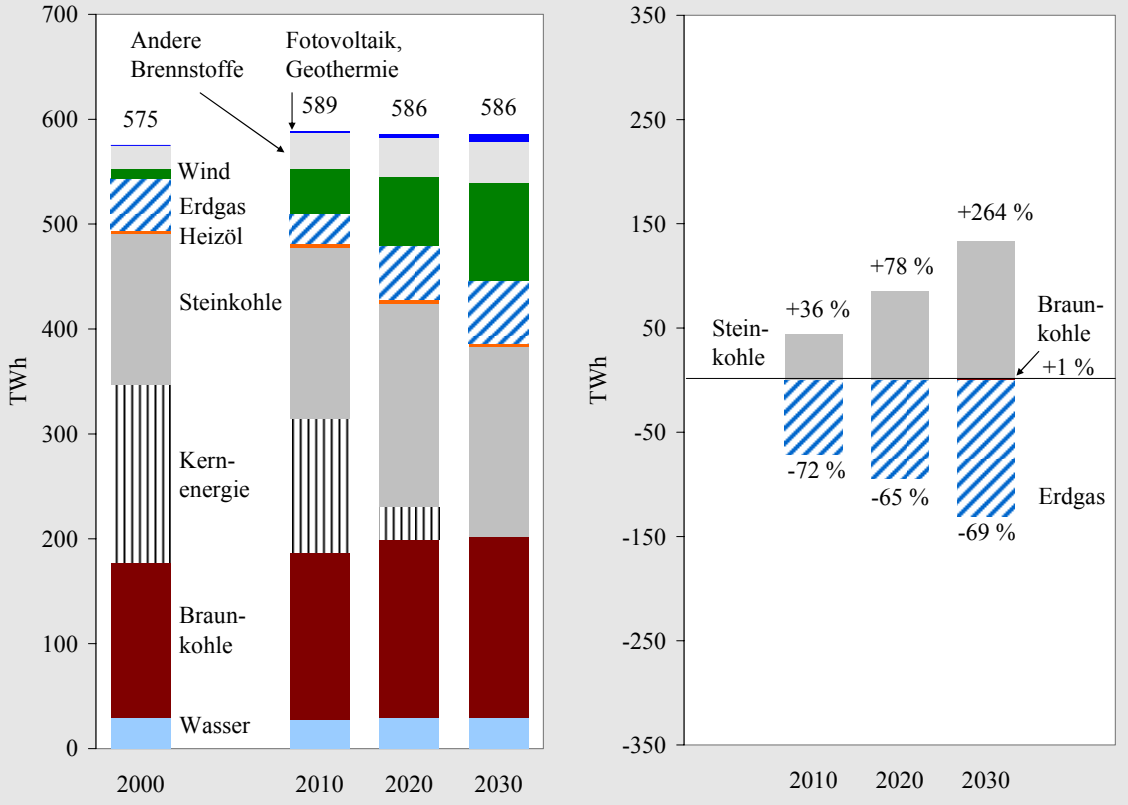
5.1 Elektrizitätserzeugung

Das Wichtigste in Kürze

- Die gegenüber der Referenzprognose deutlich höheren Öl- und Gaspreise gehen zulasten des Erdgases und zugunsten der Steinkohle in der Stromerzeugung.
- Die gemessen an der Bruttostromerzeugung in der Ölpreisvariante wichtigsten Energieträger sind im Jahr 2030 Steinkohle (31 %), Braunkohle (30 %), Windenergie (16 %) und Erdgas (10 %). Die Kernkraftwerke werden entsprechend dem Ausstiegsbeschluss stillgelegt.
- Da das Strompreisniveau bei höheren Öl- und Gaspreisen im Jahr 2030 nur um 7 % über der Referenz liegt, ist die Wirtschaftlichkeit der meisten erneuerbaren Energien in der Stromerzeugung weiterhin nicht zu erwarten. Der politisch forcierte Ausbau folgt daher dem Pfad der Referenzprognose.

Bruttostromerzeugung 2000 – 2030, TWh

Ölpreisvariante **Veränderung gegenüber Referenz**



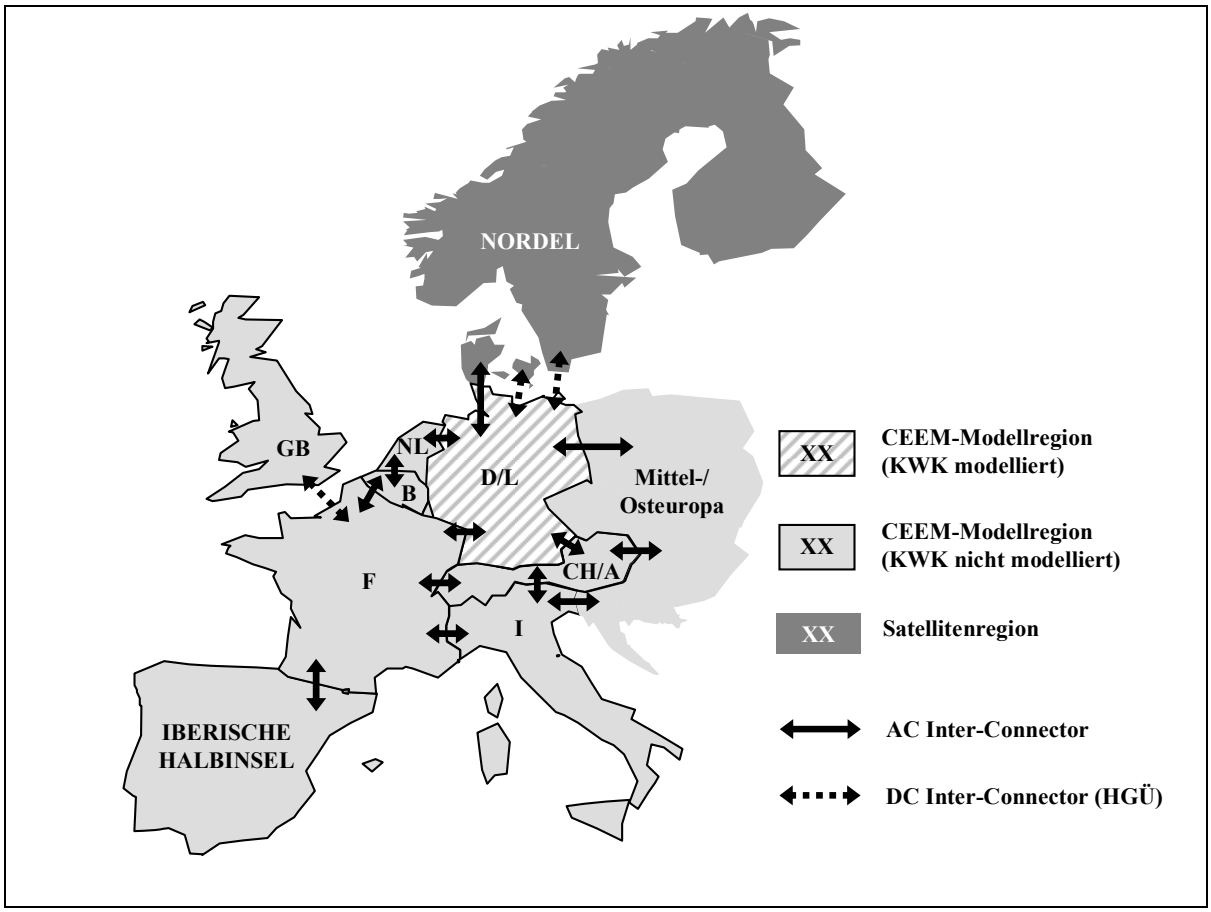
Quelle: BMWi, AG Energiebilanzen, EWI/Prognos

(1) Die elektrizitätswirtschaftliche Analyse der Ölpreisvariante folgt derselben **Methodik** wie die Referenzprognose: Die Simulationsmodelle CEEM (**C**ogeneration in **E**uropean **E**lectricity **M**arkets) und GEMS (**G**erman **E**lectricity **M**arket **S**imulation) bilden den systematischen und konsistenten Analyserahmen zur Beschreibung der Investitions- und Betriebsentscheidungen gewinnorientierter Stromerzeugungsunternehmen bei vorgegebenen energiewirtschaftlichen, energiepolitischen und technischen Rahmenbedingungen. Die Ergebnisse der Simulationsrechnungen für die Entwicklung des Wettbewerbsmarktes, ergänzt um die erwarteten Veränderungen der Stromerzeugung auf Basis regenerativer Energieträger und sonstigen Brennstoffe, ergibt das Gesamtbild des deutschen Strommarkts bis 2030. Aus methodischer Sicht ist somit der unmittelbare Vergleich von Referenzprognose und Ölpreisvariante möglich.[1]

[1] Informationen zu den Modellen CEEM und GEMS können auf der Internetseite des Energiewirtschaftlichen Instituts abgerufen werden: www.ewi.uni-koeln.de.

(2) Die Untersuchung beschränkt sich nicht auf eine isolierte Betrachtung der deutschen Elektrizitätswirtschaft, sondern erfasst auch die Wechselwirkungen mit den angrenzenden Regionen (Abb. 5.1-1). Höhere Preise für fossile Energieträger können die Wettbewerbssituation der **europäischen Elektrizitätswirtschaften** untereinander verändern. Dies spiegelt sich in veränderten grenzüberschreitenden Import- und Exportflüssen wider. Begünstigt werden Regionen mit (Änderungen von) komparativen Vorteilen in der Nutzung fossiler oder nicht-fossiler Energieträger. Beispiele hierfür sind zusätzliche Potenziale der Kraft-Wärme-Kopplung, ein eventueller Ausbau der Kernenergie oder erneuerbare Energiepotenziale. Der Nutzung solcher Optionen sind aus ökonomischen und politischen Gründen, aber auch aufgrund der bestehenden Kuppelleitungskapazitäten, Grenzen gesetzt.

Abb. 5.1-1: Regionale Auflösung des Modells CEEM



Quelle: EWI/Prognos.

(3) Ölpreisvariante und Referenzprognose unterscheiden sich hinsichtlich der elektrizitätswirtschaftlichen **Rahmenbedingungen** nur in den Brennstoffpreisen frei Kraftwerk. Der Ausbau erneuerbarer Energien unter dem EEG bleibt gegenüber der Referenz unverändert, da zusätzliche Anreize infolge (moderat) höherer Strompreise vernachlässigbar sind. Die Annahmen der Referenzprognose zur Entwicklung des Preises für CO_2-Emissionsrechte werden beibehalten. Zwar begünstigt der höhere Erdgaspreis in der Ölpreisvariante Kohle gegenüber Gas, wodurch CO_2-Vermeidungskosten und Zertifikatsnachfrage der Elektrizitätswirtschaft steigen. Andererseits weisen die anderen Sektoren in der Ölpreisvariante geringere Emissionen auf, was geringere Minderungsanforderungen für die Elektrizitätswirtschaft bedeutet. Für das Beibehalten langfristig moderater CO_2-Preise gemäß Referenzprognose (15 €/tCO_2 im Jahr 2030) spricht darüber hinaus, dass die „Schärfe" der Klimapolitik und damit die CO_2-Preise letztlich durch die Zahlungsbereitschaft für Klimaschutz derjenigen emissionsintensiven Länder (z.B. USA, China) begrenzt ist, ohne deren Integration in ein

Klimaregime die Klimapolitik wirkungslos ist. Eine Entlastung der CO_2-Preise kann z.B. durch die Nutzung flexibler Mechanismen – Zertifikatehandel auf Länderebene, Joint Implementation, Clean Development Mechanism – erreicht werden.

(4) Tab. 5.1-1 fasst die **Brennstoffpreise frei Kraftwerk** zusammen. Die Preise für Steinkohle, Erdgas und Heizöl sind wie in der Referenzprognose aus den jeweiligen Importpreisen (siehe Tab. 5.1-1) unter Berücksichtigung der Verarbeitungs- und Transportkosten abgeleitet. Die Preise für Erdgas und Heizöl (inklusive CO_2-Aufschlag) liegen im Jahr 2030 für Erdgas um 19 % und für Steinkohle um 6 % höher als in der Referenz. Für Heizöl sind es 7 % (Heizöl, schwer) bzw. 45 % (Heizöl, leicht). Der relative Preisanstieg fällt infolge der unveränderten CO_2-Preisaufschläge und der nahezu gleich bleibenden Verarbeitungs- und Transportkosten geringer aus als für die Grenzübergangspreise. Der Braunkohlepreis frei Kraftwerk entspricht weiter dem Rohkohlepreis und ist somit identisch mit dem Preisniveau der Referenzprognose.

Tab. 5.1-1: Brennstoffpreise frei Kraftwerk in Deutschland, 2000 – 2030, in EUR(2000)/GJ

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2000	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
ohne CO_2-Aufschlag							
Steinkohle	1,59	1,97	1,95	2,07	1,72	1,82	1,86
Braunkohle	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Erdgas	3,52	4,97	4,68	5,48	3,61	4,05	4,45
Heizöl, schwer	4,60	5,58	5,21	5,94	4,31	4,89	5,47
Heizöl, leicht	8,94	12,66	12,40	15,17	8,10	9,09	10,11
mit CO_2-Aufschlag							
Steinkohle	1,59	2,43	2,87	3,45	2,18	2,74	3,24
Braunkohle	0,83	1,39	1,95	2,50	1,39	1,95	2,50
Erdgas	3,52	5,25	5,24	6,32	3,89	4,61	5,29
Heizöl, schwer	4,60	5,95	5,95	7,05	4,68	5,63	6,58
Heizöl, leicht	8,94	13,03	13,14	16,28	8,47	9,83	11,22

Quelle: EWI/Prognos.

5.1.1 Entwicklung von Kraftwerkskapazitäten und Stromerzeugung

5.1.1.1 Bruttostromverbrauch und -erzeugung

(1) Der Bruttostromverbrauch umfasst

- den Endenergieverbrauch Strom der Letztverbraucher (Private Haushalte, GHD, Industrie und Verkehr),
- den Verbrauch im Umwandlungsbereich (Eigenverbrauch der Kraftwerke und Stromverbrauch in den sonstigen Umwandlungsbereichen),
- den Pumpstromverbrauch sowie
- die Leitungsverluste im deutschen Stromnetz.

Nach Berücksichtigung des Importsaldos ergibt sich die Bruttostromerzeugung (Tab. 5.1-2).[1]

Tab. 5.1-2: Bruttostromverbrauch und –erzeugung 2000-2030, in TWh

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2000	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Endenergieverbrauch Strom	494,2	505,5	508,3	502,1	515,2	521,1	515,3
Private Haushalte	130,6	145,2	147,1	142,7	145,0	146,6	142,1
Gewerbe, Handel, Dienstleist.	140,0	129,7	125,2	116,7	133,1	129,6	121,0
Industrie	207,8	214,1	215,9	220,5	220,6	225,5	230,9
Verkehr	15,8	16,6	20,0	22,1	16,4	19,4	21,2
Verbrauch im Umwandlungsbereich	54,2	49,5	44,9	40,6	49,7	43,4	38,1
Kraftwerke (Eigenverbrauch)	38,0	35,0	31,8	28,5	35,2	30,4	25,9
übrige	16,2	14,5	13,1	12,1	14,5	13,1	12,1
Leitungsverluste	23,5	21,5	21,4	20,9	21,9	21,9	21,5
Pumpstromverbrauch	6,0	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
Bruttostromverbrauch	578,1	583,1	581,1	570,2	593,3	593,0	581,3
Importsaldo	3,0	-5,7	-4,9	-16,1	-23,3	-1,4	-2,7
Bruttostromerzeugung	575,1	588,8	586,0	586,2	616,7	594,4	584,0

Quelle: BMWi, AG Energiebilanzen, EWI/Prognos.

(2) **Endenergieverbrauch Strom:** Der Endenergieverbrauch Strom (siehe im Einzelnen Kap. 4) steigt bis 2020 noch etwas an (+ 3 % gegenüber 2000) und geht danach leicht zurück. Der Verbrauch ist im Jahr 2030 knapp 2 % höher als in 2000. Das Niveau des

[1] Wir verwenden die Abgrenzungen der Energiebilanz, soweit nicht ausdrücklich auf andere Abgrenzungen hingewiesen wird.

Endenergieverbrauchs liegt während des gesamten Betrachtungszeitraums geringfügig unter dem der Referenzprognose.

(3) **Eigenverbrauch der Kraftwerke:** Der Eigenverbrauch der Kraftwerke ist rückläufig. Nach 2010 liegt er jedoch über dem Niveau der Referenzprognose. Ein Grund ist der höhere Anteil von Kohlekraftwerken, die einen spezifisch etwas höheren Eigenverbrauch aufweisen als Gaskraftwerke.

(4) **Stromverbrauch in den übrigen Umwandlungssektoren:**

Bei den **Gruben, Zechen und Brikettfabriken** steht die Stromverbrauchsentwicklung in engem Zusammenhang mit der heimischen Förderung von Steinkohle und Braunkohle und mit der Nachfrage nach Stein- und Braunkohlebriketts. Hier ist unterstellt, dass sich die Förderung deutscher Steinkohle bis 2030 um rund zwei Drittel verringert. Die Förderung von Braunkohle wird sich langfristig auf einem Niveau von rund 160 Mio t stabilisieren. Der spezifische Stromverbrauch bei der Förderung heimischer Braunkohle und Steinkohle wird vergleichsweise stabil bleiben. Die insgesamt für die Kohleförderung und -verarbeitung zu Briketts benötigte Strommenge wird bei Braunkohle nur leicht, bei Steinkohle dagegen deutlich sinken. Insgesamt wird der Rückgang bis 2030 bei rund einem Viertel liegen.

Der Stromverbrauch der **Raffinerien** wird im Betrachtungszeitraum trendmäßig zurückgehen (2002/2030: -24 %). Dies ist zum einen auf eine weitere Verringerung der spezifischen Verbräuche, bezogen auf den Umwandlungsausstoß, zurückzuführen, zum anderen auf die nach 2005 abnehmende Produktion der Raffinerien. Parallel zum rückläufigen Stromverbrauch für die Herstellung von Mineralölprodukten nimmt der Stromverbrauch für die Erzeugung von Biokraftstoffen deutlich zu. Im Jahr 2030 sind hierfür rund 0,4 TWh eingestellt.

Die **„übrigen Umwandlungssektoren“** beinhalten die Kokereien, die Erdöl- und Erdgasgewinnung und die sonstigen Energieerzeuger. Wegen zunehmender Erschöpfung der heimischen Vorräte rechnen wir bis 2030 mit einem Rückgang der Förderung bei Erdöl auf etwa ein Sechstel des derzeitigen Niveaus und bei Erdgas mit einer Reduktion um gut 20 % gegenüber heute. Wegen steigender spezifischer Verbräuche wird der Strombedarf für die Förderung jedoch nur wenig niedriger sein als heute. Der Stromverbrauch der Kokereien und der sonstigen Energieerzeuger wird vor allem wegen des sinkenden Kokereiausstoßes bis 2030 um rund ein Viertel abnehmen.

(5) **Leitungsverluste im Strombereich:** Die Leitungsverluste nehmen etwas stärker ab als in der Referenzprognose, da der Stromverbrauch unter dem der Referenz liegt.

(6) **Pumpstromverbrauch:** Der Einsatz der Pumpspeicher und damit der Pumpstromverbrauch werden im Wesentlichen durch die Laststruktur und kurzfristig variierende Verfügbarkeit der übrigen Erzeugungsanlagen, z.B. durch Kraftwerksausfälle, bestimmt. Somit ergibt sich keine signifikante Abweichung von der Referenzprognose.

(7) **Bruttostromverbrauch:** Der Bruttostromverbrauch steigt bis 2010 noch etwas an (+ 1 %) und fällt danach leicht ab. Im Jahr 2030 liegt er um 1 % unter dem Niveau des Jahres 2000. Im gesamten Betrachtungszeitraum liegt sein Niveau unterhalb der Referenzprognose.

(8) **Außenhandelssaldo:** Die deutsche Elektrizitätswirtschaft weist auch in der Ölpreisvariante Exportüberschüsse auf. Im Jahr 2010 ist der Überschuss geringer als in der Referenzprognose. Ab 2015 liegt er durch Nutzung günstiger Braunkohle, verstärktem Ersatz von Altanlagen und Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung etwas über der Referenz.

(9) **Bruttostromerzeugung:** Die Bruttostromerzeugung verharrt in etwa auf einem Niveau von knapp 590 TWh. Einem steigenden Exportüberschuss steht ein nahezu gleich großer Rückgang des inländischen Stromverbrauchs gegenüber.

5.1.1.2 Leistung, Stromerzeugung und Auslastung nach Einsatzenergieträgern

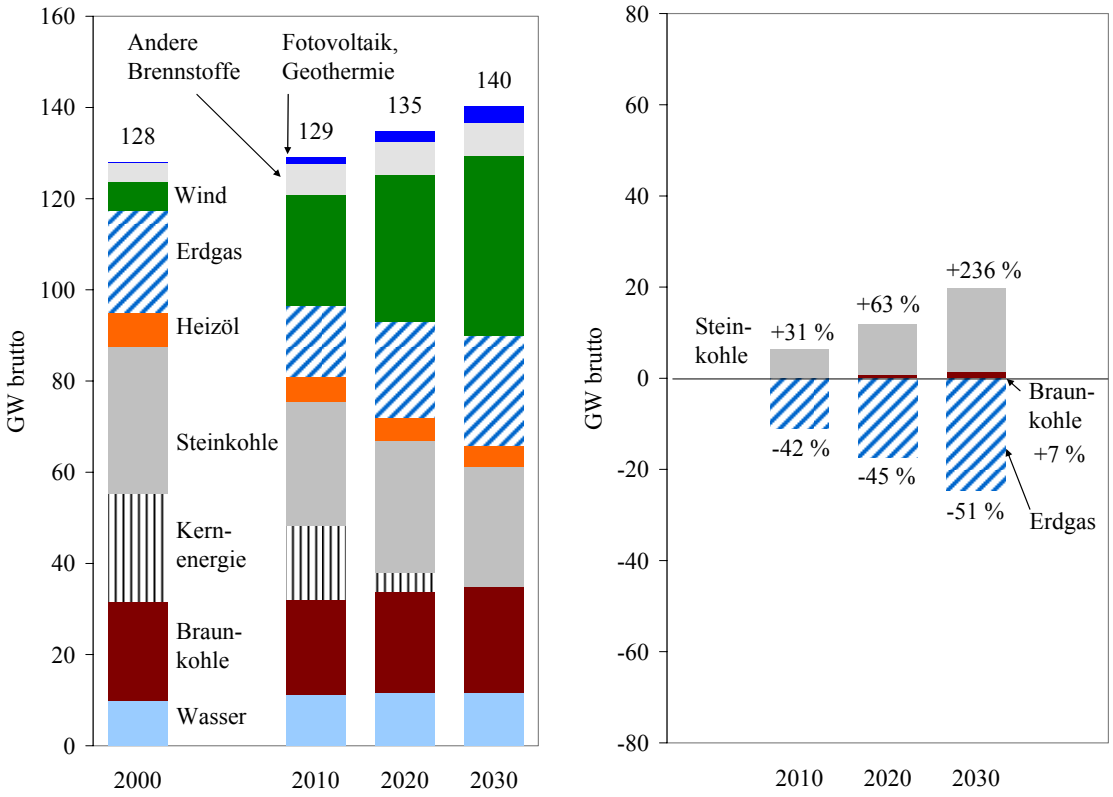
Leistung nach Einsatzenergieträgern

(1) Die **Bruttoleistung des Kraftwerksparks** wächst bis 2030 kontinuierlich, wenn auch geringfügig (Zuwachs um 10 % gegenüber 2000), obwohl die Bruttostromerzeugung 2010 ihr Maximum erreicht und danach leicht rückläufig ist (Abb. 5.1-2 links und Tab. 5.1–3). Dies ist identisch mit dem Ergebnis der Referenzprognose, wenngleich die installierte Kapazität in der Ölpreisvariante etwas niedriger liegt – infolge einer höheren durchschnittlichen Anlagenauslastung (s.u.).

(2) Unverändert gegenüber der Referenzprognose ist die installierte Leistung der erneuerbaren Energien und der Kernkraftwerke. Gründe hierfür sind die nur geringfügig höheren Strompreise, von denen kaum Anreize zum stärkeren Ausbau der erneuerbaren Energien unter dem EEG ausgehen, sowie der beschlossene Kernenergieausstieg.

(3) Deutliche Veränderungen zeigen sich bei Kohle- und Gas-GuD-Kraftwerken Die Leistung der Braunkohlenkraftwerke liegt 2030 um 7 % höher als in der Referenz, die der Steinkohlenkraftwerke liegt dreimal höher. Dies geht hauptsächlich zulasten des Gases. Bis 2010 übersteigt die Stilllegung älterer Gas-GuD-Kraftwerke deren Neubau. Nach 2020 steigt die Kapazität wieder über das Niveau des Jahres 2000. Gasturbinen werden überwiegend zur Bereitstellung von Regelenergie benötigt. Insgesamt bleibt die installierte Kapazität der Gaskraftwerke bis 2030 um gut 50 % hinter der Referenzprognose zurück (Tab. 5.1-3).

Abb. 5.1-2: Bruttoleistung des Kraftwerksparks nach Einsatzenergien 2000 – 2030, in GW, Ölpreisvariante (links), Veränderung gegenüber Referenz (rechts)



Quelle: BMWi, AG Energiebilanzen, EWI/Prognos.

Tab. 5.1-3: Bruttoleistung, Bruttostromerzeugung und Jahresvolllaststunden 2000-2030 nach Einsatzenergieträgern, in GW, TWh, h/a

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2000[3)]	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Bruttoleistung, in GW							
Wasser insgesamt	9,9	11,2	11,6	11,6	11,2	11,6	11,6
Laufwasser, Speicherwasser[2)]	5,2	5,6	5,9	5,9	5,6	5,9	5,9
Pumpspeicher	4,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
Kernkraft[1)]	23,6	16,3	4,0	0,0	16,3	4,0	0,0
Steinkohle	32,3	27,0	29,0	26,2	20,6	17,8	7,8
Braunkohle	21,8	20,9	22,4	23,4	20,9	21,6	21,9
Erdgas	22,4	15,5	21,1	24,2	26,6	38,5	48,9
Heizöl	7,5	5,6	5,0	4,6	5,6	5,0	4,6
Andere Brennstoffe[4)]	4,3	6,8	7,1	7,3	6,8	7,1	7,3
Windenergie	6,2	24,4	32,2	39,4	24,4	32,2	39,4
Fotovoltaik, Geothermie	0,1	1,5	2,4	3,6	1,5	2,4	3,6
Insgesamt	128,1	129,1	134,7	140,3	133,9	140,3	145,1
Bruttostromerzeugung, in TWh							
Wasser insgesamt	29,4	27,4	29,2	29,2	27,4	29,2	29,2
Laufwasser, Speicherwasser[2)]	25,5	22,6	24,4	24,4	22,6	24,4	24,4
Pumpspeicher	3,9	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Kernkraft[1)]	169,6	127,4	31,2	0,0	127,4	31,2	0,0
Steinkohle	143,1	163,5	193,8	180,5	120,1	108,9	49,6
Braunkohle	148,3	159,4	169,7	173,3	159,3	168,9	170,9
Erdgas	49,2	28,1	51,1	60,0	99,5	145,2	190,9
Heizöl	3,6	4,3	4,2	3,7	4,3	4,2	3,7
Andere Brennstoffe[4)]	22,3	34,3	37,8	39,6	34,3	37,8	39,6
Windenergie	9,5	43,0	65,8	92,5	43,0	65,8	92,5
Fotovoltaik, Geothermie	0,1	1,5	3,2	7,6	1,5	3,2	7,6
Nachrichtl.: erneuerbare Energien[5)]	*40,1*	*81,6*	*109,9*	*142,3*	*81,6*	*109,9*	*142,3*
Insgesamt	575,1	588,8	586,0	586,2	616,7	594,4	584,0
Jahresvolllaststunden, in h/a							
Wasser insgesamt	2979	2440	2524	2525	2440	2524	2525
Laufwasser, Speicherwasser[2)]	4898	4050	4122	4124	4050	4122	4124
Pumpspeicher	836	855	856	856	855	856	856
Kernkraft[1)]	7186	7796	7802	-	7796	7802	-
Steinkohle	4430	6064	6676	6881	5818	6106	6362
Braunkohle	6803	7637	7581	7404	7632	7813	7790
Erdgas	2196	1808	2426	2476	3737	3769	3900
Heizöl	480	775	828	797	775	828	797
Andere Brennstoffe[4)]	5186	5085	5295	5433	5083	5297	5437
Windenergie	1539	1757	2044	2348	1757	2044	2348
Fotovoltaik, Geothermie	721	996	1373	2109	996	1373	2109
Insgesamt	4490	4559	4349	4178	4605	4238	4024

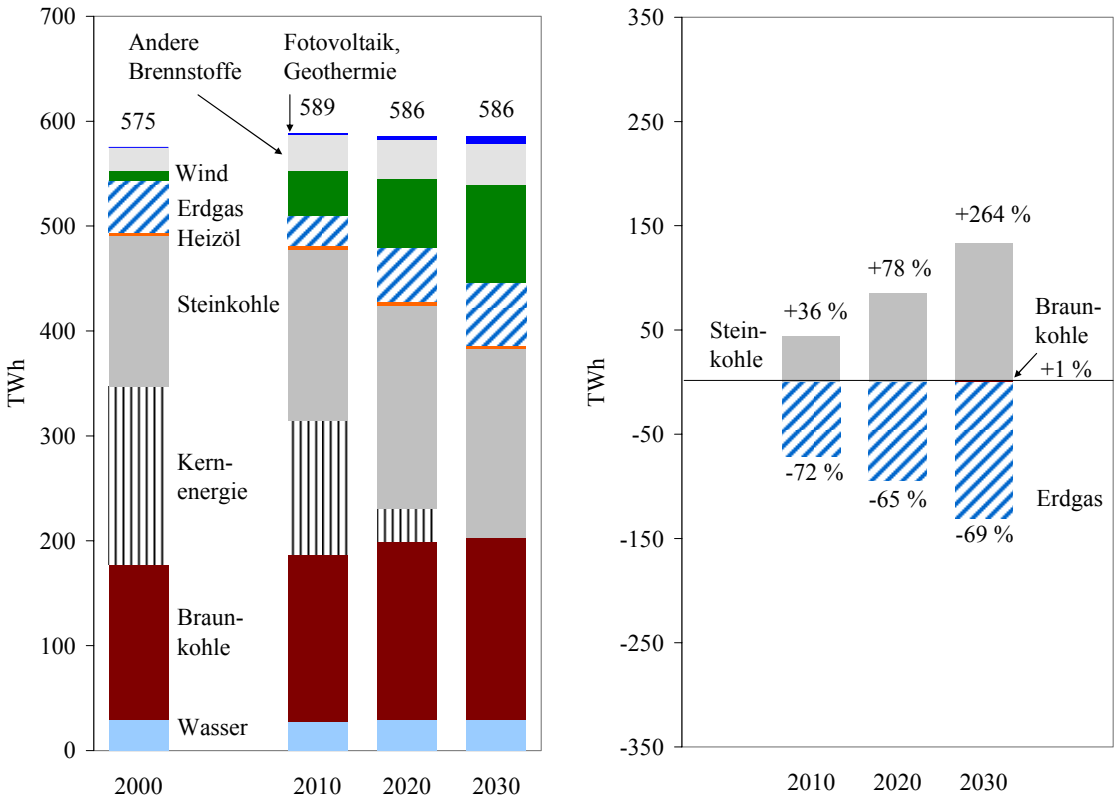
1) 2000 mit, ab 2010 ohne Mülheim-Kärlich (1302 MW)
2) inkl. Anlagen < 1 MW
3) Werte für 2000 teilweise geschätzt
4) Andere gasförmige und feste Brennstoffe (einschl. Biomasse) sowie sonstige Mineralölprodukte
5) Wasser, Wind, Biomasse, Bio-, Klär-, Deponiegas, Fotovoltaik, Geothermie, 50 % Siedlungsabfälle
Quelle: BMWi, AG Energiebilanzen, EWI/Prognos.

Stromerzeugung nach Einsatzenergieträgern

(4) Die Stromerzeugung der fossilen Energieträger, außer Heizöl, sowie erneuerbarer Energien nimmt im Betrachtungszeitraum absolut zu (Abb. 5.1-3 links). Im Vergleich zur Referenzprognose gewinnt insbesondere die Steinkohle zulasten des Gases (Abb. 5.1-3 rechts). Im Jahr 2030 werden 181 TWh Strom aus Steinkohle erzeugt, zweieinhalb Mal mehr als in der Referenz. Aus Erdgas werden 60 TWh Strom erzeugt. Dies ist mehr als im Jahr 2000, jedoch nur ein Drittel der Menge in der Referenzprognose für das Jahr 2030.

(5) 2030 sind die wichtigsten Energieträger der deutschen Elektrizitätserzeugung damit Steinkohle und Braunkohle, gefolgt von Windenergie und Erdgas. Dieser Bedeutungsgewinn der Kohlen gegenüber der Referenzprognose geht mit höheren CO_2-Emissionen im Umwandlungsbereich einher (vgl. Kap. 6.2).

Abb. 5.1-3: Bruttostromerzeugung nach Einsatzenergien 2000 – 2030, in TWh, Ölpreisvariante (links), Veränderung gegenüber Referenz (rechts)



Quelle: EWI/Prognos.

Auslastung nach Einsatzenergieträgern

(6) Ähnlich wie in der Referenzprognose steigt zunächst die durchschnittliche Auslastung der gesamten installierten Kraftwerksleistung, gemessen in Volllaststunden, leicht an von 4.490 h/a im Jahr 2000 auf 4.559 h/a im Jahr 2010, sinkt dann kontinuierlich ab und liegt 2030 mit 4.178 h/a um 7 % niedriger als im Jahr 2000 (Tab. 5.1-3). Ursache ist die zunehmende Einspeisung von Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, insbesondere aus Windenergie.

5.1.1.3 Stromerzeugung, Energieträgereinsatz und Brennstoffausnutzungsgrad nach Einsatzenergien

(1) Da die Gaspreise in der Ölpreisvariante deutlich höher liegen als in der Referenz, die Kohlepreise jedoch nur wenig höher liegen, ergibt sich infolge der Brennstoffsubstitution von Gas zu Kohle in Verbindung mit den niedrigeren Wirkungsgraden der Kohlekraftwerke ein verringerter durchschnittlicher Brennstoffausnutzungsgrad des Kraftwerksparks.

(2) Höhere Energiepreise begünstigen eine effizientere Nutzung der jeweils eingesetzten Energieträger. Tab. 5.1-4 zeigt, dass im Jahr 2030 die durchschnittlichen Brennstoffausnutzungsgrade der Steinkohlen- und Braunkohlenkraftwerke um 1,4 bzw. 0,7 Prozentpunkte über den Ausnutzungsgraden der Referenzprognose liegen. Das spiegelt wider, dass die höheren Energiepreise marktgetrieben zu einem früheren Ersatz alter Anlagen durch neue Kraftwerke führen. Da in der Ölpreisvariante deutlich weniger neue erdgasbefeuerte Kraftwerke zugebaut werden, liegt der Brennstoffausnutzungsgrad für Erdgas unter dem der Referenzprognose.

(3) Der gesamte Primärenergieträgereinsatz ist, wie in der Referenzprognose, bis 2030 rückläufig. Wegen des höheren Kohleeinsatzes ist der Rückgang allerdings nicht ganz so stark ausgeprägt wie in der Referenzprognose. Außerdem ist zu beachten, dass sich ein Teil des Energieeinsatzes nach primärenergetischer Bewertung der Energiebilanz ergibt, so dass hieraus nur bedingt Rückschlüsse auf tatsächliche Umwandlungswirkungsgrade möglich sind. Dies gilt vor allem für Kernenergie und erneuerbare Energien.[1]

[1] Vgl. hierzu EWI (2005), S. 313 sowie die zugehörige Tab. 9.1-7.

Tab. 5.1-4: Bruttostromerzeugung, Energieträgereinsatz und Jahresnutzungsgrad 2000-2030 in TWh, PJ und Prozent

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2000[3)]	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Bruttostromerzeugung nach Brennstoffeinsatz, in TWh							
Wasser insgesamt	29,4	27,4	29,2	29,2	27,4	29,2	29,2
Laufwasser, Speicherwasser[2)]	25,5	22,6	24,4	24,4	22,6	24,4	24,4
Pumpspeicher	3,9	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Kernkraft	169,6	127,4	31,2	0,0	127,4	31,2	0,0
Steinkohle	143,1	163,5	193,8	180,5	120,1	108,9	49,6
Braunkohle	148,3	159,4	169,7	173,3	159,3	168,9	170,9
Erdgas	49,2	28,1	51,1	60,0	99,5	145,2	190,9
Heizöl	3,6	4,3	4,2	3,7	4,3	4,2	3,7
Andere Brennstoffe[1)]	22,3	34,3	37,8	39,6	34,3	37,8	39,6
Windenergie	9,5	43,0	65,8	92,5	43,0	65,8	92,5
Fotovoltaik, Geothermie	0,1	1,5	3,2	7,6	1,5	3,2	7,6
Insgesamt	575,1	588,8	586,0	586,2	616,7	594,4	584,0
Brennstoffeinsatz bzw. primärenergetische Bewertung nach Energiebilanz, in PJ							
Wasser insgesamt	112,1	104,9	111,3	111,4	104,9	111,3	111,4
Laufwasser, Speicherwasser[2)]	91,8	81,3	87,8	87,8	81,3	87,8	87,8
Pumpspeicher	20,3	23,6	23,6	23,6	23,6	23,6	23,6
Kernkraft	1848,8	1389,6	340,3	0,0	1389,6	340,3	0,0
Steinkohle	1268,7	1404,9	1574,4	1316,0	1042,3	906,5	372,0
Braunkohle	1424,0	1429,0	1427,6	1415,5	1429,2	1428,9	1416,0
Erdgas	357,5	187,9	322,2	374,3	724,6	918,9	1142,5
Heizöl	38,1	36,9	33,8	25,7	36,9	33,8	28,3
Andere Brennstoffe[1)]	219,0	304,3	305,2	297,9	304,3	305,2	297,9
Windenergie	34,2	154,6	236,7	332,9	154,6	236,7	332,9
Fotovoltaik, Geothermie	0,4	12,5	52,7	187,7	12,5	52,7	187,7
Insgesamt	5302,8	5024,6	4404,3	4061,3	5198,9	4334,5	3888,7
Durchschnittlicher Brennstoffausnutzungsgrad, in %							
Wasser insgesamt	94,4	94,1	94,5	94,5	94,1	94,5	94,5
Laufwasser, Speicherwasser[2)]	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Pumpspeicher	69,2	73,9	74,0	74,0	73,9	74,0	74,0
Kernkraft	33,0	33,0	33,0	-	33,0	33,0	-
Steinkohle	40,6	41,9	44,3	49,4	41,5	43,3	48,0
Braunkohle	37,5	40,1	42,8	44,1	40,1	42,6	43,4
Erdgas	49,5	53,8	57,1	57,7	49,4	56,9	60,2
Heizöl	34,0	42,1	44,3	51,5	42,1	44,3	46,7
Andere Brennstoffe[1)]	36,7	40,6	44,6	47,8	40,6	44,6	47,9
Windenergie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Fotovoltaik, Geothermie	100,0	41,9	22,1	14,6	41,9	22,1	14,6
Insgesamt[4)]	39,0	42,2	47,9	52,0	42,7	49,4	54,1

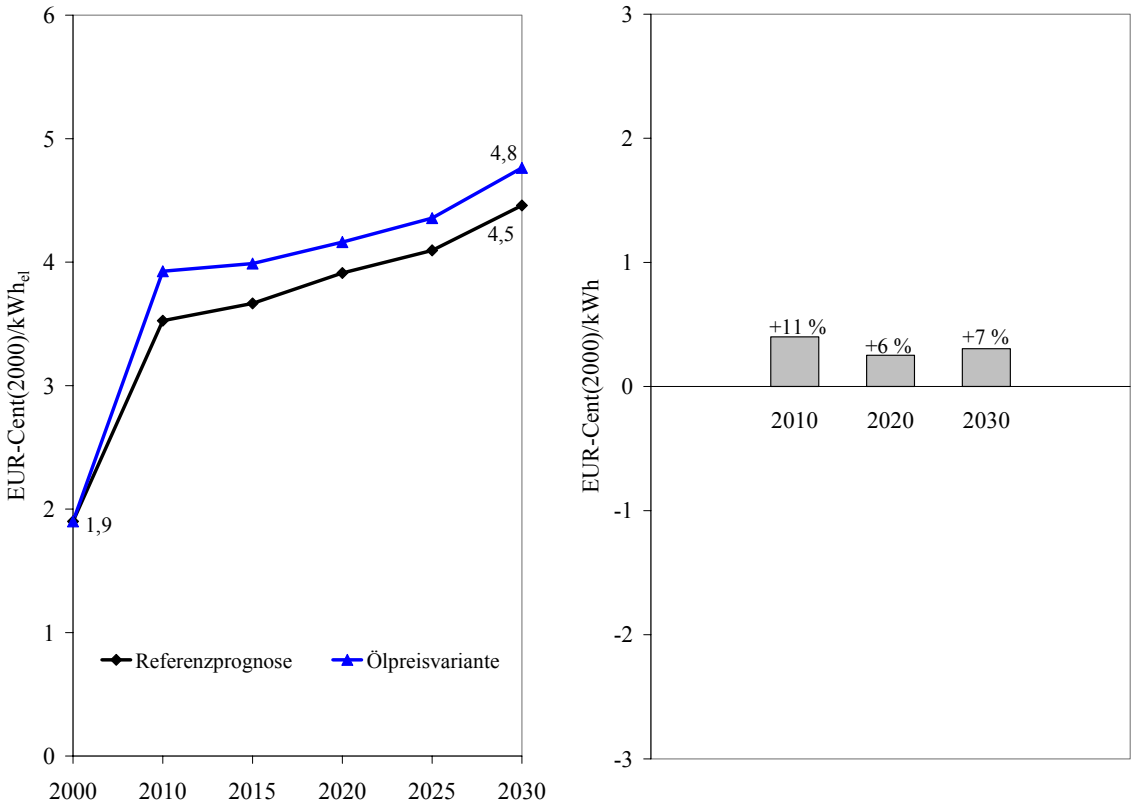
1) Andere gasförmige und feste Brennstoffe (einschl. Biomasse) sowie sonstige Mineralölprodukte
2) inkl. Anlagen < 1 MW
3) Werte für 2000 teilweise geschätzt
4) ohne Wasser, Kernenergie, Wind, Fotovoltaik und Geothermie
Quelle: BMWi, AG Energiebilanzen, EWI/Prognos.

5.1.2 Entwicklung der Strompreise

5.1.2.1 Prognose der von Kraftwerken auf der Höchstspannungsebene erzielbaren Absatzpreise

(1) Die Strompreisprognose folgt methodisch der Referenzprognose. Auf wettbewerblichen Strommärkten bilden sich Strompreise in Höhe der Systemgrenzkosten (SMC). Die SMC sind lastabhängig und reflektieren die zusätzlichen Kosten, die im System durch Erhöhung der Nachfrage um eine Einheit in der jeweiligen Periode entstehen. Dies schließt auch Kosten erforderlicher Kapazitätserhöhungen ein.

Abb. 5.1-4: Entwicklung der Großhandelspreise für Strom (Base), EUR-Cent(2000)/kWh, Ölpreisvariante (links), Veränderung gegenüber Referenz (rechts)



Quelle: Leipzig Power Exchange, EWI/Prognos.

(2) Ausgehend vom historischen Base-Preis der Leipziger Börse im Jahr 2000 steigt der **Großhandelspreis** für eine Bandlieferung Strom (Base) in der Ölpreisvariante und der Referenz bis 2010 deutlich an (Abb. 5.1-4). Dieser Anstieg spiegelt den Übergang von einem Regime mit kurzfristigen Grenzkosten zu einem Vollkosten deckenden Preisregime wider. Der Wettbewerb hatte zunächst Überkapazitäten aufgedeckt. Der Preiswettbewerb hat zu

einer Marktbereinigung mit Abbau der Überkapazitäten geführt. Im Jahr 2010 haben die Preise wieder ein Vollkosten deckendes Niveau erreicht, was den Bedarf von Ersatzinvestitionen im Kraftwerkspark widerspiegelt.

Die Strompreise für 2010 liegen in der Ölpreisvariante und der Referenz deutlich unter dem aktuellen Preis des Future-Kontrakts für das Kalenderjahr 2007 von gut 57 €/MWh[1]. Der Grund sind momentan vergleichsweise hohe Brennstoff- und CO_2-Preise, für die wir ein deutliches Absinken erwarten. Bis 2015 bleibt der Strompreis nahezu stabil bei knapp 4 €-Cent(2000)/kWh. Erst später steigt er weiter und erreicht 2030 einen Wert von 4,8 €-Cent(2000)/kWh.

(3) Höhere Brennstoffpreise schlagen sich in höheren Strompreisen nieder. Im gesamten Betrachtungszeitraum liegen die Strompreise der Ölpreisvariante über denen der Referenzprognose. Am größten ist die Abweichung 2010 mit +11 %, 2030 sind es +7 % (Abb. 5.1-4 rechts).

[1] EEX-Preisnotierungen im März 2006 (www.eex.de), entspricht rund 52 €(2000)/MWh

5.2 Andere Umwandlungssektoren

5.2.1 Fernwärme

(1) Die Entwicklung des Endenergieverbrauchs an Fernwärme wurde im Kapitel 4 im Einzelnen dargestellt. Zusammen mit dem Verbrauch im Umwandlungsbereich und den Leitungsverlusten ergibt sich daraus der Gesamtverbrauch an Fernwärme (Tab. 5.2-1).

(2) Der **Endenergieverbrauch** von Fernwärme geht im Betrachtungszeitraum um 21 % zurück, das sind 0,8 % p.a. Die zusätzlichen Energieeinsparungen sind in der Ölpreisvariante etwas größer als der gegenläufige Effekt eines steigenden Anteils der Fernwärme an der gesamten Wärmeversorgung. Damit liegt der Endenergieverbrauch 2030 leicht unter dem Niveau der Referenzprognose.

Tab. 5.2-1: Entwicklung der Fernwärmewirtschaft 2000-2030, in PJ (in der Abgrenzung der Energiebilanz)

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2000[1)]	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Endenergieverbrauch Fernwärme	328,0	314,9	293,3	257,8	319,3	296,0	262,5
Verbrauch im Umwandlungsbereich	7,0	4,7	3,4	2,7	4,7	3,4	2,7
Leitungsverluste	47,1	44,0	39,8	34,0	44,9	40,4	34,8
Gesamtverbrauch	382,2	363,6	336,6	294,5	368,8	339,9	299,9
Relation Einsatz/Verbrauch	0,9	0,9	0,9	1,0	0,8	0,9	0,9
Umwandlungseinsatz insgesamt	354,8	327,8	294,9	283,3	304,7	302,6	276,9
Verteilung des Umwandlungseinsatzes nach Energieträgern							
Steinkohle	95,8	60,5	50,4	50,3	19,5	13,6	2,9
Braunkohle	31,7	0,5	0,3	7,3	0,5	0,3	3,4
Heizöl leicht	13,6	13,0	2,2	0,0	13,3	2,3	0,0
Heizöl schwer	0,7	0,4	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0
Erdgas	174,6	143,9	117,1	85,8	161,3	161,4	130,8
Sonstiges	38,5	109,6	124,9	139,9	109,6	124,9	139,9
Nachrichtl.: erneuerbare Energien[2)]	*15,9*	*37,6*	*46,0*	*56,9*	*37,6*	*46,0*	*56,9*

1) Werte für 2000 teilweise geschätzt
2) Biomasse, Biogas, Klärgas, Geothermie, 50 % Siedlungsabfälle
Quelle: BMWi, AGFW, AG Energiebilanzen, EWI/Prognos.

(3) Im Bereich der öffentlichen Fern- und Nahwärmeversorgung findet die Wärmeerzeugung im Wesentlichen in Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung statt. Wie bei allen Kuppelproduktionsprozessen ergibt sich hier das Problem der Brennstoffzuordnung auf die beiden Produkte Strom und Wärme. Je nach verwendetem Verfahren wird als jeweiliges

Extremum der Vorteil der gekoppelten Erzeugung entweder der Strom- oder der Wärmeerzeugung zugeschlagen. Im Rahmen dieser Studie wird die Methodik der Referenzprognose übernommen: Der Brennstoffeinsatz der fossilen KWK-Prozesse wird der gekoppelten Stromerzeugung in der Höhe zugeordnet, die sich aus dem durchschnittlichen Wirkungsgrad der fossilen Kraftwerke dieses Energieträgers (reine Stromerzeugungsanlagen) als Bewertungsmaßstab ergibt. Der Rest des gesamten Brennstoffeinsatzes im KWK-Prozess wird dann der Wärmeerzeugung (Fern- oder Nahwärme) zugewiesen. Der Brennstoffeinsatz von Müll und sonstiger Biomasse zur Stromerzeugung wird nach der Substitutionsmethode ermittelt, für den Brennstoffeinsatz zur Wärmeerzeugung wird ein Wirkungsgrad von 70 % angenommen. Für die Stromerzeugung aus Geothermie wird ein Wirkungsgrad von 10 % angesetzt.

(4) Auf der Basis dieser Verbuchung, die den Vorteil der gekoppelten Erzeugung der Wärme zuschreibt, ist der resultierende Brennstoffeinsatz zur Wärmeerzeugung oft kleiner als die Wärmeerzeugung („Wirkungsgrad“ größer 1). Weiterhin kann es im Zeitablauf, wenn der elektrische Wirkungsgrad der fossilen Vergleichskraftwerke gegenüber der KWK-Stromerzeugung überproportional ansteigt, zu Veränderungen im Brennstoffeinsatz für die Fernwärme kommen. Dies muss aus dem genannten methodischen Grund der Datenabgrenzung nicht mit einer tatsächlichen Änderung der Fernwärmeerzeugung einhergehen.

(5) Trotz der Schwierigkeit, eine geeignete Definition zur Ermittlung des Brennstoffeinsatzes zur Fernwärmeerzeugung festzulegen, lässt sich aus Tab. 5.2-1 die grundlegende Entwicklung der einzelnen Energieträger ablesen. Die Marktanteile von Steinkohle, Braunkohle und Erdgas an der Fernwärmeerzeugung gehen im Betrachtungszeitraum zurück. Abfälle und erneuerbare Energien erhöhen ihren Anteil deutlich. Hauptursachen des starken Zuwachses erneuerbarer Energien sind der Ausbau der Biomassenutzung und die bereits bis 2010 spürbar steigende thermische Verwertung von Siedlungsabfällen.

(6) Die Entwicklung erneuerbarer Energien ist identisch mit der Referenzprognose. Anders verläuft die Entwicklung für Erdgas. Sein Anteil sinkt von 50 % im Jahr 2000 auf 30 % 2030. In der Referenzprognose waren es dagegen 47 %. Auf diese Weise macht sich auch in der Fernwärmeversorgung die veränderte Preisrelation von Kohle und Erdgas bemerkbar. Da jedoch KWK-Anlagen auf Kohlebasis in kleinen Baugrößen sehr hohe

spezifische Investitionskosten aufweisen, bedürfte es eines noch sehr viel höheren Erdgaspreises, um auch mittelgroße oder kleine gasbefeuerte Anlagen durch Kohle zu verdrängen. Abgesehen davon treten an einigen Standorten logistische Probleme bei der Kohleversorgung und -lagerung auf. Aus diesen Gründen fällt die Zunahme des Kohleeinsatzes gegenüber der Referenzprognose nicht ganz so stark aus, wie es bei den Anlagen zur ungekoppelten Stromerzeugung der Fall ist.

5.2.2 Raffinerien

(1) Die **Prognose** von Umwandlungseinsatz, Eigenverbrauch und Umwandlungsausstoß der Raffinerien orientiert sich an der für die Ölpreisvariante abgeleiteten Inlandsnachfrage nach Mineralölprodukten. Der gegenüber der Referenzprognose starke Rückgang der Nachfrage nach Benzin und Diesel sowie der geringere Verbrauch von Heizöl schlägt sich unmittelbar in einem abgesenkten Raffinerieausstoß nieder. (Tab. 5.2-1).

Dabei wurde die Relation zwischen Umwandlungsausstoß und Umwandlungseinsatz, die mit nahezu 100 % sehr stabil ist, für den Prognosezeitraum unverändert fortgeschrieben. Für den Eigenverbrauch der Raffinerien wurde, wie in der Referenzprognose, ein Wert von 6 % unterstellt.

(3) Der **Raffinerieausstoß** wird auf Basis dieser Absatzentwicklung und unter der Voraussetzung ermittelt, dass auch in Zukunft der Ausstoß den Inlandsverbrauch leicht übersteigt, ein Teil der Produktion also exportiert wird.

Die Tab. 5.2–2 zeigt die aus diesen Annahmen resultierenden Entwicklungen für den Umwandlungsausstoß, den Umwandlungseinsatz und den Eigenverbrauch der Raffinerien.

Tab. 5.2-2: Kapazitäten, Umwandlungseinsatz, Umwandlungsausstoß und Eigenverbrauch der Raffinerien, in PJ

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Raffineriekapazität (Mio t)	113,9	107,9	90,4	80,3	112,5	102,1	94,2
Rohöleinsatz/Rohölkapazität (%)	93,8	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0
Umwandlungseinsatz							
Erdöl, roh	4.558,7	4.375,4	3.666,0	3.254,8	4.562,0	4.141,0	3.818,7
Benzin	154,9	144,0	120,7	107,1	150,2	136,3	125,7
Dieselkraftstoff	1,0	0,9	0,8	0,7	1,0	0,9	0,8
Heizöl, leicht	59,0	0,0	0,0	0,0	68,8	71,3	74,0
Heizöl, schwer	53,3	66,0	63,2	63,1	47,1	42,7	39,4
Flüssiggas, Raffineriegas	29,8	25,5	21,3	18,9	26,5	24,1	22,2
Petrolkoks, andere Mineralölprodukte	54,3	46,8	32,0	21,9	48,8	36,1	25,7
Summe	4.911,1	4.658,6	3.903,9	3.466,6	4.904,4	4.452,4	4.106,6
Umwandlungsausstoß							
Benzin	1.508,1	1.322,3	873,5	752,4	1.366,1	1.023,0	910,1
Dieselkraftstoff, Flugtreibstoff	1.368,4	1.639,3	1.487,5	1.332,3	1.723,4	1.738,8	1.675,4
Heizöl, leicht	844,9	641,0	503,2	430,4	675,1	551,7	481,2
Heizöl, schwer	499,1	447,2	421,6	385,7	465,7	447,8	411,7
Flüssiggas, Raffineriegas	331,8	310,5	317,6	281,4	324,6	341,1	298,3
Petrolkoks, andere Mineralölprodukte	320,8	302,9	298,4	279,6	308,1	308,7	289,5
Summe	4.873,1	4.663,3	3.901,6	3.461,7	4.862,9	4.411,2	4.066,1
Eigenverbrauch							
Benzin	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Heizöl, leicht	1,7	1,1	0,9	0,8	1,2	1,1	1,0
Heizöl, schwer	57,1	56,4	47,3	42,0	58,9	53,4	49,3
Flüssiggas, Raffineriegas	161,2	164,0	137,6	122,4	171,0	155,5	143,6
Petrolkoks, andere Mineralölprodukte	26,0	27,1	22,7	20,2	28,2	25,6	23,7
Kokereigas, Stadtgas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Erdgas	10,1	9,9	8,3	7,4	10,3	9,4	8,6
Strom	21,0	21,2	17,7	15,8	22,1	20,0	18,5
Fernwärme	2,8	2,5	1,9	1,5	2,6	2,1	1,7
Summe	279,9	282,2	236,5	210,0	294,3	267,1	246,4

Quelle: Energiebilanz 1999; Mineralölwirtschaftsverband, Mineralöl in Zahlen 2003

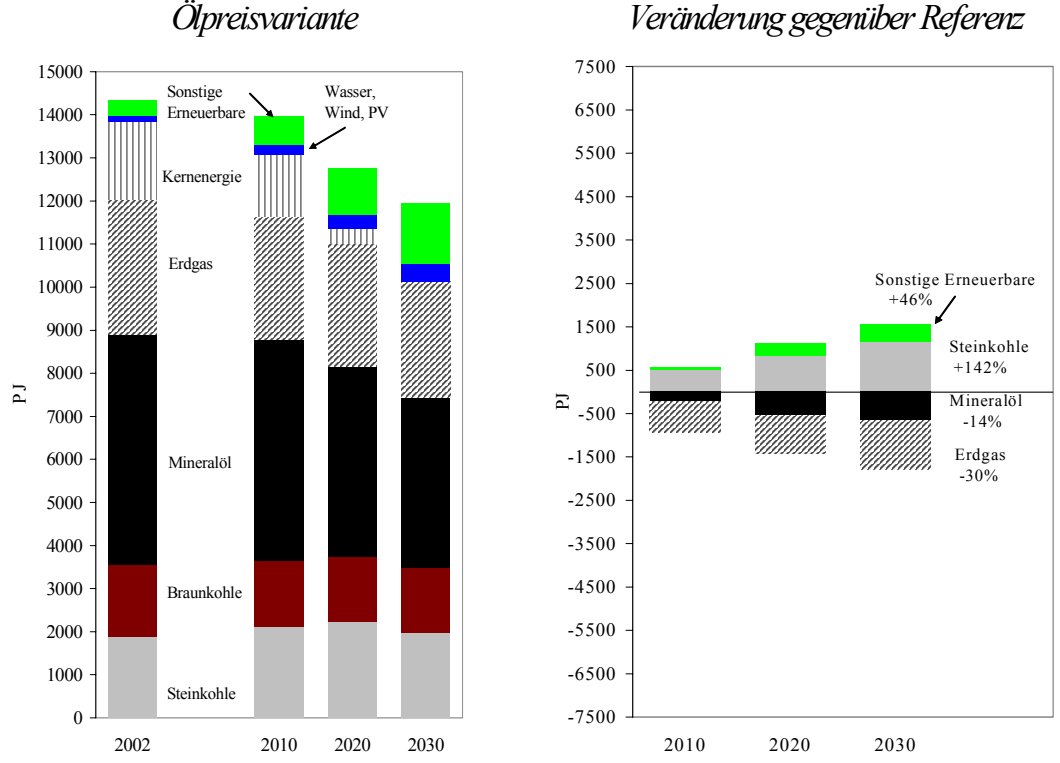
6 Primärenergie- und Emissionsbilanzen

6.1 Der Primärenergieverbrauch

Das Wichtigste in Kürze

- Die höheren Ölpreise verstärken den Rückgang des Primärenergieverbrauchs gegenüber der Referenzprognose nochmals. Im Jahr 2030 unterschreitet der Verbrauch den Wert von 2002 um 17 %, damit liegt er um 2 % niedriger als im Energiereport.
- Die höheren Preise führen gegenüber der Referenz zu teilweise massiven Marktanteilsverschiebungen der einzelnen Energieträger. Steinkohle und die Erneuerbaren gewinnen im Vergleich zum Energiereport erheblich hinzu, Öl und Erdgas verzeichnen deutliche Verluste.
- Die Importabhängigkeit Deutschlands verringert sich durch die höheren Energiepreise. Der Anteil importierter Energie am Primärenergieverbrauch beträgt in der Ölpreisvariante 2030 knapp 69 %, in der Referenzprognose sind es gut 72 %.

Primärenergieverbrauch 2002-2030



Quelle: EWI/Prognos

(1) Der **Primärenergieverbrauch** ist der umfassende Indikator für den Energieverbrauch einer Volkswirtschaft. Er fasst den Endenergieverbrauch, den nichtenergetischen Verbrauch sowie den Verbrauch in den Umwandlungssektoren zusammen. Zu letzterem zählt der Eigenverbrauch der Gewinnungs- und Umwandlungssektoren, die Differenzen zwischen Umwandlungseinsatz und Umwandlungsausstoß, die Fackel- und Leitungsverluste, Bewertungsdifferenzen sowie der Einfuhrsaldo Strom.[1]

(2) Im Betrachtungszeitraum verringert sich der Primärenergieverbrauch in der Ölpreisvariante um 17 %. Im Durchschnitt entspricht dies einer Abnahme um knapp 0,7 % p.a.. Damit wird der im Energiereport ausgewiesene Rückgang nochmals leicht verstärkt.

(3) Die **Energieproduktivität**, die angibt, wie viele Einheiten Bruttoinlandsprodukt je eingesetzter Einheit Primärenergie erzeugt werden, steigt zwischen 2002 und 2030 wie in der Referenzprognose um insgesamt 75 %. Die Energieintensität der deutschen Volkswirtschaft verringert sich im selben Zeitraum um 43 % oder um durchschnittlich 2 % p.a. Je Einwohner geht der Energieverbrauch um durchschnittlich knapp 0,5 % p.a. zurück. Diese Werte entsprechend weitgehend denjenigen der Referenzentwicklung.

(4) In der **Struktur des Primärenergieverbrauchs** ergeben sich aufgrund der höheren Preise für Öl und Erdgas gegenüber der Referenzprognose erhebliche Veränderungen. Der Anteil von Erdgas im Energiemix liegt in der Ölpreisvariante im Jahr 2030 bei 22,5 % und damit in etwa auf dem Niveau des Jahres 2002, in der Referenz sind es am Ende des Betrachtungszeitraums 31,5 %. Der Beitrag von Mineralöl zur Deckung der Energienachfrage verringert sich bis 2020 auf etwas mehr als 33 %. Im Energiereport bleibt der Anteil zwischen 2002 und 2030 weitgehend stabil bei rund 38 %. Die Gewinner der Veränderungen sind Steinkohle und die Erneuerbaren. Der Marktanteil von Steinkohle beträgt 2030 knapp 17 % (Referenz: knapp 7 %), derjenige der Erneuerbaren liegt 2030 bei 15,4 % (Referenz: 11,5 %).

Die gegenüber der Referenz stark gestiegene Bedeutung von Steinkohle ist vor allem auf den vermehrten Einsatz dieses Energieträgers an Stelle von Erdgas in der Stromerzeugung und in der gekoppelten Kraft-Wärme-Produktion zurückzuführen. Erneuerbare Energien werden bei höheren Energiepreisen in den Endverbrauchssektoren zur Substitution von Öl und Erdgas bei der Erzeugung von Wärme, aber auch als Substitut herkömmlicher Kraftstoffe genutzt.

---

1 Der in den vorläufigen Energiebilanzen für die Jahre 2000 bis 2002 ausgewiesene Stromverbrauch wurde analog zum Vorgehen im Energiereport an die Stromerzeugung angepasst.

(5) Die **Importabhängigkeit** in der Ölpreisvariante liegt mit 69 % im Jahr 2030 um rund drei Prozentpunkte unterhalb des Referenzwertes. Unterstellt wird dabei, dass der Zuwachs an Erneuerbaren gegenüber der Referenz aus heimischen Quellen gedeckt wird. Der Anteil der Öl- und Gasimporte am Primärenergieverbrauch beträgt 2030 knapp 53 %, im Energiereport sind es 13 Prozentpunkte mehr. Durch den vermehrten Einsatz von erneuerbaren Energien und Steinkohle in der Ölpreisvariante verringert sich die Abhängigkeit von den oft als problematisch angesehenen Öl- und Gasimporten erheblich.

Tabelle 6.1-1 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Entwicklung des Primärenergieverbrauchs und seiner Struktur.

Die Tabelle 6.1-2 zeigt den Beitrag der erneuerbaren Energien zur Wärme-, Strom- und Kraftstoffversorgung in primärenergetischer Bewertung. Nachrichtlich sind die entsprechenden Beiträge auf Endenergieebene in Tabelle 6.1-3 dargestellt.

Tab. 6.1-1: Primärenergieverbrauch 2002 – 2030, nach Energieträgern

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Absolutwerte in PJ							
Steinkohlen	1.885	2.114	2.228	1.974	1.604	1.400	817
Braunkohlen	1.661	1.540	1.508	1.502	1.522	1.506	1.497
Mineralöle	5.349	5.145	4.428	3.966	5.357	4.960	4.612
Naturgase	3.142	2.867	2.844	2.677	3.577	3.730	3.822
dar.: Erdgas, Erdölgas	3.113	2.851	2.834	2.670	3.561	3.720	3.816
Wasserkraft, Windkraft, Photovoltaik	143	244	332	430	241	331	430
Außenhandelssaldo Strom	3	-21	-17	-58	-84	-5	-10
Kernenergie	1.800	1.390	340	0	1.419	348	0
Biomasse, Müll	343	622	979	1.147	552	661	722
sonstige Erneuerbare Energien	0	30	92	249	32	87	238
Insgesamt	**14.324**	**13.932**	**12.733**	**11.886**	**14.220**	**13.019**	**12.129**
nachrichtl.: Erneuerbare Energien	486	896	1.403	1.825	825	1.080	1.390
Anteile in %							
Steinkohlen	13,2	15,2	17,5	16,6	11,3	10,8	6,7
Braunkohlen	11,6	11,1	11,8	12,6	10,7	11,6	12,3
Mineralöle	37,3	36,9	34,8	33,4	37,7	38,1	38,0
Naturgase	21,9	20,6	22,3	22,5	25,2	28,7	31,5
dar.: Erdgas, Erdölgas	21,7	20,5	22,3	22,5	25,0	28,6	31,5
Wasserkraft, Windkraft, Photovoltaik	1,0	1,8	2,6	3,6	1,7	2,5	3,5
Außenhandelssaldo Strom	0,0	-0,1	-0,1	-0,5	-0,6	0,0	-0,1
Kernenergie	12,6	10,0	2,7	0,0	10,0	2,7	0,0
Biomasse, Müll	2,4	4,5	7,7	9,6	3,9	5,1	6,0
sonstige Erneuerbare Energien	0,0	0,2	0,7	2,1	0,2	0,7	2,0
Insgesamt	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**
nachrichtl.: Erneuerbare Energien	3,4	6,4	11,0	15,4	5,8	8,3	11,5
Index, 2002 = 100							
Steinkohlen	100,0	112,2	118,2	104,7	85,1	74,3	43,4
Braunkohlen	100,0	92,7	90,8	90,5	91,7	90,7	90,2
Mineralöle	100,0	96,2	82,8	74,1	100,1	92,7	86,2
Naturgase	100,0	91,2	90,5	85,2	113,8	118,7	121,6
dar.: Erdgas, Erdölgas	100,0	91,6	91,0	85,8	114,4	119,5	122,6
Wasserkraft, Windkraft, Photovoltaik							
Außenhandelssaldo Strom							
Kernenergie	100,0	77,2	18,9	0,0	78,8	19,3	0,0
Biomasse, Müll	100,0	181,4	285,4	334,3	160,9	192,7	210,5
sonstige Erneuerbare Energien							
Insgesamt	**100,0**	**97,3**	**88,9**	**83,0**	**99,3**	**90,9**	**84,7**
nachrichtl.: Erneuerbare Energien	100,0	184,4	288,7	375,6	169,7	222,2	285,9

Quelle: AG Energiebilanzen, EWI/prognos.

Tab. 6.1-2: Primärenergieäquivalente der erneuerbaren Energiequellen zur Wärme-, Strom und Kraftstoffversorgung in Deutschland, 2000 bis 2030, in PJ

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2000	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Wärmebereitstellung							
Biomasse	189,2	202,1	220,5	231,8	191,5	191,9	192,6
Umgebungswärme	3,1	10,3	20,6	28,2	9,4	17,5	21,8
Solarthermie	5,7	16,6	32,7	40,8	11,8	15,6	18,9
Summe	**198,0**	**229,0**	**273,8**	**300,8**	**212,7**	**225,0**	**233,3**
Fern-, Nahwärmeerzeugung							
Holz, Stroh, Energiepflanzen	3,5	14,3	14,6	15,0	14,3	14,6	15,0
Müll*, Klärschlamm, Deponiegas	60,0	78,8	87,7	91,9	78,8	87,7	91,9
Klär-, Biogas	1,9	6,9	9,7	13,7	6,9	9,7	13,7
Grubengas	1,0	5,0	5,0	4,1	5,0	5,0	4,1
Geothermie	0,3	1,2	4,4	11,7	1,2	4,4	11,7
Summe Fern-, Nahwärme	**66,7**	**106,2**	**121,4**	**136,4**	**106,2**	**121,4**	**136,4**
Wärmeerzeugung insgesamt	**264,7**	**335,2**	**395,2**	**437,2**	**318,9**	**346,4**	**369,7**
Stromerzeugung							
Wasserkraft	91,8	81,7	88,1	88,1	81,7	88,1	88,1
Windenergie	34,5	154,7	236,7	332,7	154,7	236,7	332,7
Fotovoltaik	0,4	4,4	7,1	9,5	4,4	7,1	9,5
Geothermie	0,0	8,1	45,6	178,2	8,1	45,6	178,2
Holz, Stroh, Energiepflanzen	10,5	61,8	59,5	57,5	61,8	59,5	57,5
Müll*, Klärschlamm	54,3	77,6	94,4	95,6	77,6	94,4	95,6
Deponiegas	8,3	12,2	8,7	5,6	12,2	8,7	5,6
Klär-, Biogas	12,1	27,2	33,1	40,7	27,2	33,1	40,7
Grubengas	5,8	13,0	8,0	4,9	13,0	8,0	4,9
Summe Stromerzeugung	**217,7**	**440,7**	**581,2**	**812,8**	**440,7**	**581,2**	**812,8**
Kraftstoffe (Verkehr)							
Biomasse (Biodiesel, synthetische Kraftstoffe)	13,9	119,3	410,1	517,6	70,5	148,6	181,1
Sonstige (Wasserstoff)	0,0	0,0	4,3	35,0	0,0	2,8	18,6
Summe Kraftstoffe	**13,9**	**119,3**	**414,4**	**552,6**	**70,5**	**151,4**	**199,7**
Gesamtbeitrag	**496,3**	**895,2**	**1.390,8**	**1.802,6**	**830,1**	**1.079,0**	**1.382,2**
Gesamtbeitrag (in Abgrenzung der Energiebilanz)	416,0	896,1	1.403,0	1.825,2	824,7	1.079,8	1.389,7
Anteil am Primärenergieverbrauch	2,9%	6,4%	11,0%	15,4%	5,8%	8,3%	11,5%

* inkl. gewerbliche und industrielle Abfälle
Quelle: EWI/prognos, die Werte weichen z.T. von den Energiebilanzdaten ab.

Tab. 6.1-3: Beitrag der erneuerbaren Energiequellen zur Wärme-, Strom- und Kraftstoffversorgung in Deutschland, 2000 bis 2030, in PJ

		Ölpreisvariante			Referenzprognose		
	2000	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
Wärmebereitstellung							
Biomasse	189,2	202,1	220,5	231,8	191,5	191,9	192,6
Umgebungswärme	3,1	10,3	20,6	28,2	9,4	17,5	21,8
Solarthermie	5,7	16,6	32,7	40,8	11,8	15,6	18,9
Summe	**198,0**	**229,0**	**273,8**	**300,8**	**212,7**	**225,0**	**233,3**
Anteil an der Wärmebereitstellung (Haushalte, Kleinverbr.)	5,2%	6,2%	8,2%	9,9%	6,5%	6,9%	7,3%
Fern-, Nahwärmeerzeugung							
Holz, Stroh, Energiepflanzen	2,5	10,0	10,2	10,5	10,0	10,2	10,5
Müll*, Klärschlamm, Deponiegas	42,0	55,2	61,4	64,3	55,2	61,4	64,3
Klär-, Biogas	1,3	4,8	6,8	9,6	4,8	6,8	9,6
Grubengas	0,7	3,5	3,5	2,8	3,5	3,5	2,8
Geothermie	0,3	1,2	4,4	11,7	1,2	4,4	11,7
Summe Fern-, Nahwärme	**46,8**	**74,7**	**86,3**	**98,9**	**74,7**	**86,3**	**98,9**
Anteil an der Fern-, Nahwärmeerzeugung insg.	12,2%	20,4%	25,5%	33,1%	20,4%	25,5%	33,1%
Wärmeerzeugung insgesamt	**244,8**	**303,7**	**360,1**	**399,7**	**287,4**	**311,3**	**332,2**
Stromerzeugung							
Wasserkraft	91,8	81,7	88,1	88,1	81,7	88,1	88,1
Windenergie	34,5	154,7	236,7	332,7	154,7	236,7	332,7
Fotovoltaik	0,4	4,4	7,1	9,5	4,4	7,1	9,5
Geothermie	0,0	0,8	4,6	17,8	0,8	4,6	17,8
Holz, Stroh, Energiepflanzen	4,2	26,2	27,6	28,7	26,2	27,6	28,7
Müll*, Klärschlamm	21,5	32,9	43,8	47,8	32,9	43,8	47,8
Deponiegas	3,3	5,2	4,0	2,8	5,2	4,0	2,8
Klär-, Biogas	4,8	11,5	15,3	20,3	11,5	15,3	20,3
Grubengas	2,2	5,1	3,2	1,9	5,1	3,2	1,9
Summe Stromerzeugung	**162,7**	**322,5**	**430,4**	**549,6**	**322,5**	**430,4**	**549,6**
Anteil an der Stromerzeugung Deutschland insgesamt	8,0%	15,2%	20,4%	26,0%	14,5%	20,1%	26,1%
Kraftstoffe (Verkehr)							
Biomasse (Biodiesel, synthetische Kraftstoffe)	13,9	119,3	410,1	517,6	70,5	148,6	181,1
Sonstige (Wasserstoff)	0,0	0,0	4,3	35,0	0,0	2,8	18,6
Summe Kraftstoffe	**13,9**	**119,3**	**414,4**	**552,6**	**70,5**	**151,4**	**199,7**
Anteil an der Kraftstoffversorgung	0,5%	4,5%	16,2%	22,2%	2,7%	5,9%	8,0%
Gesamtbeitrag	**421,4**	**745,5**	**1.204,9**	**1.501,9**	**680,4**	**893,1**	**1.081,5**

* inkl. gewerbliche und industrielle Abfälle
Quelle: EWI/prognos, die Werte weichen z.T. von den Energiebilanzdaten ab.

Die nachfolgenden Tabellen 6.1-4 bis 6.1-9 zeigen die detaillierten Energiebilanzen für Deutschland für die Jahre 1999, 2010, 2015, 2020, 2025 und 2030, untergliedert in 21 Energieträger und 41 funktionale Bereiche.

Tab. 6.1-4: Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 1999

in Petajoule	Stein-Kohle o. Koks	Stein-kohlen-Koks	Braun-kohlen	Rohöl	Benzine	Diesel Flugturb. treibst.	Heizöl extra leicht	Heizöl schwer	Petrol-Koks, and.Min.
Gewinnung im Inland	1193,6	-	1453,3	116,2	-	-	-	-	-
Einfuhr	701,9	114,5	35,4	4428,7	632,9	403,0	451,3	102,4	103,3
Bestandsentnahmen	-	3,2	0,1	64,6	59,9	30,6	19,5	8,0	8,9
Energieaufkommen im Inland	1895,5	117,6	1488,8	4609,5	692,8	433,6	470,8	110,5	112,1
Ausfuhr	24,7	1,9	11,3	74,2	250,0	119,7	69,7	164,2	73,5
Hochseebunkerungen	-	-	-	-	-	20,8	-	66,0	1,7
Bestandsaufstockungen	19,2	-	4,7	-	-	4,3	-	-	-
Primärenergieverbrauch	1851,5	115,7	1472,8	4535,3	442,8	288,9	401,1	-119,7	36,9
Umwandlungseinsatz	1702,2	149,6	1477,0	4535,3	380,8	1,9	72,6	107,8	126,1
Kokereien, Ortsgaswerke	305,2	0,8	5,3	-	-	-	-	-	18,4
SK-/ BK-Brikettfabriken	4,4	-	109,1	-	-	-	-	-	0,4
Kraftwerke	1272,9	-	1334,6	-	-	0,6	12,7	29,0	23,0
Heizkraftwerke, Fernheizwerke	97,2	-	28,0	-	-	-	13,9	1,9	0,7
Hochöfen	-	148,8	-	-	-	-	-	-	-
Raffinerien	-	-	-	4535,3	176,1	1,2	46,0	76,9	73,6
sonstige Energieerzeuger	22,5	-	-	-	204,6	-	-	-	10,0
Umwandlungsausstoss	29,7	245,5	110,9	-	1747,3	1241,1	918,8	494,4	394,8
Kokereien, Ortsgaswerke	14,1	245,5	5,2	-	-	-	-	-	-
SK-/ BK-Brikettfabriken	5,3	-	105,7	-	-	-	-	-	-
Kraftwerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heizkraftwerke, Fernheizwerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hochöfen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Raffinerien	-	-	-	-	1593,4	1241,1	916,2	483,7	372,2
sonstige Energieerzeuger	10,3	-	-	-	153,9	-	2,6	10,7	22,6
Verbrauch im Umwandlungsbereich	0,4	0,0	9,0	-	0,0	0,6	2,9	55,6	31,0
Kokereien, Ortsgaswerke	-	0,0	-	-	-	-	0,0	-	-
SK-Zechen, SK-Brikettfabriken	0,4	-	-	-	-	0,5	0,8	0,0	-
Bk-Gruben, BK-Brikettfabriken	-	-	9,0	-	-	-	0,1	0,0	-
Kraftwerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erdöl-, Erdgasgewinnung	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-
Raffinerien	-	-	-	-	0,0	0,1	1,6	55,2	31,0
sonstige Energieerzeuger	-	-	-	-	-	-	0,3	0,4	-
Fackel-, Leitungsverluste	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energieangebot i.Inl.n.d.Umwandlung	178,6	211,6	97,6	-	1809,3	1527,5	1244,3	211,3	274,6
Nichtenergetischer Verbrauch	10,5	7,0	3,4	-	491,0	-	22,5	87,7	255,7
Statistische Differenzen	8,9	11,8	-0,4	-	-	-	-	-	-
Endenergieverbrauch insgesamt	177,0	216,4	93,7	-	1318,3	1527,5	1221,8	123,6	18,9
Privathaushalte	16,8	8,7	26,4	-	2,4	-	796,0	-	0,0
Kleinverbraucher, Militär	7,1	2,0	7,4	-	14,2	112,4	325,7	8,6	0,1
Verarb.Gewerbe,üb.BB, Gew.StE	153,1	205,7	59,4	-	-	-	100,1	115,0	18,1
Verkehr	0,1	-	0,6	-	1301,7	1415,1	-	-	0,6

Quelle: Prognos AG

Raffine-rie-,Flüs-siggas	Kokerei-, Stadtgas	Gicht-, Konver-tergas	Erdgas Erdölgas	Gruben-gas	Wasser-kraft	Wind, Photovol-taik	Müll, sonst. Biom.	sonst. erneuerb Energien	Strom	Kern-kraft	Fern-wärme	Alle Energie-träger
-	-	-	674,2	12,8	70,7	20,2	303,9	8,3	-	-	-	3853,2
38,7	-	-	2639,1	-	-	-	-	-	146,2	1855,5	-	11652,8
0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	195,3
39,1	-	-	3313,3	12,8	70,7	20,2	303,9	8,3	146,2	1855,5	-	15701,2
25,0	-	-	204,9	1,0	-	-	-	-	142,4	-	-	1162,5
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	88,5
0,9	-	-	98,1	-	-	-	-	-	-	-	-	127,2
13,2	-	-	3010,3	11,8	70,7	20,2	303,9	8,3	3,7	1855,5	-	14323,0
41,1	14,3	64,8	565,9	7,2	70,7	20,2	106,2	0,4	19,6	1855,5	-	11319,2
0,8	-	-	1,0	1,4	-	-	-	-	-	-	-	333,0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	113,9
17,6	12,8	63,0	390,8	4,8	70,7	20,2	84,2	-	19,1	1854,6	-	5210,7
0,3	1,5	1,9	174,1	1,0	-	-	22,0	0,4	0,5	0,9	-	344,1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	148,8
22,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4931,6
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	237,1
318,1	80,1	162,4	-	-	-	-	-	-	2000,2	-	339,1	8082,3
-	80,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	344,9
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111,0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	2000,2	-	-	2000,2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	339,1	339,1
-	-	162,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	162,4
296,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4903,0
21,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	221,8
144,1	17,7	12,2	47,7	0,7	-	-	13,8	-	192,7	-	7,7	536,1
-	16,3	12,2	16,9	0,3	-	-	-	-	1,8	-	1,5	49,0
-	1,1	-	-	0,4	-	-	-	-	14,5	-	3,0	20,7
-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,9	-	-	27,1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	137,2	-	-	137,2
-	-	-	22,2	-	-	-	-	-	1,7	-	-	24,0
144,1	0,3	-	8,5	-	-	-	-	-	19,2	-	3,2	263,4
-	-	-	0,0	-	-	-	13,8	-	0,2	-	-	14,7
-	-	10,1	19,5	4,0	-	-	-	-	74,0	-	41,6	149,2
146,1	48,0	75,3	2377,3	-	-	-	183,9	7,9	1717,7	-	289,7	10400,8
65,1	-	-	91,8	-	-	-	-	-	-	-	-	1034,8
-	-3,2	1,9	-84,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-65,9
81,0	44,8	77,2	2200,7	-	-	-	183,9	7,9	1717,7	-	289,7	9300,1
37,1	-	-	951,7	-	-	-	164,1	5,6	472,6	-	131,1	2612,5
7,8	-	-	469,6	-	-	-	0,3	2,3	465,0	-	100,6	1523,2
36,0	44,8	77,2	779,4	-	-	-	14,1	0,0	723,0	-	58,0	2383,9
0,1	-	-	-	-	-	-	5,4	-	57,0	-	-	2780,5

Tab. 6.1-5: Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2010

in Petajoule	Stein-Kohle o. Koks	Stein-kohlen-Koks	Braun-kohlen	Rohöl	Benzine	Diesel Flugturb. treibst.	Heizöl extra leicht	Heizöl schwer	Petrol-Koks, and.Min.
Gewinnung im Inland	604,0	-	1540,2	125,0	-	-	-	-	-
Einfuhr	1344,0	166,4	-	4251,3	129,7	113,5	573,0	-	81,7
Bestandsentnahmen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energieaufkommen im Inland	1948,0	166,4	1540,2	4376,3	129,7	113,5	573,0	-	81,7
Ausfuhr	-	-	-	-	-	-	-	145,8	-
Hochseebunkerungen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bestandsaufstockungen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Primärenergieverbrauch	1948,0	166,4	1540,2	4376,3	129,7	113,5	573,0	-145,8	81,7
Umwandlungseinsatz	1714,7	143,3	1541,7	4376,3	349,5	1,5	90,7	71,9	98,5
Kokereien, Ortsgaswerke	208,7	0,5	5,1	-	-	-	-	-	21,4
SK-/ BK-Brikettfabriken	0,7	-	59,3	-	-	-	-	-	0,5
Kraftwerke	1433,6	-	1476,7	-	-	0,6	11,8	26,3	20,8
Heizkraftwerke, Fernheizwerke	60,5	-	0,5	-	-	-	13,0	0,4	-
Hochöfen	-	142,8	-	-	-	-	-	-	-
Raffinerien	-	-	-	4376,3	144,1	0,9	66,0	45,2	46,8
sonstige Energieerzeuger	11,3	-	-	-	205,4	-	-	-	9,0
Umwandlungsausstoss	7,7	174,1	62,9	-	1479,6	1639,8	644,1	461,2	318,9
Kokereien, Ortsgaswerke	7,0	174,1	5,0	-	-	-	-	-	-
SK-/ BK-Brikettfabriken	0,7	-	57,9	-	-	-	-	-	-
Kraftwerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heizkraftwerke, Fernheizwerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hochöfen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Raffinerien	-	-	-	-	1322,8	1639,8	641,0	447,2	302,9
sonstige Energieerzeuger	-	-	-	-	156,8	-	3,1	14,0	16,0
Verbrauch im Umwandlungsbereich	0,1	-	6,0	-	-	0,1	1,8	57,1	27,1
Kokereien, Ortsgaswerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-Zechen, SK-Brikettfabriken	0,1	-	-	-	-	0,1	0,2	0,2	-
Bk-Gruben, BK-Brikettfabriken	-	-	6,0	-	-	-	-	-	-
Kraftwerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erdöl-, Erdgasgewinnung	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-
Raffinerien	-	-	-	-	-	-	1,1	56,5	27,1
sonstige Energieerzeuger	-	-	-	-	-	-	0,5	0,5	-
Fackel-, Leitungsverluste	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energieangebot i.Inl.n.d.Umwandlung	240,9	197,1	55,5	-	1259,8	1751,7	1124,5	186,3	275,0
Nichtenergetischer Verbrauch	10,8	2,7	-	-	466,0	-	14,0	95,0	259,2
Statistische Differenzen	33,2	-3,7	-	-	-	-	-	-	-
Endenergieverbrauch insgesamt	263,3	190,7	55,5	-	793,7	1751,7	1110,5	91,3	15,8
Privathaushalte	2,1	0,7	9,6	-	2,0	-	787,2	-	-
Kleinverbraucher, Militär	44,0	3,1	-	-	8,4	84,4	244,4	-	-
Verarb.Gewerbe,üb.BB, Gew.StE	217,3	187,0	45,9	-	-	-	78,9	91,3	15,2
Verkehr	-	-	-	-	783,3	1667,2	-	-	0,5

Quelle: Prognos AG

Raffinerie-,Flüssiggas	Kokerei-, Stadtgas	Gicht-, Konvertergas	Erdgas Erdölgas	Grubengas	Wasserkraft	Wind, Photovoltaik	Müll, sonst. Biom.	sonst. erneuerb Energien	Strom	Kernkraft	Fernwärme	Alle Energieträger
-	-	-	628,3	15,7	84,1	159,8	622,3	30,0	-	-	-	3809,3
16,9	-	-	2222,7	-	-	-	-	-	113,8	1390,3	-	10403,3
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16,9	-	-	2851,0	15,7	84,1	159,8	622,3	30,0	113,8	1390,3	-	14212,6
-	-	-	-	-	-	-	-	-	134,3	-	-	280,1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16,9	0,0	-	2851,0	15,7	84,1	159,8	622,3	30,0	-20,5	1390,3	-	13932,5
41,9	8,7	64,1	343,6	13,9	84,1	159,8	286,1	9,5	24,1	1390,3	-	10814,1
0,5	-	-	0,6	0,8	-	-	-	-	-	-	-	237,6
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60,5
16,0	7,9	62,8	194,2	13,1	84,1	159,8	184,7	8,3	24,1	1390,3	-	5114,9
-	0,8	1,3	148,8	-	-	-	101,4	1,2	-	-	-	327,9
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	142,8
25,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4704,7
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	225,7
325,9	43,5	155,2	-	-	-	-	-	-	2162,9	-	363,6	7839,3
-	43,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	229,5
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58,6
-	-	-	-	-	-	-	-	-	2162,9	-	-	2162,9
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	363,6	363,6
-	-	155,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	155,2
310,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4664,2
15,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	205,2
164,0	9,5	8,6	43,4	0,3	-	-	14,9	-	181,1	-	4,5	518,4
-	9,4	8,6	7,8	0,2	-	-	-	-	1,5	-	1,1	28,5
-	0,1	-	-	0,1	-	-	-	-	7,4	-	0,9	9,1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,8	-	-	25,7
-	-	-	-	-	-	-	-	-	128,7	-	-	128,7
-	-	-	25,6	-	-	-	-	-	2,1	-	-	27,7
164,0	-	-	9,9	-	-	-	-	-	21,2	-	2,5	282,3
-	-	-	0,1	-	-	-	14,9	-	0,4	-	-	16,4
-	0,0	8,1	17,2	1,6	-	-	-	-	79,1	-	44,1	150,1
136,9	25,3	74,5	2446,8	-	-	-	321,2	20,5	1858,1	-	315,0	10289,2
70,2	-	-	162,0	-	-	-	-	-	-	-	-	1080,0
-	-	-	-113,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-83,6
66,7	25,3	74,5	2171,7	-	-	-	321,2	20,5	1858,1	-	315,0	9125,6
31,6	-	-	1079,9	-	-	-	174,2	17,6	538,5	-	155,7	2799,0
4,7	-	-	459,2	-	-	-	19,8	1,0	489,3	-	105,3	1463,6
30,2	25,3	74,5	626,3	-	-	-	20,7	2,0	770,7	-	54,0	2239,0
0,3	-	-	6,3	-	-	-	106,6	-	59,7	-	-	2624,0

Tab. 6.1-6: Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2015

in Petajoule	Stein-Kohle o. Koks	Stein-kohlen-Koks	Braun-kohlen	Rohöl	Benzine	Diesel Flugturb. treibst.	Heizöl extra leicht	Heizöl schwer	Petrol-Koks, and.Min.
Gewinnung im Inland	452,9	-	1523,9	100,0	-	-	-	-	-
Einfuhr	1516,8	168,9	-	3884,9	179,4	145,8	537,1	-	74,7
Bestandsentnahmen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energieaufkommen im Inland	1969,7	168,9	1523,9	3984,9	179,4	145,8	537,1	-	74,7
Ausfuhr	-	-	-	-	-	-	-	142,4	-
Hochseebunkerungen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bestandsaufstockungen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Primärenergieverbrauch	1969,7	168,9	1523,9	3984,9	179,4	145,8	537,1	-142,4	74,7
Umwandlungseinsatz	1732,8	138,4	1523,9	3984,9	325,5	1,4	83,0	65,1	85,3
Kokereien, Ortsgaswerke	185,0	0,5	5,1	-	-	-	-	-	19,0
SK-/ BK-Brikettfabriken	-	-	49,7	-	-	-	-	-	0,3
Kraftwerke	1485,4	-	1468,8	-	-	0,5	12,2	23,9	18,9
Heizkraftwerke, Fernheizwerke	55,1	-	0,4	-	-	-	6,4	0,0	-
Hochöfen	-	137,9	-	-	-	-	-	-	-
Raffinerien	-	-	-	3984,9	131,2	0,9	64,4	41,1	38,7
sonstige Energieerzeuger	7,4	-	-	-	194,3	-	-	-	8,4
Umwandlungsausstoss	6,2	154,3	53,6	-	1175,1	1602,0	560,0	449,1	314,9
Kokereien, Ortsgaswerke	6,2	154,3	5,0	-	-	-	-	-	-
SK-/ BK-Brikettfabriken	-	-	48,6	-	-	-	-	-	-
Kraftwerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heizkraftwerke, Fernheizwerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hochöfen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Raffinerien	-	-	-	-	1029,0	1602,0	556,9	436,3	300,2
sonstige Energieerzeuger	-	-	-	-	146,1	-	3,1	12,8	14,7
Verbrauch im Umwandlungsbereich	-	-	5,0	-	-	-	1,5	51,9	24,7
Kokereien, Ortsgaswerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-Zechen, SK-Brikettfabriken	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bk-Gruben, BK-Brikettfabriken	-	-	5,0	-	-	-	-	-	-
Kraftwerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erdöl-, Erdgasgewinnung	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-
Raffinerien	-	-	-	-	-	-	1,0	51,4	24,7
sonstige Energieerzeuger	-	-	-	-	-	-	0,4	0,4	-
Fackel-, Leitungsverluste	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energieangebot i.Inl.n.d.Umwandlung	243,0	184,8	48,6	-	1029,0	1746,5	1012,6	189,7	279,6
Nichtenergetischer Verbrauch	10,0	2,2	-	-	455,0	-	12,2	101,9	265,7
Statistische Differenzen	28,2	-3,3	-	-	-	-	-	-	-
Endenergieverbrauch insgesamt	261,3	179,4	48,6	-	574,0	1746,5	1000,5	87,8	13,9
Privathaushalte	-	-	8,8	-	2,0	-	717,5	-	-
Kleinverbraucher, Militär	42,1	2,2	-	-	6,5	78,9	208,7	-	-
Verarb.Gewerbe,üb.BB, Gew.StE	219,2	177,1	39,8	-	-	-	74,3	87,8	13,4
Verkehr	-	-	-	-	565,6	1667,6	-	-	0,5

Quelle: Prognos AG

Raffinerie-,Flüssiggas	Kokerei-, Stadtgas	Gicht-, Konvertergas	Erdgas Erdölgas	Grubengas	Wasserkraft	Wind, Photovoltaik	Müll, sonst. Biom.	sonst. erneuerb Energien	Strom	Kernkraft	Fernwärme	Alle Energieträger
-	-	-	618,2	12,2	89,0	201,8	822,2	57,1	-	-	-	3877,4
5,3	-	-	2208,5	-	-	-	-	-	140,4	1016,9	-	9878,8
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,3	-	-	2826,7	12,2	89,0	201,8	822,2	57,1	140,4	1016,9	-	13756,2
11,7	-	-	-	-	-	-	-	-	176,7	-	-	330,8
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-6,4	0,0	-	2826,7	12,2	89,0	201,8	822,2	57,1	-36,3	1016,9	-	13425,3
38,1	9,2	62,7	388,8	10,9	89,0	201,8	302,0	27,4	24,1	1016,9	-	10111,3
0,4	-	-	0,5	0,7	-	-	-	-	-	-	-	211,2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50,0
14,5	8,4	61,4	258,2	10,2	89,0	201,8	195,4	24,7	24,1	1016,9	-	4914,4
-	0,8	1,3	130,0	-	-	-	106,6	2,8	-	-	-	303,3
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	137,9
23,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4284,3
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	210,1
333,3	38,6	149,9	-	-	-	-	-	-	2179,2	-	350,5	7366,7
-	38,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	204,1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48,6
-	-	-	-	-	-	-	-	-	2179,2	-	-	2179,2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	350,5	350,5
-	-	149,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	149,9
319,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4243,5
14,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	191,0
149,4	8,0	7,3	40,0	0,1	-	-	20,1	-	173,5	-	3,8	485,2
-	8,0	7,3	6,5	0,1	-	-	-	-	1,4	-	0,9	24,3
-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,3	-	0,5	6,8
-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,1	-	-	24,1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	124,4	-	-	124,4
-	-	-	24,4	-	-	-	-	-	2,2	-	-	26,6
149,4	-	-	9,0	-	-	-	-	-	19,3	-	2,3	257,1
-	-	-	0,1	-	-	-	20,1	-	1,0	-	-	22,0
-	0,0	8,0	16,6	1,2	-	-	-	-	79,0	-	42,1	146,9
139,5	21,3	71,9	2381,3	-	-	-	500,1	29,6	1866,4	-	304,6	10048,7
77,5	-	-	182,7	-	-	-	-	-	-	-	-	1107,0
-	-	-	-110,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-85,1
62,0	21,3	71,9	2088,6	-	-	-	500,1	29,6	1866,4	-	304,6	8856,5
29,0	-	-	1057,5	-	-	-	179,6	24,0	545,3	-	151,9	2715,6
2,2	-	-	430,9	-	-	-	32,5	2,2	483,9	-	103,2	1393,3
30,4	21,3	71,9	580,1	-	-	-	21,7	3,4	771,0	-	49,4	2160,8
0,4	-	-	20,2	-	-	-	266,4	-	66,2	-	-	2586,8

Tab. 6.1-7: Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2020

in Petajoule	Stein-Kohle o. Koks	Stein-kohlen-Koks	Braun-kohlen	Rohöl	Benzine	Diesel Flugturb. treibst.	Heizöl extra leicht	Heizöl schwer	Petrol-Koks, and.Min.
Gewinnung im Inland	362,2	-	1508,5	75,0	-	-	-	-	-
Einfuhr	1696,9	169,1	-	3604,2	168,3	176,3	488,5	-	70,8
Bestandsentnahmen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energieaufkommen im Inland	2059,1	169,1	1508,5	3679,2	168,3	176,3	488,5	-	70,8
Ausfuhr	-	-	-	-	-	-	-	134,0	-
Hochseebunkerungen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bestandsaufstockungen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Primärenergieverbrauch	2059,1	169,1	1508,5	3679,2	168,3	176,3	488,5	-134,0	70,8
Umwandlungseinsatz	1825,5	131,9	1509,2	3679,2	303,3	1,3	78,4	59,7	74,2
Kokereien, Ortsgaswerke	164,4	0,4	5,1	-	-	-	-	-	16,8
SK-/ BK-Brikettfabriken	-	-	43,0	-	-	-	-	-	0,3
Kraftwerke	1606,9	-	1460,8	-	-	0,5	12,8	21,7	17,2
Heizkraftwerke, Fernheizwerke	50,4	-	0,3	-	-	-	2,2	-	-
Hochöfen	-	131,5	-	-	-	-	-	-	-
Raffinerien	-	-	-	3679,2	121,1	0,8	63,4	38,0	32,1
sonstige Energieerzeuger	3,9	-	-	-	182,2	-	-	-	7,8
Umwandlungsausstoss	5,5	137,1	47,0	-	1009,1	1501,0	506,2	433,2	311,8
Kokereien, Ortsgaswerke	5,5	137,1	5,0	-	-	-	-	-	-
SK-/ BK-Brikettfabriken	-	-	42,0	-	-	-	-	-	-
Kraftwerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heizkraftwerke, Fernheizwerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hochöfen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Raffinerien	-	-	-	-	874,1	1501,0	503,2	421,6	298,4
sonstige Energieerzeuger	-	-	-	-	135,0	-	3,0	11,6	13,4
Verbrauch im Umwandlungsbereich	-	-	4,3	-	-	-	1,4	47,9	22,8
Kokereien, Ortsgaswerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-Zechen, SK-Brikettfabriken	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bk-Gruben, BK-Brikettfabriken	-	-	4,3	-	-	-	-	-	-
Kraftwerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erdöl-, Erdgasgewinnung	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-
Raffinerien	-	-	-	-	-	-	0,9	47,5	22,8
sonstige Energieerzeuger	-	-	-	-	-	-	0,4	0,4	-
Fackel-, Leitungsverluste	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energieangebot i.Inl.n.d.Umwandlung	239,0	174,3	42,0	-	874,1	1676,0	914,9	191,6	285,6
Nichtenergetischer Verbrauch	9,1	2,3	-	-	454,2	-	11,4	109,3	273,2
Statistische Differenzen	26,1	-2,9	-	-	-	-	-	-	-
Endenergieverbrauch insgesamt	256,0	169,1	42,0	-	419,9	1676,0	903,5	82,4	12,4
Privathaushalte	-	-	4,9	-	2,0	-	658,2	-	-
Kleinverbraucher, Militär	39,3	2,1	-	-	5,5	72,1	173,0	-	-
Verarb.Gewerbe,üb.BB, Gew.StE	216,8	167,0	37,1	-	-	-	72,3	82,4	11,9
Verkehr	-	-	-	-	412,4	1603,9	-	-	0,5

Quelle: Prognos AG

Raffinerie-,Flüssiggas	Kokerei-, Stadtgas	Gicht-, Konvertergas	Erdgas Erdölgas	Grubengas	Wasserkraft	Wind, Photovoltaik	Müll, sonst. Biom.	sonst. erneuerb Energien	Strom	Kernkraft	Fernwärme	Alle Energieträger
-	-	-	569,1	9,8	89,8	242,2	979,1	91,9	-	-	-	3927,6
3,3	-	-	2264,6	-	-	-	-	-	159,0	340,2	-	9141,2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,3	-	-	2833,8	9,8	89,8	242,2	979,1	91,9	159,0	340,2	-	13068,8
24,8	-	-	-	-	-	-	-	-	176,5	-	-	335,3
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-21,4	0,0	-	2833,8	9,8	89,8	242,2	979,1	91,9	-17,5	340,2	-	12733,4
34,9	9,0	60,5	452,2	8,7	89,8	242,2	313,6	51,5	24,1	340,2	-	9289,4
0,4	-	-	0,5	0,6	-	-	-	-	-	-	-	188,2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43,3
13,2	8,2	59,3	329,7	8,1	89,8	242,2	200,1	47,1	24,1	340,2	-	4481,8
-	0,8	1,2	122,1	-	-	-	113,5	4,4	-	-	-	294,9
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	131,5
21,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3955,9
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	193,8
330,8	34,3	142,9	-	-	-	-	-	-	2152,9	-	336,6	6948,4
-	34,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	181,9
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42,0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	2152,9	-	-	2152,9
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	336,6	336,6
-	-	142,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	142,9
317,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3915,8
13,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	176,2
138,1	7,1	6,5	36,0	0,1	-	-	23,3	-	162,9	-	3,1	453,6
-	7,1	6,5	5,8	0,1	-	-	-	-	1,3	-	0,8	21,6
-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,1	-	0,4	5,4
-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,4	-	-	22,7
-	-	-	-	-	-	-	-	-	116,9	-	-	116,9
-	-	-	21,9	-	-	-	-	-	2,1	-	-	24,0
138,1	-	-	8,3	-	-	-	-	-	17,8	-	1,9	237,4
-	-	-	0,1	-	-	-	23,3	-	1,3	-	-	25,5
-	0,0	7,4	16,0	1,0	-	-	-	-	78,7	-	39,9	143,0
136,2	18,1	68,6	2329,5	-	-	-	642,2	40,4	1869,8	-	293,5	9795,8
79,7	-	-	199,2	-	-	-	-	-	-	-	-	1138,4
-	-	-	-107,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-84,5
56,6	18,1	68,6	2022,6	-	-	-	642,2	40,4	1869,8	-	293,5	8573,0
26,5	-	-	1013,3	-	-	-	183,7	31,8	545,5	-	146,5	2612,5
0,0	-	-	411,2	-	-	-	45,0	3,8	474,8	-	100,4	1327,0
29,6	18,1	68,6	557,3	-	-	-	22,8	4,8	777,3	-	46,6	2112,4
0,5	-	-	40,8	-	-	-	390,6	-	72,2	-	-	2521,0

Tab. 6.1-8: Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2025

in Petajoule	Stein-Kohle o. Koks	Stein-kohlen-Koks	Braun-kohlen	Rohöl	Benzine	Diesel Flugturb. treibst.	Heizöl extra leicht	Heizöl schwer	Petrol-Koks, and.Min.
Gewinnung im Inland	301,9	-	1501,6	50,0	-	-	-	-	-
Einfuhr	1700,0	171,2	-	3421,5	161,7	180,7	457,3	-	67,3
Bestandsentnahmen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energieaufkommen im Inland	2001,8	171,2	1501,6	3471,5	161,7	180,7	457,3	-	67,3
Ausfuhr	-	-	-	-	-	-	-	120,8	-
Hochseebunkerungen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bestandsaufstockungen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Primärenergieverbrauch	2001,8	171,2	1501,6	3471,5	161,7	180,7	457,3	-120,8	67,3
Umwandlungseinsatz	1763,6	127,7	1501,7	3471,5	291,8	1,2	75,6	55,9	65,6
Kokereien, Ortsgaswerke	147,2	0,4	4,6	-	-	-	-	-	15,1
SK-/ BK-Brikettfabriken	-	-	43,8	-	-	-	-	-	0,3
Kraftwerke	1574,7	-	1446,5	-	-	0,4	12,0	20,1	15,9
Heizkraftwerke, Fernheizwerke	39,8	-	6,8	-	-	-	-	-	-
Hochöfen	-	127,3	-	-	-	-	-	-	-
Raffinerien	-	-	-	3471,5	114,3	0,8	63,5	35,8	26,8
sonstige Energieerzeuger	1,9	-	-	-	177,6	-	-	-	7,5
Umwandlungsausstoss	4,9	122,8	47,3	-	941,9	1416,1	471,4	413,6	301,9
Kokereien, Ortsgaswerke	4,9	122,8	4,5	-	-	-	-	-	-
SK-/ BK-Brikettfabriken	-	-	42,8	-	-	-	-	-	-
Kraftwerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heizkraftwerke, Fernheizwerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hochöfen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Raffinerien	-	-	-	-	811,8	1416,1	468,6	402,4	289,0
sonstige Energieerzeuger	-	-	-	-	130,2	-	2,9	11,2	12,9
Verbrauch im Umwandlungsbereich	-	-	4,4	-	-	-	1,3	45,2	21,5
Kokereien, Ortsgaswerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-Zechen, SK-Brikettfabriken	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bk-Gruben, BK-Brikettfabriken	-	-	4,4	-	-	-	-	-	-
Kraftwerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erdöl-, Erdgasgewinnung	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-
Raffinerien	-	-	-	-	-	-	0,9	44,8	21,5
sonstige Energieerzeuger	-	-	-	-	-	-	0,4	0,4	-
Fackel-, Leitungsverluste	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energieangebot i.Inl.n.d.Umwandlung	243,1	166,3	42,8	-	811,8	1595,6	851,9	191,6	282,1
Nichtenergetischer Verbrauch	7,9	1,1	-	-	437,2	-	11,3	113,0	271,1
Statistische Differenzen	18,5	-2,6	-	-	-	-	-	-	-
Endenergieverbrauch insgesamt	253,7	162,6	42,8	-	374,6	1595,6	840,6	78,6	11,0
Privathaushalte	-	-	4,2	-	2,0	-	617,0	-	-
Kleinverbraucher, Militär	36,2	1,9	-	-	4,9	66,2	156,0	-	-
Verarb.Gewerbe,üb.BB, Gew.StE	217,5	160,7	38,6	-	-	-	67,6	78,6	10,5
Verkehr	-	-	-	-	367,7	1529,4	-	-	0,5

Quelle: Prognos AG

Raffinerie-,Flüssiggas	Kokerei-, Stadtgas	Gicht-, Konvertergas	Erdgas Erdölgas	Grubengas	Wasserkraft	Wind, Photovoltaik	Müll, sonst. Biom.	sonst. erneuerb Energien	Strom	Kernkraft	Fernwärme	Alle Energieträger
-	-	-	521,2	7,9	89,7	298,8	1069,1	145,0	-	-	-	3985,1
3,0	-	-	2212,6	-	-	-	-	-	160,1	-	-	8535,4
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,0	-	-	2733,7	7,9	89,7	298,8	1069,1	145,0	160,1	-	-	12520,4
29,8	-	-	-	-	-	-	-	-	204,5	-	-	355,1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-26,8	0,0	-	2733,7	7,9	89,7	298,8	1069,1	145,0	-44,4	-	-	12165,3
32,7	9,4	59,2	461,7	7,0	89,7	298,8	315,0	98,0	24,1	-	-	8750,2
0,3	-	-	0,4	0,6	-	-	-	-	-	-	-	168,6
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44,1
12,2	8,7	58,0	356,6	6,4	89,7	298,8	197,5	90,9	24,1	-	-	4212,5
-	0,8	1,2	104,7	-	-	-	117,5	7,1	-	-	-	277,8
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	127,3
20,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3732,9
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	186,9
318,7	30,7	138,3	-	-	-	-	-	-	2160,3	-	315,2	6683,2
-	30,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	162,9
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42,8
-	-	-	-	-	-	-	-	-	2160,3	-	-	2160,3
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	315,2	315,2
-	-	138,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	138,3
306,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3693,8
12,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	169,9
130,4	6,4	5,8	32,5	0,1	-	-	25,7	-	151,5	-	2,8	427,5
-	6,4	5,8	5,1	0,1	-	-	-	-	1,2	-	0,8	19,4
-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,3	-	0,3	4,5
-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,4	-	-	22,8
-	-	-	-	-	-	-	-	-	107,4	-	-	107,4
-	-	-	19,4	-	-	-	-	-	1,9	-	-	21,4
130,4	-	-	7,8	-	-	-	-	-	16,8	-	1,8	224,0
-	-	-	0,1	-	-	-	25,7	-	1,5	-	-	28,1
-	0,0	7,0	15,2	0,8	-	-	-	-	77,9	-	36,9	137,7
128,8	14,8	66,4	2224,4	-	-	-	728,4	47,0	1862,4	-	275,4	9533,1
79,1	-	-	209,0	-	-	-	-	-	-	-	-	1129,7
-	-	-	-102,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-86,9
49,8	14,8	66,4	1912,6	-	-	-	728,4	47,0	1862,4	-	275,4	8316,5
19,8	-	-	970,9	-	-	-	186,9	37,8	539,8	-	142,7	2521,1
0,0	-	-	365,1	-	-	-	48,8	4,1	461,2	-	90,5	1235,1
29,3	14,8	66,4	511,4	-	-	-	24,9	5,1	785,2	-	42,2	2052,9
0,6	-	-	65,3	-	-	-	467,8	-	76,2	-	-	2507,4

Tab. 6.1-9: Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2030

in Petajoule	Stein-Kohle o. Koks	Stein-kohlen-Koks	Braun-kohlen	Rohöl	Benzine	Diesel Flugturb. treibst.	Heizöl extra leicht	Heizöl schwer	Petrol-Koks, and.Min.
Gewinnung im Inland	241,5	-	1502,1	25,0	-	-	-	-	-
Einfuhr	1560,0	172,6	-	3244,8	152,3	182,8	421,5	-	66,5
Bestandsentnahmen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energieaufkommen im Inland	1801,5	172,6	1502,1	3269,8	152,3	182,8	421,5	-	66,5
Ausfuhr	-	-	-	-	-	-	-	108,4	-
Hochseebunkerungen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bestandsaufstockungen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Primärenergieverbrauch	1801,5	172,6	1502,1	3269,8	152,3	182,8	421,5	-108,4	66,5
Umwandlungseinsatz	1528,3	122,9	1501,7	3269,8	274,8	1,1	70,9	52,5	57,8
Kokereien, Ortsgaswerke	132,3	0,3	4,1	-	-	-	-	-	13,6
SK-/ BK-Brikettfabriken	-	-	44,4	-	-	-	-	-	0,4
Kraftwerke	1344,0	-	1445,9	-	-	0,4	7,5	18,7	14,8
Heizkraftwerke, Fernheizwerke	50,3	-	7,3	-	-	-	-	-	-
Hochöfen	-	122,6	-	-	-	-	-	-	-
Raffinerien	-	-	-	3269,8	107,6	0,7	63,4	33,8	22,0
sonstige Energieerzeuger	1,8	-	-	-	167,2	-	-	-	7,0
Umwandlungsausstoss	4,4	110,4	47,4	-	875,6	1347,7	433,1	396,2	291,8
Kokereien, Ortsgaswerke	4,4	110,4	4,0	-	-	-	-	-	-
SK-/ BK-Brikettfabriken	-	-	43,4	-	-	-	-	-	-
Kraftwerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heizkraftwerke, Fernheizwerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hochöfen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Raffinerien	-	-	-	-	753,1	1347,7	430,4	385,7	279,6
sonstige Energieerzeuger	-	-	-	-	122,5	-	2,7	10,6	12,2
Verbrauch im Umwandlungsbereich	-	-	4,5	-	-	-	1,2	42,6	20,3
Kokereien, Ortsgaswerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-Zechen, SK-Brikettfabriken	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bk-Gruben, BK-Brikettfabriken	-	-	4,5	-	-	-	-	-	-
Kraftwerke	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erdöl-, Erdgasgewinnung	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-
Raffinerien	-	-	-	-	-	-	0,8	42,2	20,3
sonstige Energieerzeuger	-	-	-	-	-	-	0,4	0,4	-
Fackel-, Leitungsverluste	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energieangebot i.Inl.n.d.Umwandlung	277,6	160,0	43,4	-	753,1	1529,4	782,5	192,8	280,2
Nichtenergetischer Verbrauch	6,8	1,1	-	-	432,7	-	11,3	117,2	270,5
Statistische Differenzen	12,7	-2,3	-	-	-	-	-	-	-
Endenergieverbrauch insgesamt	283,6	156,5	43,4	-	320,3	1529,4	771,2	75,6	9,8
Privathaushalte	-	-	3,6	-	2,0	-	572,9	-	-
Kleinverbraucher, Militär	48,7	2,6	-	-	4,4	61,1	134,1	-	-
Verarb.Gewerbe,üb.BB, Gew.StE	234,9	154,0	39,8	-	-	-	64,2	75,6	9,3
Verkehr	-	-	-	-	313,9	1468,3	-	-	0,4

Quelle: Prognos AG

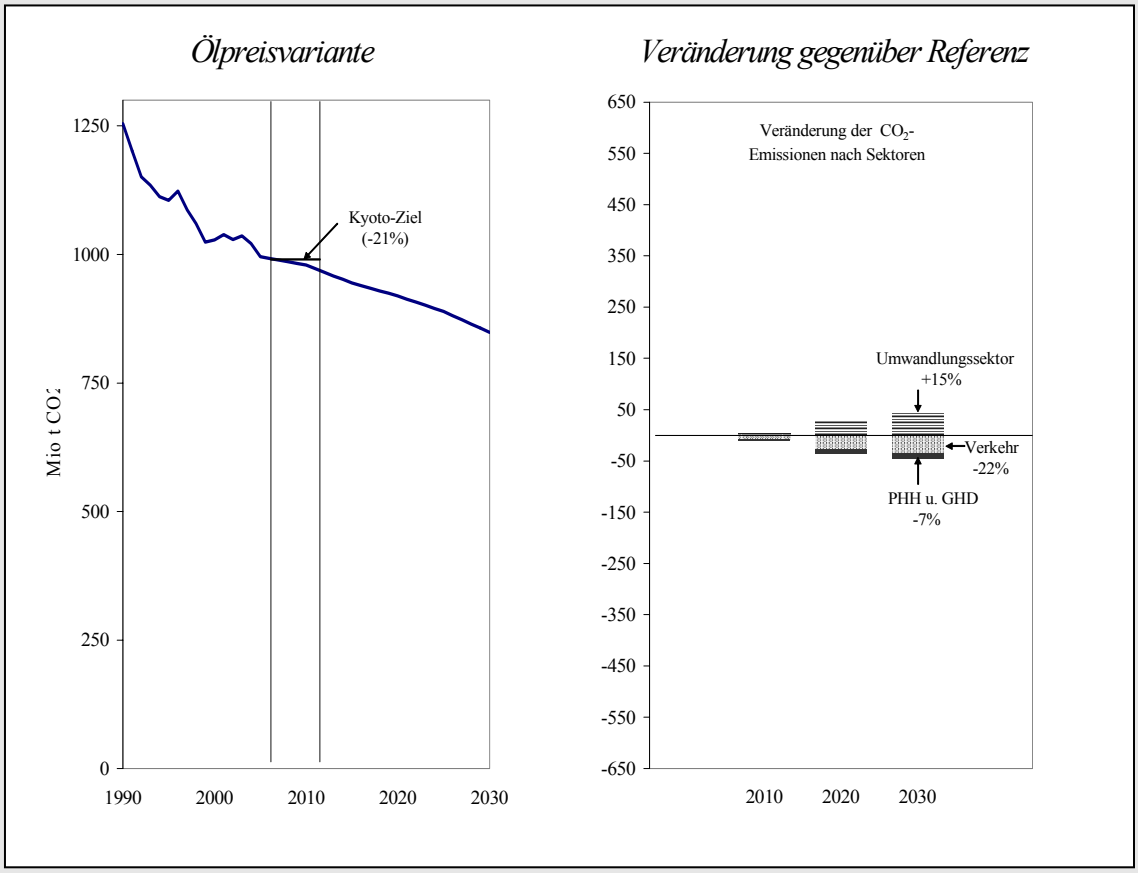
Raffinerie-,Flüssiggas	Kokerei-, Stadtgas	Gicht-, Konvertergas	Erdgas Erdölgas	Grubengas	Wasserkraft	Wind, Photovoltaik	Müll, sonst. Biom.	sonst. erneuerb Energien	Strom	Kernkraft	Fernwärme	Alle Energieträger
-	-	-	470,0	6,0	89,7	340,1	1146,5	249,0	-	-	-	4069,9
2,8	-	-	2200,5	-	-	-	-	-	161,5	-	-	8165,3
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,8	-	-	2670,5	6,0	89,7	340,1	1146,5	249,0	161,5	-	-	12235,2
21,3	-	-	-	-	-	-	-	-	219,4	-	-	349,1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-18,5	0,0	-	2670,5	6,0	89,7	340,1	1146,5	249,0	-57,9	-	-	11886,1
30,7	9,0	57,6	472,6	5,4	89,7	340,1	325,8	193,5	24,1	-	-	8428,2
0,3	-	-	0,4	0,5	-	-	-	-	-	-	-	151,5
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44,7
11,4	8,2	56,5	382,3	4,9	89,7	340,1	203,7	181,8	24,1	-	-	4133,8
-	0,8	1,2	89,9	-	-	-	122,1	11,7	-	-	-	283,2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	122,6
19,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3516,3
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	176,0
293,4	27,6	133,3	-	-	-	-	-	-	2155,3	-	294,5	6410,6
-	27,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	146,4
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43,4
-	-	-	-	-	-	-	-	-	2155,3	-	-	2155,3
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	294,5	294,5
-	-	133,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	133,3
281,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3477,8
12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	160,0
123,0	5,7	5,2	28,9	0,0	-	-	27,5	-	147,3	-	2,3	408,4
-	5,7	5,2	4,6	0,0	-	-	-	-	1,1	-	0,7	17,4
-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,4	-	0,2	3,6
-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,6	-	-	23,1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	104,7	-	-	104,7
-	-	-	16,8	-	-	-	-	-	1,8	-	-	18,6
123,0	-	-	7,4	-	-	-	-	-	15,8	-	1,5	211,0
-	-	-	0,1	-	-	-	27,5	-	1,7	-	-	30,0
-	0,0	6,5	14,6	0,6	-	-	-	-	76,9	-	34,0	132,6
121,2	12,9	63,9	2154,4	-	-	-	793,3	55,4	1849,2	-	258,1	9327,5
73,3	-	-	214,1	-	-	-	-	-	-	-	-	1126,9
-	-	-	-99,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-89,2
48,0	12,9	63,9	1840,8	-	-	-	793,3	55,4	1849,2	-	258,1	8111,4
19,0	-	-	930,7	-	-	-	190,6	44,6	529,8	-	138,0	2431,2
0,0	-	-	333,3	-	-	-	51,4	4,5	445,9	-	81,6	1167,7
28,2	12,9	63,9	496,2	-	-	-	26,1	6,4	793,9	-	38,5	2044,0
0,7	-	-	80,5	-	-	-	525,2	-	79,5	-	-	2468,5

6.2 Die zukünftige Belastung durch energiebedingte Emissionen

Das Wichtigste in Kürze

- Zwischen 2002 und 2030 verringern sich die energiebedingten Treibhausgasemissionen in der Ölpreisvariante um 19 %. Die Entwicklung unterscheidet sich unmerklich von derjenigen in der Referenzprognose.
- Das gilt auch für den Vergleich mit dem Kyoto-Basisjahr. Gegenüber 1990 liegen die energiebedingten Treibhausgasemissionen 2030 um 32,3 % niedriger (Energiereport: 32,1 %). Zwischen 1990 und 2010 beträgt der Rückgang 19,8 % (19,3 %). Unter Berücksichtigung der nichtenergiebedingten Treibhausgase erfüllt Deutschland die Kyoto-Verpflichtung.
- Die prozentual größten Emissionseinsparungen gegenüber der Referenz werden im Jahr 2030 bei CH_4 erreicht (-9 %). Deutliche Mehremissionen im Vergleich zum Energiereport sind vor allem wegen des erhöhten Steinkohleeinsatzes dagegen bei SO_2 (+ 51 %), Staub (+ 29 %) und N_2O (+13 %) zu verzeichnen.

Treibhausgasemissionen 1990 – 2030



Quelle: EWI/Prognos

(1) Mit dem Energieverbrauch ist die Emission der Treibhausgase Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Distickstoffoxid (Lachgas, N_2O) verbunden. Außerdem werden Kohlenmonoxid (CO), nichtmethanhaltige flüchtige organische Verbindungen (NMVOC ohne Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKW) und Halone), Stickoxide (NO_x), Schwefeldioxid (SO_2) und Staub/Partikel (ohne groben Flugstaub) bei der Verbrennung von Energieträgern freigesetzt.

(2) Die Berechnung der mit dem Energieträgereinsatz verbundenen Emissionen wurde wie im Energiereport nach dem IPCC-Sektoransatz vorgenommen. Hierbei werden die Endenergieverbräuche der Sektoren Private Haushalte, GHD, Industrie und Verkehr mit jeweils spezifischen Emissionsfaktoren belegt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass gemäß internationaler Konvention nur 20 % der im internationalen Luftverkehr verbrauchten Treibstoffe emissionswirksam verbucht werden.

Im Umwandlungsbereich wurde bei Kraftwerken, Heizwerken und Heizkraftwerken der Energieträgereinsatz mit den jeweiligen Emissionsfaktoren multipliziert. In den sonstigen Umwandlungssektoren (im Wesentlichen Raffinerien, Kokereien und Ortsgaswerke sowie Hochöfen) wurden die Emissionsfaktoren auf die Differenz von Umwandlungseinsatz und Umwandlungsausstoß sowie auf den Eigenverbrauch dieser Sektoren angewendet.

(3) Abgesehen von CO_2, bei dem sich die Emissionen parallel zum energieträgerspezifischen Verbrauch entwickeln, variieren die Emissionsfaktoren der Treibhausgase je nach Nutzungsfall und eingesetzter Technologie. Für die Fortentwicklung der Emissionsfaktoren im Prognosezeitraum wurden Schätzungen vorgenommen, die die in der jüngeren Vergangenheit beobachteten Werte gemäß UBA in abgeschwächter Form fortschreiben. Der Prognose dieser Emissionsfaktoren und damit auch der zugehörigen Emissionen ist mit vergleichsweise großen Unsicherheiten verbunden.

(4) Die Tabelle 6.2-1 zeigt die Entwicklung der Treibhausgase (THG) im Überblick. Bei der in internationalen Vergleichen üblichen Betrachtungsweise, in der die Emissionen des internationalen Luftverkehrs nur zu 20 % berücksichtigt werden, nehmen die THG-Emissionen zwischen 2002 und 2030 um knapp 19 % ab und liegen mit 704,5 Mio t im Jahr 2030 um 32,3 % unterhalb des Kyoto-Referenzwertes. Zwischen 1990 und 2010 vermindern sich die energiebedingten THG-Emissionen um 19,8 %. Unter Berücksichtigung der nichtenergiebedingten THG-Emissionen sinken die THG-Emissionen insgesamt um gut 22 %. Damit wird

die von Deutschland im Rahmen des EU-Burden-Sharing übernommene Reduktionsverpflichtung erreicht. Der Reduktionspfad weist gegenüber dem Energiereport vernachlässigbare Veränderungen auf.

Gegenüber den ausgewiesenen Werten kann es durch die unterstellte Ausweitung der Biokraftstoffherstellung zu höheren nicht energiebedingten THG-Emissionen kommen. Die spezifischen Emissionsfaktoren unterscheiden sich je nach Herstellungsverfahren.[1] Im ungünstigsten Fall könnten sich die THG-Emissionen im Jahr 2030 um 25 Mio t erhöhen. Der Rückgang betrüge dann statt 19 % nur 16 %.

Tab. 6.2-1: **Energiebedingte Treibhausgasemissionen 2002 – 2030, in Mio t**

		Ölpreisvariante			**Referenzprognose**		
	2002	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
CO_2-Emissionen							
Umwandlungsbereiche	356,8	347,8	360,9	331,7	341,6	335,0	289,3
Industrie	132,0	125,4	116,0	111,0	126,2	118,3	113,2
Verkehr	193,4	184,1	154,7	139,8	191,9	180,4	172,5
ohne int.Flugverkehr	176,4	163,6	129,2	113,3	171,3	154,5	145,5
Haushalte, Handel, Gewerbe, Militär	176,2	174,7	150,4	131,6	177,5	158,7	142,0
Insgesamt	**858,4**	**832,0**	**781,9**	**714,2**	**837,1**	**792,4**	**717,0**
ohne int.Flugverkehr	841,4	811,5	756,4	687,6	816,5	766,5	690,1
Treibhausgasemissionen (ohne int.Luftverkehr)							
CO_2-Äquivalente							
CO_2	841,4	811,5	756,4	687,6	816,5	766,5	690,1
CH_4 (incl. abandoned mines) *	17,6	14,3	11,1	9,3	14,6	11,6	10,0
N_2O	9,9	8,8	8,2	7,6	8,4	7,6	6,7
Insgesamt	**868,9**	**834,6**	**775,6**	**704,5**	**839,6**	**785,7**	**706,8**
Veränderung Treibhausgase geg. 1990, in %	-16,5	-19,8	-25,5	-32,3	-19,3	-24,5	-32,1

Quelle: UBA 2004 (ex-post), prognos (ex-ante)

* Seit 1990 konstant 87 kt abandoned mines, Wert wurde für Prognose beibehalten

1 Die Verbrennung biogener Kraftstoffe im Fahrzeugmotor selbst ist CO_2-neutral. Die Emissionen entstehen bei Erzeugung und Transport der Biokraftstoffe und bewegen sich etwa zwischen 15 und 60 g/MJ Kraftstoff. Bei der Herstellung von BTL z.B. aus Holzhackschnitzeln wird gleichzeitig Strom erzeugt, der zum Teil ins Netz eingespeist wird. Im Vergleich zur Stromerzeugung im deutschen Kraftwerkspark werden hierdurch CO_2–Emissionen in einer Größenordnung von 30 g/MJ Kraftstoff eingespart. Vgl. hierzu Thrän/Weber et al (2006)

(5) Die Entwicklung der Treibhausgase bzw. der sonstigen Schadstoffe ist in Tabelle 6.2-2 detailliert ausgewiesen (Angaben dort ohne den internationalen Flugverkehr)[2]. Abweichungen gegenüber dem Energiereport ergeben sich bei folgenden Emissionen:

Der deutliche Rückgang der **Methan**-(CH_4)-Emissionen (2030: -9,3 % gegenüber Referenz) ist vor allem auf den geringeren Endenergieverbrauch an Öl und Erdgas zurückzuführen. Denn mit dem Verbrauch verringern sich die bei Gewinnung und Verteilung der entsprechenden Produkte frei werdenden Emissionen.

Die Emissionen von **Distickstoffoxid** (N_2O) weisen gegenüber dem Energiereport im Jahr 2030 eine Zunahme von knapp 13 % auf, die auf den verstärkten Steinkohleneinsatz im Umwandlungssektor (Stromerzeugung) und in der Industrie (KWK) zurückzuführen ist.

Der Rückgang der **Kohlenmonoxid**-(CO)-**Emissionen** (2030: -5,8 % gegenüber Referenz) wird von der Substitution konventioneller durch biogene Kraftstoffe im Verkehr bestimmt.

Ähnlich verhält es sich bei den **Stickoxiden** (NO_x). Allerdings steht dem Rückgang im Verkehrsbereich im Vergleich zur Referenz ein Anstieg im Umwandlungssektor gegenüber. Im Saldo liegen die NO_x)-Emissionen 2030 um knapp 5 % unter dem Referenzwert.

Der Rückgang der Emissionen von **nichtmethanhaltigen flüchtigen organischen Verbindungen** (NMVOC) ist ebenfalls durch die Entwicklung im Verkehr geprägt. Im Jahr 2030 unterschreiten sie den Referenzwert um 9,1 %.

Die Emissionen von **Schwefeldioxid** liegen im Jahr 2030 um mehr als 50 % über dem entsprechenden Energiereportwert, was auf den verstärkten Einsatz von Steinkohle in der Verstromung sowie in KWK-Anlagen in der Industrie und im Sektor GHD zurückzuführen ist.

Die selben Gründe verursachen erhöhte **Staubemissionen**. Im Jahr 2030 überschreiten diese den Referenzwert um 29 %.

---

2 Bei CH_4 (Methan) werden die Emissionen stillgelegter Kohleminen (abandoned mines) in Höhe von 87 kt (1990 bis 2002) konstant, nicht aufgeführt. Bei der Berechnung der CO_2-Äquivalente von CH_4 sind diese jedoch enthalten. Auch in der Prognose wurde dieser Wert beibehalten.

Tab. 6.2-2: **Energiebedingte Emissionen (ohne internationalen Flugverkehr), 2002 - 2030**

		Ölpreisvariante			Referenzprognose			Abweichung gegenüber der Referenzprognose		
Emissionen CO_2 (in Mio Tonnen)	**2002**	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
1. Energiebedingte Emissionen	841,4	811,5	756,4	687,6	816,5	766,5	690,1	-0,6%	-1,3%	-0,4%
A. Energieverbrauch (Sektoransatz)	841,4	811,5	756,4	687,6	816,5	766,5	690,1	-0,6%	-1,3%	-0,4%
1. Umwandlungssektoren	356,8	347,8	360,9	331,7	341,6	335,0	289,3	1,8%	7,7%	14,7%
2. Industrie	132,0	125,4	116,0	111,0	126,2	118,3	113,2	-0,6%	-2,0%	-2,0%
3. Verkehr (o.int.Flugverkehr)	176,4	163,6	129,2	113,3	171,3	154,5	145,5	-4,4%	-16,4%	-22,2%
4. übrige Sektoren	176,2	174,7	150,4	131,6	177,5	158,7	142,0	-1,6%	-5,3%	-7,3%
B. Energiegewinnung/-verteilung	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE			
1. Feste Brennstoffe	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE			
2. Öl und Gas	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE			
nachrichtlich: nat. Flugverkehr	4,2	5,1	6,4	6,6	5,2	6,5	6,7	-0,7%	-1,5%	-1,6%
Emissionen CH_4 (in 1000 Tonnen)	**2002**	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
1. Energiebedingte Emissionen	749,9	592,3	439,4	354,2	610,0	466,3	390,6	-2,9%	-5,8%	-9,3%
A. Energieverbrauch (Sektoransatz)	55,3	45,6	41,1	39,3	45,8	41,9	39,8	-0,4%	-1,9%	-1,5%
1. Umwandlungssektoren	5,5	5,3	5,4	4,7	5,2	5,0	4,0	2,3%	7,2%	16,0%
2. Industrie	5,4	5,1	4,7	4,5	5,2	4,9	4,7	-1,7%	-3,4%	-3,9%
3. Verkehr (o.int.Flugverkehr)	13,4	10,4	7,7	7,1	10,8	8,6	8,1	-2,9%	-10,9%	-12,6%
4. übrige Sektoren	31,0	24,7	23,3	23,0	24,6	23,4	23,0	0,3%	-0,2%	-0,1%
B. Energiegewinnung/-verteilung	694,5	546,7	398,2	314,9	564,3	424,4	350,7	-3,1%	-6,2%	-10,2%
1. Feste Brennstoffe	346,8	243,2	135,9	88,2	243,2	135,9	88,2	0,0%	0,0%	0,0%
2. Öl und Gas	347,7	303,5	262,3	226,8	321,1	288,5	262,6	-5,5%	-9,1%	-13,6%
nachrichtlich: nat. Flugverkehr	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-0,7%	-1,5%	-1,6%
Emissionen N_2O (in 1000 Tonnen)	**2002**	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
1. Energiebedingte Emissionen	31,8	28,5	26,3	24,4	27,1	24,5	21,5	5,0%	7,4%	13,3%
A. Energieverbrauch (Sektoransatz)	31,8	28,5	26,3	24,4	27,1	24,5	21,5	5,0%	7,4%	13,3%
1. Umwandlungssektoren	12,5	12,5	12,9	11,8	11,1	10,4	8,1	12,6%	24,1%	44,6%
2. Industrie	2,7	2,7	2,4	2,3	2,5	2,2	2,1	6,7%	7,6%	10,7%
3. Verkehr (o.int.Flugverkehr)	14,8	11,6	9,5	9,0	11,8	10,4	10,0	-2,0%	-8,1%	-9,6%
4. übrige Sektoren	1,9	1,7	1,5	1,3	1,7	1,5	1,4	1,8%	-2,7%	-2,8%
B. Energiegewinnung/-verteilung	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE			
1. Feste Brennstoffe	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE			
2. Öl und Gas	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE			
nachrichtlich: nat. Flugverkehr	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-0,7%	-1,5%	-1,6%
Emissionen NO_x (in 1000 Tonnen)	**2002**	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
1. Energiebedingte Emissionen	1.385,9	1.215,5	1.103,2	997,0	1.258,7	1.158,0	1.048,1	-3,4%	-4,7%	-4,9%
A. Energieverbrauch (Sektoransatz)	1.385,9	1.215,5	1.103,2	997,0	1.258,7	1.158,0	1.048,1	-3,4%	-4,7%	-4,9%
1. Umwandlungssektoren	262,3	228,6	214,3	181,4	226,7	201,9	157,1	0,8%	6,1%	15,5%
2. Industrie	151,8	134,6	106,6	82,6	132,9	106,0	81,2	1,2%	0,6%	1,7%
3. Verkehr (o.int.Flugverkehr)	776,3	680,8	638,3	605,8	716,9	680,8	656,6	-5,0%	-6,2%	-7,7%
4. übrige Sektoren	195,4	171,5	144,0	127,2	182,1	169,2	153,3	-5,8%	-14,9%	-17,0%
B. Energiegewinnung/-verteilung	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE			
1. Feste Brennstoffe	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO			
2. Öl und Gas	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE			
nachrichtlich: nat. Flugverkehr	22,4	27,6	34,8	36,2	27,8	35,3	36,8	-0,7%	-1,5%	-1,6%
Emissionen CO (in 1000 Tonnen)	**2002**	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
1. Energiebedingte Emissionen	3.723,6	2.830,9	2.336,7	2.220,8	2.873,3	2.466,7	2.357,8	-1,5%	-5,3%	-5,8%
A. Energieverbrauch (Sektoransatz)	3.716,4	2.825,3	2.333,4	2.218,6	2.867,8	2.463,3	2.355,6	-1,5%	-5,3%	-5,8%
1. Umwandlungssektoren	119,3	137,8	132,4	126,2	134,9	129,4	120,8	2,2%	2,3%	4,4%
2. Industrie	605,3	661,5	659,9	659,8	660,4	658,6	658,0	0,2%	0,2%	0,3%
3. Verkehr (o.int.Flugverkehr)	1.972,4	1.121,3	690,3	597,3	1.165,9	814,6	731,7	-3,8%	-15,3%	-18,4%
4. übrige Sektoren	1.019,4	904,7	850,8	835,4	906,6	860,7	845,0	-0,2%	-1,2%	-1,1%
B. Energiegewinnung/-verteilung	7,2	5,6	3,3	2,2	5,6	3,3	2,2	0,0%	0,0%	0,0%
1. Feste Brennstoffe	7,2	5,6	3,3	2,2	5,6	3,3	2,2	0,0%	0,0%	0,0%
2. Öl und Gas	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE			
nachrichtlich: nat. Flugverkehr	22,4	27,3	34,1	35,5	27,4	34,6	36,1	-0,7%	-1,5%	-1,6%

Quelle: UBA, EWI/Prognos

Fortsetzung **Tab. 6.2-2:** Energiebedingte Emissionen (ohne internationalen Flugverkehr), 2002 - 2030

Emissionen NMVOC (in 1000 Tonnen)	**2002**	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
1. Energiebedingte Emissionen	371,2	285,3	238,9	224,4	297,5	260,8	246,9	-4,1%	-8,4%	-9,1%
A. Energieverbrauch (Sektoransatz)	336,4	249,5	215,6	205,0	260,2	233,3	222,9	-4,1%	-7,6%	-8,0%
1. Umwandlungssektoren	8,5	7,5	6,5	5,0	7,7	6,4	4,4	-1,7%	1,7%	13,5%
2. Industrie	6,3	5,5	4,4	4,1	5,4	4,5	4,1	0,7%	-0,7%	-0,4%
3. Verkehr (o.int.Flugverkehr)	234,7	157,1	129,9	123,1	165,0	142,3	136,0	-4,8%	-8,7%	-9,4%
4. übrige Sektoren	86,9	79,5	74,7	72,8	82,2	80,1	78,5	-3,3%	-6,8%	-7,2%
B. Energiegewinnung/-verteilung	34,9	35,8	23,3	19,4	37,3	27,5	24,0	-4,1%	-15,4%	-19,0%
1. Feste Brennstoffe	1,1	0,9	0,7	0,6	1,0	0,8	0,6	-5,9%	-5,4%	-4,4%
2. Öl und Gas	33,8	34,9	22,6	18,8	36,3	26,8	23,4	-4,1%	-15,6%	-19,4%
nachrichtlich: nat. Flugverkehr	3,4	4,1	5,1	5,3	4,1	5,2	5,4	-0,7%	-1,5%	-1,6%
Emissionen Staub (in 1000 Tonnen)	**2002**	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
1. Energiebedingte Emissionen	97,5	88,7	65,0	58,9	78,0	55,4	45,8	13,6%	17,2%	28,8%
A. Energieverbrauch (Sektoransatz)	97,5	88,7	65,0	58,9	78,0	55,4	45,8	13,6%	17,2%	28,8%
1. Umwandlungssektoren	34,8	33,5	30,5	27,1	32,7	29,9	25,7	2,3%	1,9%	5,4%
2. Industrie	9,5	9,3	8,2	8,4	8,5	7,3	7,3	9,0%	12,2%	15,8%
3. Verkehr (o.int.Flugverkehr)	35,7	24,6	11,8	7,7	26,1	13,4	9,6	-5,8%	-12,1%	-20,4%
4. übrige Sektoren	17,4	21,3	14,5	15,7	10,7	4,8	3,2	99,6%	202,7%	399,6%
B. Energiegewinnung/-verteilung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
1. Feste Brennstoffe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
2. Öl und Gas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
nachrichtlich: nat. Flugverkehr	0,0	0,8	1,0	1,1	0,8	1,0	1,1	-0,7%	-1,5%	-1,6%
Emissionen SO_2 (in 1000 Tonnen)	**2002**	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**	**2010**	**2020**	**2030**
1. Energiebedingte Emissionen	557,5	541,2	453,0	373,7	468,1	368,2	246,8	15,6%	23,0%	51,4%
A. Energieverbrauch (Sektoransatz)	537,6	522,3	435,9	359,6	449,3	351,1	232,7	16,2%	24,2%	54,6%
1. Umwandlungssektoren	337,5	312,9	279,5	210,5	279,7	235,1	137,1	11,9%	18,9%	53,5%
2. Industrie	108,7	119,3	101,7	97,1	101,2	80,9	69,5	17,9%	25,7%	39,7%
3. Verkehr (o.int.Flugverkehr)	3,5	1,6	1,8	1,9	1,7	1,8	1,9	-1,4%	-1,4%	-1,3%
4. übrige Sektoren	87,9	88,5	52,8	50,1	66,7	33,2	24,1	32,5%	59,1%	107,7%
B. Energiegewinnung/-verteilung	19,9	19,1	17,3	14,3	19,0	17,2	14,3	0,4%	0,1%	-0,1%
1. Feste Brennstoffe	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1,0%	0,2%	0,3%
2. Öl und Gas	19,6	18,8	17,1	14,1	18,8	17,1	14,1	0,4%	0,1%	-0,1%
nachrichtlich: nat. Flugverkehr	0,5	0,6	0,8	0,8	0,6	0,8	0,8	-0,7%	-1,5%	-1,6%

7 Auswirkungen extrem hoher Ölpreise

Mit der Ölpreisvariante und der energiewirtschaftlichen Referenzprognose ist ein breites Spektrum künftiger Entwicklungsmöglichkeiten der Energiepreise abgedeckt. Gegenwärtig werden vereinzelt noch wesentlich höhere Preispfade für Rohöl diskutiert. Wir halten diese Szenarien – wie eingangs ausgeführt – für unwahrscheinlich. Sie lassen sich auch nur sehr begrenzt analysieren, da sie nicht im Einklang mit wesentlichen fundamentalen Faktoren stehen und voraussetzen, dass zentrale ökonomische Wirkungsmechanismen außer Kraft gesetzt werden. Deshalb sollen im Folgenden nur einige generelle Überlegungen zu denkbaren Konsequenzen extrem hoher Ölpreise angestellt werden.

7.1 Auswirkungen extrem hoher Ölpreise auf die Stabilität des internationalen Ölangebots

(1) Dauerhaft extrem hohe Ölpreise von real 100 $/bbl und darüber würden auf der Ebene des internationalen Ölangebots zu gravierenden Veränderungen führen: Bislang beruhten Investitionsentscheidungen der meisten Ölunternehmen in Exploration und Fördertechnik auf langfristigen Ölpreisen von 20-25 $/bbl. Eine Vervierfachung dieses Erlöses pro Barrel Rohöl würde für Angebotsoptionen, die bisher weit unter der Wirtschaftlichkeitsschwelle lagen, extreme Renditen bedeuten.

(2) Bei extrem hohen Preisen für Rohöl wären zusätzliche konventionelle Ölvorkommen außerhalb der OPEC und die Realisierung höherer Entölungsgrade (die derzeit 30-50% betragen) rentabel. Darüber hinaus wären die Förderung gewaltiger Vorkommen nicht-konventioneller Öle (Schwer- und Schwerstöle, Ölsande, Ölschiefer) sowie Gasverflüssigungs- und Kohleverflüssigungstechnologien (GTL, CTL) bei Ölpreisen von 100 $/bbl hoch rentabel.

(3) Da diese zusätzlichen Angebotsoptionen vorrangig in Nicht-OPEC-Staaten entwickelt werden, tragen sie zur langfristigen Stabilität des internationalen Ölangebots bei.

(4) Infolge der bei extrem hohen Ölpreisen zu erwartenden erheblichen zusätzlichen Angebotsmengen müssten die Länder der OPEC bei unverändertem eigenem Angebotsverhalten einen deutlichen Rückgang ihres Anteils am Weltölmarkt hinnehmen. Dies wäre aufgrund der extrem hohen Ölpreise zwar nicht notwendigerweise mit Erlöseinbußen der OPEC verbunden – für das Kartell bestünden aber starke Anreize zu einer

(koordinierten) Ausweitung seines Ölangebots, um von den hohen Ölpreisen stärker zu profitieren.

(5) Höhere Ölpreise verstärken das – für die OPEC latent immer vorhandene – Problem einer Gefährdung der Kartelldisziplin unter den OPEC-Mitgliedern. Denn von höheren Preisen gehen stärkere Anreize für jedes einzelne Land der OPEC aus, die vereinbarten Fördermengen zu überschreiten und – zulasten der übrigen Kartellmitglieder – zusätzliche Gewinne einzufahren. Das Resultat kann ein Zusammenbrechen des OPEC-Kartells sein, mit der Folge einer drastischen Ausweitung des Ölangebots und Absenkung des Ölpreises.

(6) Aus alledem folgt, dass dauerhaft extrem hohe Ölpreise von 100 $/bbl und mehr unter gewöhnlichen Umständen als extrem unwahrscheinlich einzuschätzen sind. Vorstellbar wären sie allenfalls im Zusammenhang mit Krisenszenarien, etwa aufgrund eskalierender Konflikte im Nahen Osten und längerfristig andauernden kriegerischen Auseinandersetzungen. Für derartige Krisenszenarien betrachten wir im Weiteren die Auswirkungen extrem hoher Preise auf Öl nachfragende Industrieländer wie Deutschland.

7.2 Nachfrageseitige Auswirkungen extrem hoher Ölpreise

(1) Dauerhaft extrem hohe Ölpreise von real 100 $/bbl und mehr würden die in der Ölpreisvariante für Deutschland gezeigten Auswirkungen generell verstärken: Energiesparen durch effizientere Energienutzung oder auch durch Komfortverzicht (Suffizienz), Substitution von Öl und Gas durch Kohle und erneuerbare Energien sowie - sofern die Preissteigerungen hier moderat bleiben – durch Strom. Zum Teil aber dürften länger anhaltende sehr hohe Ölpreise weiter gehende Reaktionen auslösen, zum Teil könnten aber auch Einsparinvestitionen verhindert werden, sofern es einen starken Einkommensentzug gibt.

(2) Folgende Effekte sind bei sehr hohen Preisen wahrscheinlich:

- Die Politik wird vermehrt Maßnahmen zur Verringerung der Abhängigkeit von Öl und Gas ergreifen. Dazu zählen Förderprogramme zur Steigerung der Energieeffizienz und zum Ausbau regenerativer Energien ebenso wie Informations-Kampagnen mit demselben Ziel. Die Außenpolitik wird größeres Gewicht auf die Stabilisierung der Beziehungen zu Energielieferländern legen. Andere Aspekte wie z.B. die Achtung der Menschenrechte oder der Stand der Demokratisierung in den Lieferländern könnten dabei in den Hintergrund treten.

- Die Belastung durch höhere Ausgaben für Energie nimmt kurzfristig stark zu. Es kommt zu einem zusätzlichen Kaufkraftentzug bei Privaten Haushalten und zur Gewinnkompression bei gewerblichen Energieverbrauchern. Dadurch werden sowohl auf einzelwirtschaftlicher wie auf gesamtwirtschaftlicher Ebene die Möglichkeiten eingeschränkt, die Ìnvestitionen zur Steigerung der Energieeffizienz auszuweiten.
- Bei Privaten Haushalten hängt die Möglichkeit, in Energieeinsparungen zu investieren auch von der personellen Einkommensverteilung ab. Wohlhabende Haushalte können Investitionen trotz sehr hoher Energiepreise realisieren und sparen dadurch mittel- bis langfristig Energiekosten ein. Weniger wohlhabende Haushalte können sich wegen der gestiegenen Ausgaben für Energie zusätzliche Energieeinsparinvestitionen nicht leisten. Sie sehen sich mittel- bis langfristig mit hohen Energieausgaben konfrontiert.
- Ähnlich ist es bei gewerblichen Energienutzern. Hier hängt die Möglichkeit zu zusätzlichen Energieeinsparinvestitionen auch davon ab, in welchem Ausmaß sich Ergebnis und Liquidität eines Unternehmens durch die höheren Energieausgaben in Verbindung mit der ggf. schwächeren Nachfrage wegen des Kaufkraftentzugs bei den Konsumenten verschlechtern. Unternehmen, die durch diese Effekte weniger stark betroffen sind, können eher in Einsparungen investieren als Unternehmen, die eine hohe zusätzliche Belastung zu tragen haben.
- In der Elektrizitätserzeugung wird anstelle von Erdgas verstärkt auf andere Energieträger gesetzt werden. Die technologische Entwicklung von Umwandlungsprozessen wird intensiviert. Neue Technologien, wie moderne Kohletechnologien, CO_2-Abscheidung, Brennstoffzellen und emissionsfreie Kraftwerke durchlaufen schneller wichtige Entwicklungsstufen.
- Diese Wirkungen können den Strukturwandel beschleunigen oder bremsen.

  Beschleunigt wird der Strukturwandel auf der einen Seite, weil energieintensive Branchen höhere zusätzliche Energiekostenbelastungen tragen müssen als weniger energieintensive Branchen. Eine Abwanderung sehr energieintensiver Industrien in Energielieferländer ist nicht auszuschließen, sofern sie dort Öl und Gas zu Konditionen unterhalb der Weltmarktpreise beziehen können. Von extrem hohen Ölpreisen profitieren tendenziell solche Unternehmen, die Produkte zur Steigerung der Energieeffizienz oder zur Nutzung von erneuerbaren Energien oder von Kohle herstellen. Zusätzliche Nachfrage bedeuten hohe Ölpreise auch für Unternehmen, die

größere Teile ihrer Produktion in Öl- und Gaslieferländer exportieren. Mit extrem hohen Ölpreisen ist auf jeden Fall eine Umverteilung von Gewinnen innerhalb des Unternehmenssektors verbunden.

Auf der anderen Seite wird der Strukturwandel verlangsamt, weil aufgrund der deutlich niedrigeren Löhne bei Konkurrenten in Schwellenländern die Energiekostenbelastung in der Regel relativ höher sein dürfte als bei branchengleichen Unternehmen in Deutschland oder in anderen vergleichbaren Industriestaaten. Zusätzliche Energiekostenbelastungen verteuern deshalb die Endprodukte aus Schwellenländern relativ stärker als die Produkte aus Industrieländern. Die im Zuge der Globalisierung fortschreitende Verlagerung von Teilen der Wertschöpfung ins Ausland zum Zweck der Kostenersparnis könnte dadurch gebremst werden. Eine Ausnahme bildet die bereits angesprochene mögliche Verlagerung energieintensiver Produktion in Öl- und Gaslieferländer, sofern Energie dort unterhalb der Weltmarktpreise angeboten wird.

Welche Gesamtwirkung sich durch das Zusammenspiel dieser Faktoren ergeben würde, ist kaum vorherzusagen und hängt nicht zuletzt auch von den Reaktionen im Ausland ab. Unstrittig ist aber, dass Geschwindigkeit und Richtung des Strukturwandels durch extrem hohe Ölpreise beeinflusst werden.

- Schließlich gehen von dauerhaft sehr hohen Energiepreisen Wirkungen auf den öffentlichen Haushalt aus. Durch das gebremste Wachstum verringern sich die Steuereinnahmen und erhöhen sich tendenziell die Ausgaben für Arbeitslosigkeit. Hinzu kommen geringere Einnahmen aus der Besteuerung von Energieträgern. Dem stehen – für sich genommen - höhere Mehrwertsteuereinnahmen aufgrund eines insgesamt höheren Preisniveaus gegenüber. In der Summe sind bei extrem hohen Ölpreisen aber zusätzliche Belastungen für den Staatshaushalt zu erwarten.

(3) Die folgenden Tabellen geben eine Übersicht darüber, welche Reaktionen auf extrem hohe Ölpreise in den einzelnen Sektoren zu erwarten sind. Dabei wird unterschieden zwischen kurzfristig, mittelfristig und langfristig möglichen Maßnahmen.

	Kurzfristige Reaktionen	**Mittelfristige Reaktionen**	**Langfristige Reaktionen**
Private Haushalte			
Raumwärme und Warmwasser	Absenkung der Raumtemperatur Übergang zu Teilbeheizung Einzelraumtemperaturregelung Übergang zur Stoßlüftung Fugendichtigkeit der Fenster erhöhen Rolladennutzung bei Kälte	bessere Gebäudeisolierung bessere Heizungssteuerung Zwangsbelüftung Brennwerttechnik Wärmepumpen Solarthermie bessere Fenster	Niedrigstenergiestandard, Passivhausstandard Geothermie Dichtere Bebauung Bessere Architektur und Planung (Nutzung solarer Einstrahlung, natürliche Verschattung, Natürliches Licht, Komfortlüftung etc)
Elektrogeräte	Außerbetriebnahme Zweitgeräte Abschaltung bei Nichtgebrauch (z.B. Licht, Elektrogeräte mit stand-by) Nutzung schaltbarer Netzleisten Restwärmenutzung beim E-Herd Vermeiden unnötiger Verbräuche (halbvolle Geschirrspüler, Waschmaschinen, Trockner)	Kauf marktbester Geräte Ggf. vorzeitiger Geräteaustausch Kauf von Geräten der richtigen Größe Verbot „weicher“ Netzteile	Wie mittelfristig Durchdringung neuer Technologien(z.B. Induktion beim Kochen, Wärmepumpen-Trockner)
GHD			
Raumwärme und Warmwasser	wie Haushalte	wie Haushalte	wie Haushalte
Prozesswärme	KWK-Einsatz Bessere Organisation Regelung Betriebsoptimierung	Betriebsoptimierung Einsatz neuester Technik Einsatz energiesparender Technik	Geothermie Prozessumstellung: Ersatz konventioneller Wärme-/Kälteprozesse durch biotechnische oder sonstige effizientere Techniken

EWI/Prognos

Kraft	Vermeiden von Leerlaufverlusten Begrenzung der Anfahrströme durch Leistungselektronik Einsatz besserer Regelungstechniken	Einsatz marktbester Geräte (Elektrogeräte, Verbrennungsmotoren) Umstellung auf Druckluft Wo möglich, Ersatz von Kraftanwendungen durch energieeffizientere Verfahren substituieren (Kleben statt Nieten).	Wie mittelfristig
Kühlung und Lüftung	Gezielte Nutzung Einsatz besserer Regelungstechnik Begrenzung der Anfahrströme durch Leistungselektronik	Gezielter Einsatz in Büros und Verwaltung Einsatz effizienterer Geräte (höhere COPs)	Bessere Planung Nutzung natürlicher Bedingungen (Verschatten statt Kühlen) Nutzung abgeführter Wärme
Bürogeräte	Ausschalten bei Nichtgebrauch Nutzung von Energiespar-Modi	Einsatz effizienterer Geräte Energiesparende „Mobiltechnologie“ in stationären Geräten (PC)	Wie mittelfristig
Beleuchtung	Ersatz ineffizienter Glühlampen durch Sparlampen Ausschalten der Beleuchtung bei Verlassen beleuchteter Räume	Schnellere und weitere Durchdringung von Energiesparleuchten Einsatz von Lichtkonzentratoren Nutzung natürlicher Lichtquellen	Substitution von Glühlampen durch Sparlampentechniken (Kaltlichtlampen, Hochspannungs-Halogenleuchten, LED-Techniken u.a.)

	Kurzfristige Reaktionen	Mittelfristige Reaktionen	Langfristige Reaktionen
Industrie			
Brennstoffeinsatz	Substitution von Öl und Gas durch Kohle Betriebsoptimierung	Prozessumstellung (z.B. mechanische Trocknung statt Wärmetrocknung) Substitution von Öl und Gas durch Strom Einsatz energieeffizienterer Geräte und Anlagen Optimierung von Geräteeinsatz und Prozessen	Prozessumstellung (Biokatalysatoren statt Wärme)
Strom	Wie Geräte GHD bzw. wie Prozesswärme GHD	Wie Geräte GHD bzw. wie Prozesswärme GHD	Wie Geräte GHD bzw. wie Prozesswärme GHD
Stromerzeugung	Verschiebung der Energieträgerstruktur im Kraftwerkseinsatz zugunsten der Kohlen, Zufeuerung von Biomasse und Abfällen, Brennstoffsubstitution durch Verschiebung in Stromimporten und -exporten	Verstärkte Anlagenmodernisierung, Betriebsoptimierung	Geringerer Ausbau gasbefeuerter Kraftwerke, Mehr Kohle, Erneuerbare, Effizientere Kraftwerke, neue Umwandlungstechnologien

	Kurzfristige Reaktionen	Mittelfristige Reaktionen	Langfristige Reaktionen
Verkehr			
Motorisierter Individualverkehr	Vermeidung von Stopp-and-go-Verkehr (Baustellen, Engpässe, Optimierte Ampelschaltungen (Ausschalten wenn möglich) Eco-Drive Reduktion der Verkehrsleistung Bildung v. Fahrgemeinschaften Reduktion der Fahrleistung Geschwindigkeitsbeschränkung	Down-Sizing des Fz-Bestandes Vermehrter Einsatz von Hybrid-Fahrzeuge u. alternativen Antrieben Einsatz von Biokraftstoffen Abbau von Infrastruktureng-pässen und Netzüberlastungen Besteuerung der Fz-Nutzung anstelle des Fz-Bestandes	Veränderung Siedlungsstruktur Verstärkung ÖPNV Beeinflussung Modal-split Road-Pricing
Straßengüterverkehr	Erhöhung des Ladefaktors Reduktion der Transportleistung Reduktion der Fahrleistung Navigationssysteme vorschreiben	Verlagerung von VL auf die Schiene Alternative Antriebe Einsatz effizienterer Lkw-Technik Besteuerung der Fz-Nutzung anstelle des Fz-Bestandes	Ausbau Schieneninfrastruktur und Infrastruktur Kombiverkehr
ÖPSNV	Höhere Auslastung besseres Auslastungs-management	Angebots- und Kapazitätsausweitung	Ausweitung der ÖSPNV-Infrastruktur, Erschließung neuer bzw. stillgelegter Strecken, Wettbewerbsfreundliche Regulierung
Schienenpersonennahverkehr	Höhere Auslastung besseres Auslastungs-management	Kapazitätsausweitung durch Zukauf von Fz Reaktivierung stillgelegter Strecken	Ausbau der Schieneninfra-struktur

EWI/Prognos

Schienenpersonenfernverkehr	Höhere Auslastung besseres Auslastungs-management	Kapazitätsausweitung durch Zukauf von Fz	Ausbau der Schieneninfra-struktur
Schienengüterverkehr	Höhere Auslastung besseres Auslastungs-management	Kapazitätsausweitung durch Zukauf von Fz	Ausbau der Schieneninfra-struktur
Binnenschifffahrt	Höhere VL durch vermehrten Kohletransport	Verkürzung der Umschlagzeiten Verbesserte Logistik	Einsatz effizienterer Schiffe Einsatz von Containerschiffen
Luftverkehr	Substitution Kurzstreckenflug-verkehr auf die Bahn (bis ca. 300 km Reiseentfernung)	Besteuerung Flugtreibstoffe	Effizientere Flugzeuge Einsatz von Fracht-Luftschiffen

8 Schlussfolgerungen für die Energiepolitik

(1) Die **energiepolitischen Ziele** beinhalten eine wirtschaftliche, sichere sowie Umwelt und Klima schonende Energieversorgung.

(2) Aufgrund des Spannungsverhältnisses dieser Ziele – importierte Brennstoffe unterliegen Preis- und Mengenrisiken, heimische Energieträger sind teils emissionsintensiv, erneuerbare Energien vielfach noch nicht wettbewerbsfähig etc –, besteht die Aufgabe der Energiepolitik in der Austarierung ihrer Ziele. Im Folgenden versuchen wir zu umreißen, wie diese Balance durch höhere Ölpreise beeinflusst wird.

(3) Höhere Preise für Öl und Gas bedeuten höhere Kosten der Energieversorgung. Folglich gewinnen Anstrengungen zur **Verminderung des Energieverbrauchs** durch technische Effizienzverbesserungen, sparsameres Verbrauchsverhalten (Suffizienz) und Energieträgersubstitution an Bedeutung.

(4) Da nicht klar ist, ob marktgetriebene Innovationen mit Blick auf die Verknappung und Verteuerung des Öls zur „rechtzeitigen" Bereitstellung kostengünstiger Alternativen führen, ist die staatliche Förderung von **Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten** im Bereich regenerativer, nuklearer und anderer fossiler (Kohle) Energien und Energietechniken, einschließlich Demonstrations- und Pilotanlagen, Teil einer vorausschauenden Energiepolitik.

(5) Der **Verkehrssektor** ist von höheren Ölpreisen besonders stark betroffen. Alternative Treibstoffe und Antriebe sind, von Nischen abgesehen, heute noch weit von der Wirtschaftlichkeit entfernt. Die Begünstigung der Beimischung biogener Kraftstoffe ist eine nahe liegende Option, mit dem Ziel, diese längerfristig an die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber Benzin und Diesel aus Mineralöl heranzuführen.

(6) In der **Industrie und Energiewirtschaft** sind zur Erzeugung von Prozesswärme und Elektrizität insbesondere mit den Kohlen wettbewerbsfähige Substitute für Öl und Gas gegeben. Unternehmen begegnen Preisrisiken der Öl- und Gasversorgung mittels Energieträgerdiversifizierung entsprechend ihrer jeweiligen Portfolios. Bei entsprechender Ausgestaltung und Etablierung eines funktionierenden Emissionshandelsystems für CO_2-Zertifikate werden Aspekte des Klimaschutzes

hierbei marktgerecht berücksichtigt. Zusätzlicher energiepolitischer Handlungsbedarf infolge höherer Öl- und Gaspreise besteht insofern nicht.

(7) Die Wirtschaftlichkeit von **erneuerbaren Energien** in der Stromerzeugung wird durch höhere Öl- und Gaspreise nur moderat verbessert, da sich die Strompreise nur wenig erhöhen (vgl. Kapitel 5). Der wesentliche politische Handlungsbedarf ist hier von den Preisen für Öl und Gas unabhängig: er betrifft die europaweite Harmonisierung des Förderregimes, um EU-weit die kostengünstigsten Standorte für Energieerzeugung aus regenerativen Energien zu erschließen, dadurch unnötige Kosten zu vermeiden und diese Technologien in Binnenmarkt kompatibler Weise an den wettbewerblichen Strommarkt heranzuführen.

(8) Der energie- und umweltpolitische Handlungsbedarf im Bereich des **Wärmeschutzes** vermindert sich durch höhere Öl- und Gaspreise tendenziell, da höhere Brennstoffkosten Wärmeschutzmaßnahmen marktgetrieben begünstigen.

(9) Die **energie- und gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen** höherer Öl- und Gaspreise werden durch Anpassungsmechanismen des Marktes begrenzt: Wirtschaftswachstum und Beschäftigung in Deutschland werden durch höhere Energiepreise nur leicht abgeschwächt, da diese zum einen weltweit wirken, zum anderen der binnenwirtschaftliche Kaufkraftentzug durch eine erhöhte Exportnachfrage teilweise kompensiert wird.

(10) Auf internationaler Ebene gewinnt die Stabilisierung der **Beziehungen zu Energielieferländern** an Bedeutung. Hierbei ist die Energiepolitik auf das Zusammenspiel mit anderen Ressorts und international starken Partnern angewiesen.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1-1: Entwicklung von Öl- und Gaspreisen 3

Abb. 1.2-1 Wesentliche Bestimmungsfaktoren des Ölpreises 4

Abb. 1.3-2: Szenarien der Ölpreisentwicklung 8

Abb. 2.1-1: Preisabhängige Verfügbarkeit von Erdöl 11

Abb. 2.1-2: Reale Ölpreise in Referenzprognose und Ölpreisvariante, $(2000)/bbl 13

Abb. 2.2-1: Endverbraucherpreise für Strom 1995–2030 nach Verbrauchergruppen, EUR-Cent/kWh, Ölpreisvariante (links), Veränderung gegenüber Referenz (rechts) 18

Abb. 3.1-1: Bevölkerung nach Altersstufen 1995 – 2030, Jahresende, in Tsd 23

Abb. 3.1-2: Private Haushalte 1995 – 2030 nach Haushaltsgröße, Jahresende, in Tsd 24

Abb. 5.1-1: Regionale Auflösung des Modells CEEM 95

Abb. 5.1-2: Bruttoleistung des Kraftwerksparks nach Einsatzenergien 2000 – 2030, in GW, Ölpreisvariante (links), Veränderung gegenüber Referenz (rechts) 100

Abb. 5.1-3: Bruttostromerzeugung nach Einsatzenergien 2000 – 2030, in TWh, Ölpreisvariante (links), Veränderung gegenüber Referenz (rechts) 102

Abb. 5.1-4: Entwicklung der Großhandelspreise für Strom (Base), EUR-Cent(2000)/kWh, Ölpreisvariante (links), Veränderung gegenüber Referenz (rechts) 105

Tabellenverzeichnis

Tab. 1.3-1: Ölpreise in ausgewählten Veröffentlichungen 7

Tab. 2.1-1: Nominale und reale Primärenergieträgerpreise 1995 – 2030 14

Tab. 2.2-1: Verbraucherpreise für Mineralölprodukte, Erdgas und Kohle 2002 – 2030 15

Tab. 2.2-2: Strompreise 1995 – 2030, nach Verbrauchergruppen, in EUR-Cent/kWh 17

Tab. 3.1-1: Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftszweigen 2002 bis 2030, real in Preisen von 1995, in Mrd EUR 21

Tab. 3.1-2: Erwerbstätige nach Wirtschaftszweigen 2002 bis 2030, in 1.000 22

Tab. 4.1-1: Endenergieverbrauch insgesamt nach Energieträgern und Verbrauchssektoren, 2002 – 2030, in PJ 27

Tab. 4.2-1: Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte, temperaturbereinigt, 2002 – 2030, Modellergebnisse, PJ 32

Tab. 4.2-2: Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte, 2002 – 2030, nicht temperaturbereinigt, Abgrenzung der Energiebilanz, in PJ 32

Tab. 4.2-3: Wohnflächenbestand zur Jahresmitte 2002, in Mio m^2 33

Tab. 4.2-4: Bevölkerung, Privathaushalte und Wohnungsversorgung, 2002 - 2030* 34

Tab. 4.2-5: Zugang an Wohnflächen nach Gebäudeklassen, 2003 – 2030 35

Tab. 4.2-6: Beheizungsstruktur der Wohnungsneubauten, 1996 – 2030, in % 36

Tab. 4.2-7: Beheizungsstruktur der Flächen in Wohnungsneubauten, 2003 – 2030, Mio m^2 37

Tab. 4.2-8: Beheizungsstruktur des Wohnflächenbestandes, 2002 – 2030, in % 38

Tab. 4.2-9: Beheizungsstruktur des Wohnflächenbestandes, 2002 – 2030, Jahresdurchschnitt, (in Mio m^2) 38

Tab. 4.2-10: Sanierungseffizienz in Abhängigkeit von Baujahr und Gebäudealter, (Verbesserung des Wärmeleistungsbedarfs pro Sanierungsfall, in %) 40

Tab. 4.2-11: Energetische Sanierungshäufigkeit in Abhängigkeit vom Gebäudealter (% p.a.) 40

Tab. 4.2-12: Mittlere spezifische Heizenergiebedarfe, Nutzungsgrade und Endenergieverbräuche nach Energieträgern und Heizsystemen, 2002 – 2030 . 42

Tab. 4.2-13: Der Energieverbrauch für Raumwärme – Modellergebnisse*, 2002 – 2030, in PJ 44

Tab. 4.2-14: Spezifischer Warmwasserverbrauch pro Kopf nach Systemen, 2002 – 2030 .. 45

Tab. 4.2-15: Struktur der Warmwasserversorgung der Wohnbevölkerung (Tsd Personen), 2002 – 2030* 47

Tab. 4.2-16: Nutzungsgrade in der Warmwasserversorgung, 2002 – 2030, in % 48

Tab. 4.2-17: Der Endenergieverbrauch für Warmwasser, 2002 – 2030, Modellergebnisse*, in PJ 48

Tab. 4.2-18: Der Endenergieverbrauch für das Kochen, 2002 – 2030 49

Tab. 4.2-19: Entwicklung der Technikkomponente* des spezifischen Verbrauchs, 2002 – 2030, in kWh/Gerät 50

Tab. 4.2-20 Ausstattung der Haushalte mit Elektrogeräten, 2002 – 2030, Erstgeräteausstattung, in % 51

Tab. 4.2-21: Verbrauchsrelevante Mengenkomponenten, 2002 – 2030, Elektrogeräte in Mio 51

Tab. 4.2-22: Der Energieverbrauch für Elektrogeräte im Haushalt, 2002 – 2030, Modellergebnisse in Mrd kWh 52

Tab. 4.3-1: Energieverbrauch im Sektor GHD, 2002-2030, Modellergebnisse, temperaturbereinigt, in PJ 56

Tab. 4.3-2: Energieverbrauch nach Energieträgern im Sektor GHD, 2002-2030, Abgrenzung der Energiebilanz, in PJ 58

Tab. 4.3-3: Rahmendaten für den Sektor GHD, 2002-2030 58

Tab. 4.4-1: Industrieproduktion 2002 – 2030, Mrd EUR, in Preisen von 2002 63

Tab. 4.4-2: Spezifischer Energieverbrauch in der Industrie 2002 – 2030, in PJ/Mrd EUR 64

Tab. 4.4-3: Energieverbrauch in der Industrie 2002 – 2030, in PJ 64

Tab. 4.4-4: Spezifischer Brennstoffverbrauch in der Industrie 2002 – 2030, in PJ/Mrd EUR 65

Tab. 4.4-5: Brennstoffverbrauch in der Industrie 2002 – 2030, in PJ..... 65

Tab. 4.4-6: Spezifischer Stromverbrauch in der Industrie 2002 – 2030, in PJ/Mrd EUR .. 66

Tab. 4.4-7: Stromverbrauch in der Industrie 2002 – 2030, in PJ 66

Tab. 4.4-8: Endenergieverbrauch in der Industrie nach Energieträgern 2002 – 2030, in PJ 67

Tab. 4.5-1: Der Energieverbrauch im Verkehr insgesamt 2002 – 2030, in PJ 71

Tab. 4.5-2: Personenverkehrsleistungen, 2002 – 2030, in Mrd Personenkilometer 72

Tab. 4.5-3: Güterverkehrsleistungen, 2002 – 2030, in Mrd Tonnenkilometer* 73

Tab. 4.5-4: Determinanten des Energieverbrauchs von Pkw und Kombi, 2002 – 2030..... 75

Tab. 4.5-5: Energieverbrauch von Pkw und Kombi 2002 – 2030, in PJ 78

Tab. 4.5-6: Determinanten des Energieverbrauchs der motorisierten Zweiräder, 2002–2030 78

Tab. 4.5-7: Determinanten des Energieverbrauchs des Kraftomnibusverkehrs, 2002 – 2030 79

Tab. 4.5-8: Determinanten des Energieverbrauchs der übrigen Kraftfahrzeuge, 2002–2030 81

Tab. 4.5-9: Energieverbrauch der übrigen Kraftfahrzeuge, 2002–2030, in Mio Liter 82

Tab. 4.5-10: Der Energieverbrauch im Straßenverkehr, 2002 – 2030, in PJ 83

Tab. 4.5-11: Determinanten des Energieverbrauchs im schienengebundenen Öffentlichen Straßenpersonennahverkehr, 2002 – 2030 84

Tab. 4.5-12: Determinanten des Energieverbrauchs im Eisenbahnpersonenverkehr, 2002 – 2030 86

Tab. 4.5-13: Determinanten des Energieverbrauchs im Schienengüterverkehr, 2002 – 2030 88

Tab. 4.5-14: Der Energieverbrauch im Schienenverkehr insgesamt, 2002 – 2030, in PJ 89

Tab. 4.5-15: Determinanten des Energieverbrauchs der Binnenschifffahrt, 2002 – 2030 90

Tab. 4.5-16: Determinanten des Energieverbrauchs im Luftverkehr 2002 – 2030 91

Tab. 5.1-1: Brennstoffpreise frei Kraftwerk in Deutschland, 2000 – 2030, in EUR(2000)/GJ 96

Tab. 5.1-2: Bruttostromverbrauch und –erzeugung 2000-2030, in TWh 97

Tab. 5.1-3: Bruttoleistung, Bruttostromerzeugung und Jahresvolllaststunden 2000-2030 nach Einsatzenergieträgern, in GW, TWh, h/a 101

Tab. 5.1-4: Bruttostromerzeugung, Energieträgereinsatz und Jahresnutzungsgrad 2000-2030 in TWh, PJ und Prozent 104

Tab. 5.2-1: Entwicklung der Fernwärmewirtschaft 1995-2030, in PJ (in der Abgrenzung der Energiebilanz) 107

Tab. 5.2-2: Kapazitäten, Umwandlungseinsatz, Umwandlungsausstoß und Eigenverbrauch der Raffinerien, in PJ 110

Tab. 6.1-1: Primärenergieverbrauch 2002 – 2030, nach Energieträgern 114

Tab. 6.1-2: Primärenergieäquivalente der erneuerbaren Energiequellen zur Wärme-, Strom und Kraftstoffversorgung in Deutschland, 2000 bis 2030, in PJ 115

Tab. 6.1-3: Beitrag der erneuerbaren Energiequellen zur Wärme-, Strom- und Kraftstoffversorgung in Deutschland, 2000 bis 2030, in PJ 116

Tab. 6.1-5: Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2010 120

Tab. 6.1-6: Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2015 122

Tab. 6.1-7: Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2020 124

Tab. 6.1-8: Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2025 126

Tab. 6.1-9: Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2030 128

Tab. 6.2-1: Energiebedingte Treibhausgasemissionen 2002 – 2030, in Mio t 132

Tab. 6.2-2: Energiebedingte Emissionen (ohne internationalen Flugverkehr), 2002 - 2030 134

Literaturverzeichnis

Clark, Martin (2005): The 100-year storm, in: Petroleum Economist, London.

DIW (2005): Kemfert, Claudia/ Horn, Manfred: Wohin entwickelt sich der Ölpreis? In: DIW Wochenbericht Nr. 41/2005, Berlin.

EIA (2005) (Energy Information Administration): International Energy Outlook 2005, Juli 2005, Washington.

EIA (2006) (Energy Information Administration): Annual Energy Outlook 2006, Februar 2006, Washington.

EU (2003): World Energy, Technology and Climate Policy Outlook 2030, Brüssel.

EWI / Prognos (2005): Energiereport IV: Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030 - Energiewirtschaftliche Referenzprognose, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (Hrsg.), München.

HWWI (2005) (Hamburgisches Weltwirtschaftsinstitut): Energierohstoffe, Hamburg.

IEA (2004) (International Energy Agency): World Energy Outlook 2004, Paris.

IEA (2005) (International Energy Agency): World Energy Outlook 2005: Middle East and North Africa Insights, Paris.

IEA (2005a) (International Energy Agency): Resources to Reserves: Oil & Gas Technologies for the Energy Markets of the Future, Paris.