



# Dokumentation

## Nr. 545

Dokumentation

# **EWI/Prognos – Studie Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030**

Energiewirtschaftliche Referenzprognose  
Energierport IV – Kurzfassung

[www.bmwa.bund.de](http://www.bmwa.bund.de)

**Untersuchung im Auftrag des  
Bundesministeriums für  
Wirtschaft und Arbeit, Berlin**

**Projektleitung:**

Walter Schulz,  
Energiewirtschaftliches Institut  
an der Universität zu Köln (EWI)

**Projektmitarbeiter:**

**EWI:**

Michael Bartels  
Christoph Gatzert  
Dietmar Lindenberger  
Felix Müsgens  
Markus Peek  
Andreas Seeliger  
Dirk Steuber  
Ralf Wissen

**Prognos AG:**

Peter Hofer  
Almut Kirchner  
Janina Scheelhaase  
Michael Schlesinger

**Corporate Design**

Hauer + Dörfler, Berlin

**Produktion**

PRpetuum, München

**Druck**

Harzdruckerei Wernigerode

**Herausgeber**

Bundesministerium für  
Wirtschaft und Arbeit  
Referat Kommunikation und Internet/LP4  
10115 Berlin  
[www.bmwa.bund.de](http://www.bmwa.bund.de)

**Stand**

Mai 2005



Dokumentation

# **EWI/Prognos – Studie Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030**

Energiewirtschaftliche Referenzprognose  
Energierport IV – Kurzfassung

# Inhalt

<b>Wichtigste Ergebnisse</b> .....	<b>5</b>
<b>Zentrale Annahmen</b> .....	<b>8</b>
<b>Wichtigste numerische Annahmen und Ergebnisse</b> .....	<b>9</b>
<b>Kurzfassung</b> .....	<b>11</b>

## Wichtigste Ergebnisse

### Charakter der Referenzprognose

Wirtschaftspolitisches Handeln beruht auf artikulierten Vorstellungen über konkrete Aufgaben (Probleme, Chancen, Reaktionsmöglichkeiten). Die vorliegende Referenzprognose ermöglicht einen analytischen Ausblick auf die energiewirtschaftliche Entwicklung in Deutschland bis 2030. Sie verknüpft dazu langfristige Entwicklungstrends von Bevölkerung, Wirtschaft, Technik und Umwelt. Grundlegende energiepolitische Weichenstellungen, die im Prognosezeitraum wirksam oder wahrscheinlich sind, werden berücksichtigt.

### Internationale und nationale Rahmenbedingungen

**Ressourcenverfügbarkeit:** Bei den Energieressourcen werden bis 2030 keine Engpässe erwartet. Die Abhängigkeit der Energieversorgung von politisch und ökonomisch instabilen Förder- und Transitländern wächst. Die Versorgungsrisiken nehmen zu.

**Energieverbrauch der Weltregionen:** Der Weltenergieverbrauch steigt nach den vorliegenden internationalen Status quo-Prognosen bis 2030 um etwa 60 %. Zwei Drittel des Zuwachses werden auf die Entwicklungsländer entfallen. Gegensteuernde Maßnahmen können den Zuwachs verringern.

**Bestimmungsfaktoren des Weltenergieverbrauchs:** Die Weltbevölkerung wächst von 6 auf 8 Mrd. Menschen. Das Pro-Kopf-Einkommen wird weiter zunehmen. Der Rückgang des Energieverbrauchs je Einheit Wirtschaftsleistung bremst das Energieverbrauchswachstum.

**Deckung des Weltenergieverbrauchs:** Fossile Energieträger werden 2030 mehr als 4/5 des Weltenergieverbrauchs decken. Erdöl wird auch 2030 noch wichtigster Primärenergieträger sein und 35 % zur Verbrauchsdeckung beitragen.

**Weltweite CO<sub>2</sub>-Emissionen:** Die energiebedingten Emissionen steigen nach den vorliegenden internationalen Energieprojektionen weltweit bis 2030 um über 60 %, wenn keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Zwei Drittel des Zuwachses entfällt auf die Entwicklungsländer. China und Indien werden zu Großemittenten.

**Erweiterte Erdgasmärkte:** Der größte Teil der Erdgasreserven der Welt liegt in Reichweite Europas. Ein wachsender LNG-Handel verschafft Europa Zugang zu neuen Gasquellen. Die Nachfragerkonkurrenz durch asiatische und amerikanische Gasverbraucher verstärkt sich weiter.

**Preise für Energierohstoffe:** Erdöl und Erdgas werden deutlich teurer. Die realen Importpreise für Öl und Erdgas sind 2030 etwa doppelt so hoch wie in den 1990er Jahren. Der Ölpreis steigt real auf 37 US-\$(2000)/Barrel in 2030. Der Steinkohlenpreis steigt real nur wenig, der Rohbraunkohlepreis bleibt real konstant.

**Verbraucherpreise für Heizöl und Erdgas:** Die inländischen Verbraucherpreise für Mineralölprodukte und Erdgas steigen wegen des Sockeleffekts von Energiesteuern sowie Verarbeitungs- und Transportkosten weniger stark als die Importpreise.

**Strompreise:** Die Strompreise hatten im Jahr 2000 einen einmaligen Tiefstand erreicht. Der Großhandelspreis für Strom verdoppelt sich bis 2010 gegenüber dem Stand 2000 und steigt danach weiter leicht an. Die Netzpreise sinken real über den gesamten Untersuchungszeitraum. Nach 2010 entwickeln sich die Preise der Verbrauchergruppen unterschiedlich. Die Industriestrompreise steigen leicht an, die Haushaltstrompreise sinken leicht.

**Strukturelle Veränderungen im Elektrizitätssektor:** Der Elektrizitätsbinnenmarkt setzt die Stromerzeuger einem stärkeren Marktdruck aus. Gleichzeitig sind Investitions- und Betriebsentscheidungen in hohem Grade politisch bestimmt: Ausstieg aus der Kernenergie, Ausbau der erneuerbaren Energien, Einstieg in den CO<sub>2</sub>-Emissionshandel. Der Ausgleich zwischen den Zielen Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Umweltverträglichkeit der Stromerzeugung wird schwieriger.

**Technischer Fortschritt im Elektrizitätssektor:** Bei fossilen Kraftwerken und Kernkraftwerken besteht ein erhebliches Potenzial zur Steigerung der Wirkungsgrade, Senkung der Kosten, Verringerung der Schadstoffemissionen und zur Erhöhung der Sicherheit. Einige Techniken der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nähern sich gegen Ende des Prognosezeitraums der Wirtschaftlichkeitsschwelle.

**Emissionshandel in Deutschland:** Der Handel mit Emissionsrechten für Treibhausgase wurde in den EU-15-Staaten zum 1.1.2005 verbindlich eingeführt. Gravierende Auswirkungen werden in der ersten Zuteilungsperiode nicht erwartet.

### Referenzprognose

**Das internationale Umfeld:** Die Wirtschaftsleistung wird zwischen 2002 und 2030 weltweit mit jahresdurchschnittlich knapp 3 % steigen. Die Risiken nehmen wegen der weltweit enger werdenden Vernetzung zu.

**Entwicklung von Wirtschaft und Bevölkerung in Deutschland:** Die deutsche Wirtschaft wächst mit jahresdurchschnittlich 1,4 %. Die Bevölkerung geht zurück und altert stark.

**Technische Entwicklung auf der Nachfrageseite:** Technische Neuerungen beeinflussen weiterhin Form und Umfang der Energienutzung. Die neuen Techniken diffundieren wegen langer Investitionszyklen nur allmählich in den Alltag.

**Endenergieverbrauch insgesamt:** Der Endenergieverbrauch geht bis 2030 in allen Verbrauchssektoren zurück. Die Anteile von Elektrizität und Gasen nehmen zu.

**Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte:** Die Privaten Haushalte verbrauchen 2030 rund 14 % weniger Energie als 2002. Wegen zunehmender Ausstattung mit Elektrogeräten sinkt der Stromverbrauch erst nach 2020.

**Endenergieverbrauch im Sektor GHD:** Die Energienachfrage im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher (GHD) verringert sich bis 2030 um 23 %. Der Energieträgermix weist erhebliche Veränderungen auf. Mit Ausnahme der Erneuerbaren sinkt die Nachfrage bei allen Energieträgern.

**Endenergieverbrauch der Industrie:** Der Endenergieverbrauch der Industrie verringert sich bis 2030 um insgesamt 7 %. Der Stromverbrauch wächst.

**Endenergieverbrauch im Verkehrssektor:** Der Endenergieverbrauch im Verkehrssektor sinkt aufgrund zunehmend effizienter Fahrzeuge bis 2030 um knapp 4 %. Konventioneller Diesel und Biokraftstoffe gewinnen erheblich an Bedeutung.

**Elektrizitätserzeugung:** Die Stromerzeugung in Deutschland wird sich verstärkt auf Erdgas stützen. Die heimische Braunkohle rückt auf Platz 2. Die erneuerbaren Energien stellen am Ende des Prognosezeitraums 38 % der Kraftwerkskapazität und decken 26 % der Bruttostromerzeugung.

**Fernwärme:** Die Fernwärmeerzeugung geht zurück. Das ist die Folge der Einsparung im Heizwärmeverbrauch. Der Fernwärmeanteil am Endenergieverbrauch bleibt mit rund 3 % unverändert. Steinkohle, Braunkohle und Heizöl werden in der Fernwärmeerzeugung fast vollständig verdrängt und durch Abfälle und Biomasse sowie Erdgas ersetzt.

**Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland:** Der Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch steigt von 3,4 % in 2002 auf 11,5 % in 2030. Mehr als die Hälfte des Zuwachses geht in die Stromerzeugung, die 2030 zu gut einem Viertel auf erneuerbaren Energien basiert. Die regenerativen Kraftstoffe decken 2030 8 % des Kraftstoffverbrauchs.

**Primärenergieverbrauch:** Der Primärenergieverbrauch in Deutschland nimmt langfristig ab. Im Vergleich zur Vergangenheit ist dies ein neuer Trend. Der Energieverbrauch je Einwohner sinkt um 12 %.

**Struktur des Primärenergieverbrauchs:** Die Struktur des Primärenergieverbrauchs verändert sich im Prognosezeitraum erheblich. Die Anteile von Gas und der erneuerbaren Energien nehmen zu, Kohle verliert an Bedeutung.

**Energiebedingte Emissionen:** Die energiebedingten Treibhausgasemissionen sinken zwischen 2002 und 2030 um 18,6 %. Im Vergleich zum Jahr 1990 liegen sie am Ende des Prognosezeitraums um 32 % niedriger. Die Kyoto-Verpflichtung wird erfüllt.

## Anhänge

**Methodik von Energieprognosen:** Die Methodik von Energieprognosen und Fragen zur künftigen Entwicklung der Energietechnik wurden in zwei interdisziplinären Experten-Workshops diskutiert.

**Vergleich aktueller Untersuchungen zur energiewirtschaftlichen Entwicklung in Deutschland:** Die vorliegenden Untersuchungen zeigen ein heterogenes Bild. Je nach Zielsetzung, Methode und Zeithorizont weisen sie zwangsläufig unterschiedliche Ergebnisse auf.

**Ermittlung der Kosten der Energieversorgung (wertmäßige Energiebilanz):** Erstmals wird versucht, eine wertmäßige Energiebilanz aufzustellen. Dadurch werden die Energieausgaben der Volkswirtschaft in die Referenzprognose integriert. Die realen Ausgaben für Primärenergie verdoppeln sich bis 2030 bei sinkendem Primärenergieverbrauch. Die Energieausgaben der Verbraucher (ohne Steuern und sonstige Belastungen) erhöhen sich real um ein Drittel.

**Externe Kosten der Energieversorgung:** Die Marktpreise für Energie erfassen nur einen Teil der mit der Energienutzung verbundenen Kosten. Neuere Ansätze versuchen, die externen Kosten der Energieversorgung umfassend zu bewerten. Methodische und statistische Probleme sind nicht zufrieden stellend gelöst.

## Zentrale Annahmen

### Globale Entwicklungen

Die **Weltbevölkerung** wächst um ein Drittel von 6 auf 8 Mrd. Menschen. Die Staaten Asiens gewinnen zunehmend an ökonomischer und politischer Bedeutung.

Der **Weltenergieverbrauch** wird im Prognosezeitraum um mehr als die Hälfte ansteigen. Fossile Energieträger werden in 2030 mehr als vier Fünftel des Weltenergieverbrauchs decken.

Der **Erdölpreis** steigt real auf 37 US-\$(2000)/b in 2030.

### Entwicklungen in Deutschland

Bis zum Jahr 2030 werden **keine grundlegenden Veränderungen der Rahmenbedingungen** für die energiewirtschaftliche Entwicklung erwartet. Demokratie und Marktwirtschaft bleiben die Fundamente der Gesellschaft. Im Umgang mit Energie treten keine bruchartigen Verhaltensänderungen auf. Energie steht für die Mehrzahl der Verbraucher 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 **Wirtschaft wächst** mit jahresdurchschnittlich 1,4%. Zusätzliche Arbeitsplätze werden im Dienstleistungssektor geschaffen. Die industrielle Basis bleibt erhalten.

Der **technische Fortschritt** steigert die Energieeffizienz. Energiepolitische Maßnahmen unterstützen die rationelle Energienutzung. Die Umsetzung technischer Neuerungen erfolgt im Wesentlichen im Rahmen der normalen Investitionszyklen. Technologiesprünge sind nicht zu erwarten.

Die **Verbraucherpreise für Energieträger** sind durch die internationalen Energiepreise, die Umwandlungs- und Transportkosten im Inland sowie Steuern und sonstige Belastungen bestimmt. Die Transport- und Verteilungskosten verringern sich real. Die Energiesteuersätze bleiben real konstant.

Die **Stromerzeugung aus Kernenergie** ist gemäß Ausstiegsbeschluss auf 2.623 TWh (ab 01.01.2000) beschränkt und läuft nach 2020 aus.

Die **Förderung erneuerbarer Energien** wird über den gesamten Prognosezeitraum fortgesetzt.

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



## Wichtigste numerische Annahmen und Ergebnisse

Referenzprognose 2005	Einheit	Absolutwerte				% p. a.			
		2000	2010	2020	2030	2000-2010	2010-2020	2020-2030	2000-2030
<b>Welt</b>									
Bevölkerung	Mio.	6.068	6.822	7.528	8.117	1,2	1,0	0,8	1,0
BIP real 95	Mrd. US-(1995)	34.510	46.268	62.398	81.175	3,0	3,0	2,7	2,9
Ölpreis real 2000	US-(2000) / b	28	28	32	37	0,0	1,3	1,5	0,9
<b>Deutschland</b>									
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. [P*km]	1.051	1.110	1.089	1.060	0,5	-0,2	-0,3	0,0
Tonnen-km	Mrd. [t*km]	491	598	715	785	2,0	1,8	0,9	1,6
<b>Preise Haushalte (inkl. MwSt.), real 2000</b>									
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
<b>Preise Großhandel (ohne MwSt.), real 2000</b>									
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.	8,0	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
<b>Primärenergieverbrauch</b>									
Mineralöl	PJ	14.356	14.220	13.019	12.129	-0,1	-0,9	-0,7	-0,6
Naturgase	%	38,3	37,7	38,1	38,0	-0,3	-0,8	-0,7	-0,6
Steinkohle	%	21,1	25,2	28,7	31,5	1,7	0,4	0,2	0,8
Braunkohle	%	14,0	11,3	10,8	6,7	-2,2	-1,4	-5,2	-3,0
Kernenergie	%	10,8	10,7	11,6	12,3	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1
Regenerative	%	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
<b>Endenergieverbrauch</b>									
Private Haushalte	PJ	9.241	9.275	8.847	8.427	0,0	-0,5	-0,5	-0,3
GHD	%	28,2	30,2	29,8	29,3	0,7	-0,6	-0,7	-0,2
Industrie	%	16,0	16,0	15,3	14,3	0,0	-0,9	-1,2	-0,7
Verkehr	%	26,1	24,9	25,2	25,8	-0,4	-0,4	-0,2	-0,3
Mineralölprodukte	%	29,8	29,0	29,6	30,6	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
Naturgase	%	45,1	43,3	41,0	39,6	-0,4	-1,0	-0,8	-0,7
Kohle	%	24,9	26,0	26,3	26,3	0,5	-0,4	-0,5	-0,1
Strom	%	5,3	4,3	3,9	3,9	-2,1	-1,4	-0,5	-1,3
Fernwärme	%	18,8	20,0	21,2	22,0	0,7	0,1	-0,1	0,2
Regenerative	%	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
<b>Bruttostromerzeugung</b>									
Wasser	TWh	575	617	594	584	0,7	-0,4	-0,2	0,1
Kernkraft	%	5,1	4,4	4,9	5,0	-1,4	1,0	0,2	-0,1
Steinkohle	%	29,5	20,7	5,2	0,0	-3,5	-12,8		
Braunkohle	%	24,9	19,5	18,3	8,5	-2,4	-0,6	-7,4	-3,5
Erdgas	%	25,8	25,8	28,4	29,3	0,0	1,0	0,3	0,4
Wind	%	8,6	16,1	24,4	32,7	6,5	4,2	3,0	4,6
Sonstige	%	1,7	7,0	11,1	15,8	15,5	4,7	3,6	7,8
Sonstige	%	6,7	6,5	7,6	8,7	-0,3	1,6	1,4	0,9
<b>Effizienzindikatoren</b>									
PEV pro Kopf	GJ / Kopf	175	173	160	153	-0,1	-0,7	-0,5	-0,4
BIP / PEV	Euro / GJ	137	157	201	244	1,4	2,5	2,0	1,9
Industrieprod./EEV	Euro / GJ	167	196	236	275	1,6	1,9	1,5	1,7
Personen-km/EEV	Pkm / kJ	539	588	631	632	0,9	0,7	0,0	0,5
Tonnen-km/EEV	tkm / kJ	645	734	835	917	1,3	1,3	0,9	1,2
<b>CO<sub>2</sub>-Indikatoren</b>									
		Absolutwerte				1990-2000	1990-2010	2010-2030	1990-2030
CO <sub>2</sub> -Emissionen	Mio. t	1.000	853	837	717	-1,6	-0,9	-0,8	-0,8
CO <sub>2</sub> / BIP	g / Euro	614	381	321	242	-4,7	-3,2	-1,4	-2,3
CO <sub>2</sub> / Einwohner	t / Kopf	15,9	10,3	10,3	9,0	-4,2	-2,1	-0,6	-1,4

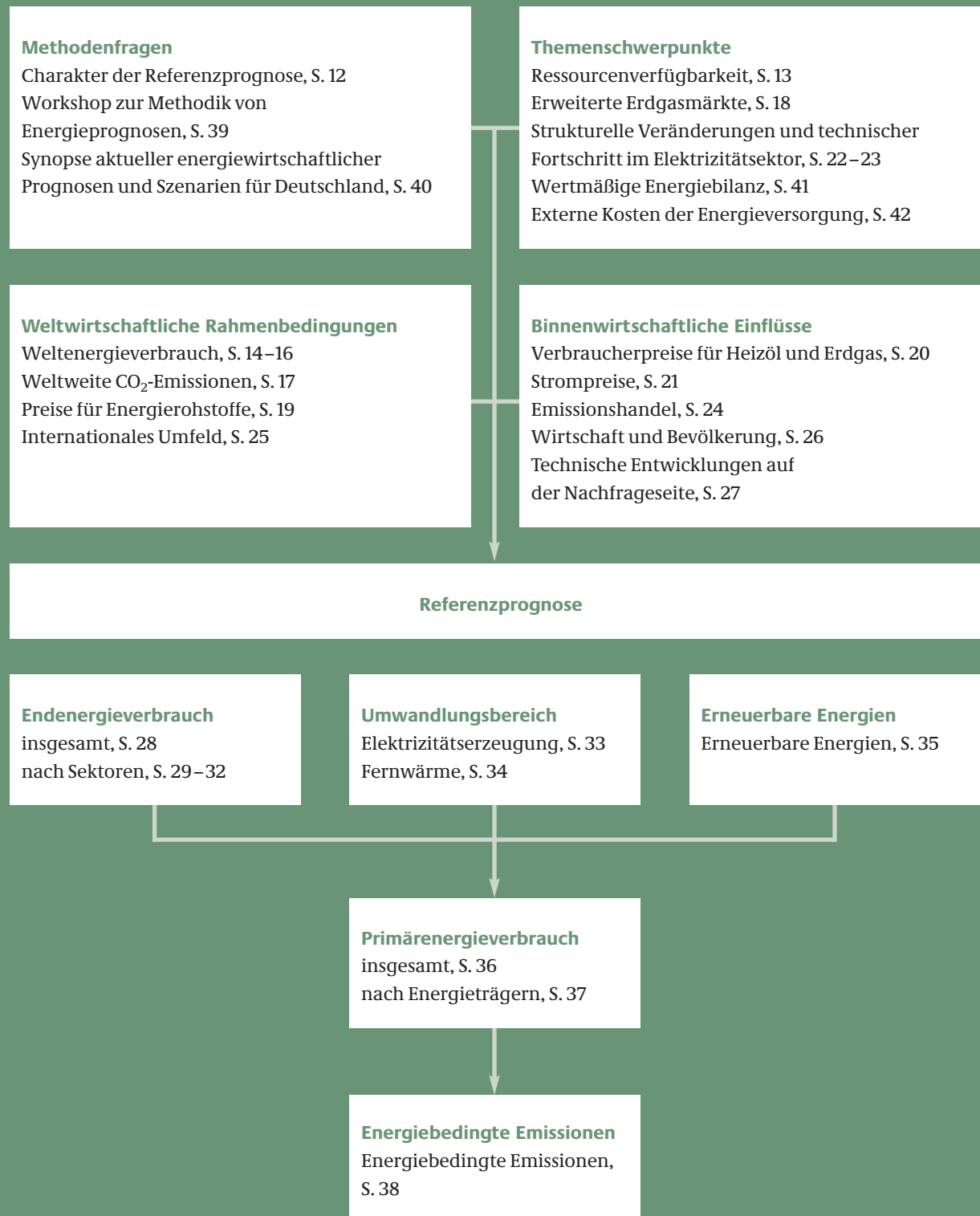
n.v. nicht verfügbar

Quelle: EWI/prognos



# Kurzfassung

## Aufbau der Studie



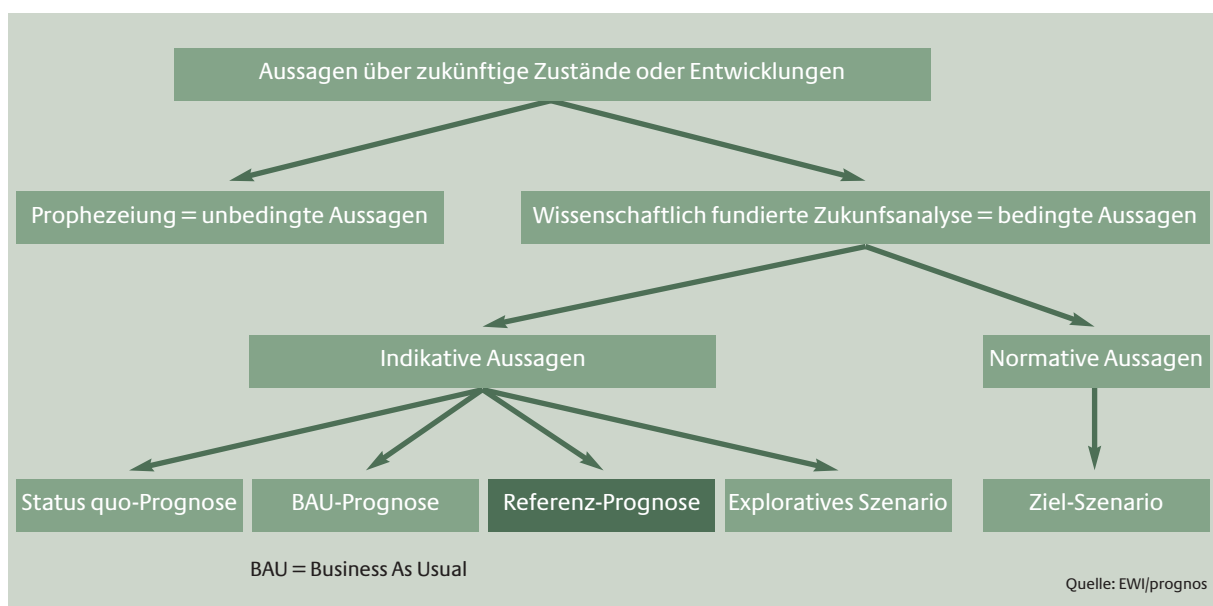
## Charakter der Referenzprognose

Wirtschaftspolitisches Handeln beruht auf artikulierten Vorstellungen über konkrete Aufgaben (Probleme, Chancen, Reaktionsmöglichkeiten). Die vorliegende Referenzprognose ermöglicht einen analytischen Ausblick auf die energiewirtschaftliche Entwicklung in Deutschland bis 2030. Sie verknüpft dazu langfristige Entwicklungstrends von Bevölkerung, Wirtschaft, Technik und Umwelt. Grundlegende energiepolitische Weichenstellungen, die im Prognosezeitraum wirksam oder wahrscheinlich sind, werden berücksichtigt. Beispiele: Ausstieg aus der Kernenergie, Klimaschutzpolitik, Steuerpolitik im Energiesektor und Förderung erneuerbarer Energien.

Empirischer Ausgangspunkt der Referenzprognose ist die Funktionsweise des sozioökonomischen Gesamtsystems und seiner Veränderung aufgrund privater und politischer Präferenzen. Daraus wird die wahrscheinliche Entwicklung des Energiesektors abgeleitet. Die Referenzprognose unterscheidet sich methodisch und im Erkenntnisinteresse von Status quo-Prognosen und normativen oder explorativen Zielszenarien.

Sie geht über eine Status quo-Prognose hinaus, da sie Politikentscheidungen nicht auf dem Status quo einfriert, sondern wahrscheinliche Reaktionen der Politik auf neue Herausforderungen und Chancen in die Prognose integriert. Dabei berücksichtigt sie die Trägheiten im gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und technischen System.

Sie entwirft ein Bild der wahrscheinlichen Entwicklung, während Ziel-Szenarien und explorative Szenarien bestimmte Ziele (Beispiel: CO<sub>2</sub>-Reduktion) vorgeben und untersuchen, unter welchen Bedingungen und mit welchen Mitteln diese vorgegebenen Einzelziele realisiert werden können.



## Ressourcenverfügbarkeit

Bei den Energieressourcen werden bis 2030 keine Engpässe erwartet. Die Abhängigkeit der Energieversorgung von politisch und ökonomisch instabilen Förder- und Transitländern wächst. Die Versorgungsrisiken nehmen zu.

Bis 2030 wird die Weltenergieversorgung nicht an Grenzen der Verfügbarkeit stoßen. Technischer Fortschritt wird wie in der Vergangenheit dem Trend zur Verschlechterung der Lagerstättenbedingungen bei den Abbauressourcen entgegenwirken, die wirtschaftlichen Einsatzmöglichkeiten der erneuerbaren Energien erweitern und eine bessere Ausnutzung der Kernbrennstoffe erlauben.

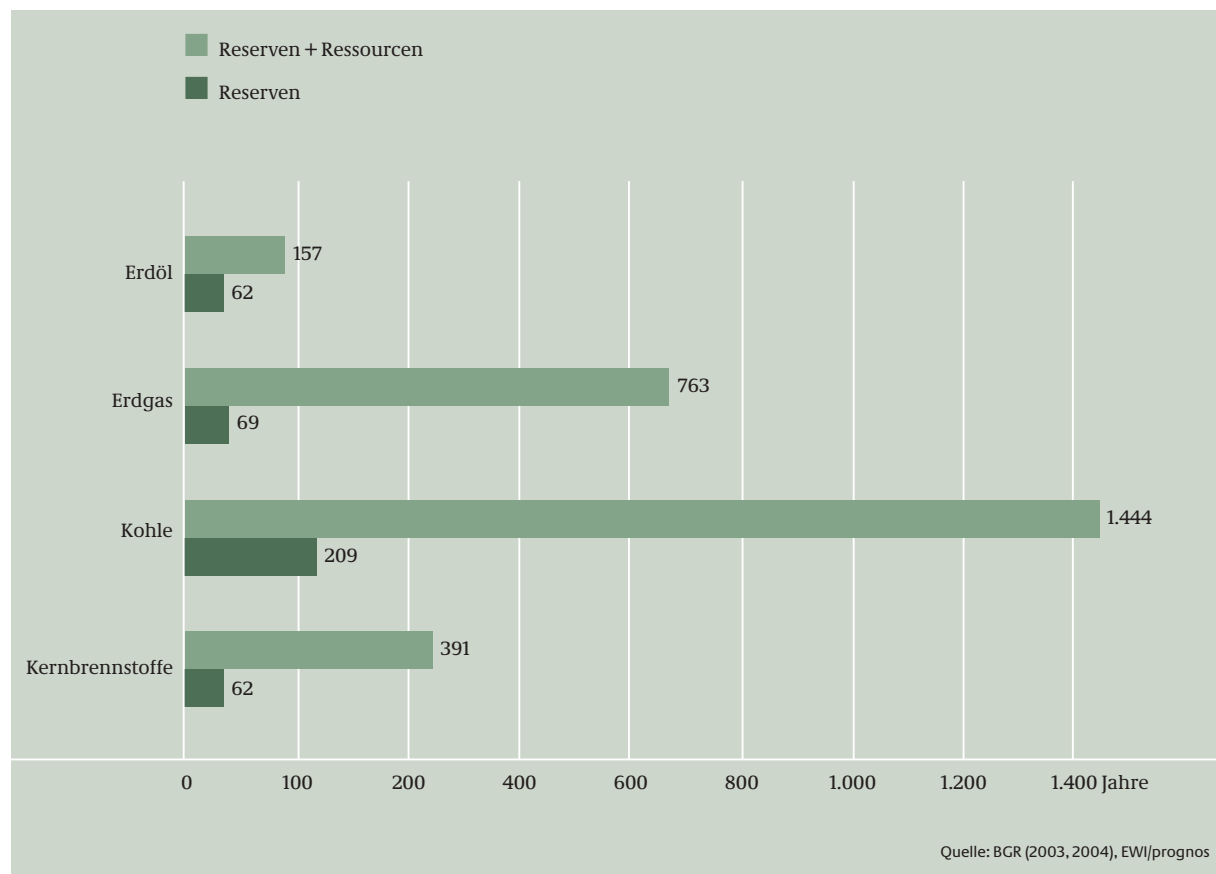
Das Potenzial an erneuerbaren Energien ist gewaltig. Die bis 2030 wirtschaftlich nutzbaren Mengen bleiben jedoch bescheiden.

Die weitaus größten fossilen Energiepotenziale sind in Form von Kohlen verfügbar. Die Reichweite der Kohlereserven (Reserven bezogen auf heutige Jahresförderung; R/P-Verhältnis) beträgt mehr als 200 Jahre, die der Gesamtressourcen mehr als 1.400 Jahre.

Auch die Reichweite der Erdgasressourcen ist sehr hoch. Darin enthalten sind große Mengen an nicht-konventionellem Erdgas.

Das ungünstigste Verhältnis von Gesamtressourcen zum Weltverbrauch ist bei Erdöl gegeben. Der Scheitelpunkt der konventionellen Ölförderung könnte nach Modellrechnungen der Internationalen Energieagentur zwischen 2015 und 2035 erreicht werden. Dann wird verstärkt nicht-konventionelles Erdöl genutzt.

### Statische Reichweiten nicht-erneuerbarer Energieträger



## Energieverbrauch der Weltregionen

Der Weltenergieverbrauch steigt nach den vorliegenden internationalen Status quo-Prognosen bis 2030 um etwa 60 %. Zwei Drittel des Zuwachses werden auf die Entwicklungsländer entfallen. Gegensteuernde Maßnahmen können den Zuwachs verringern.

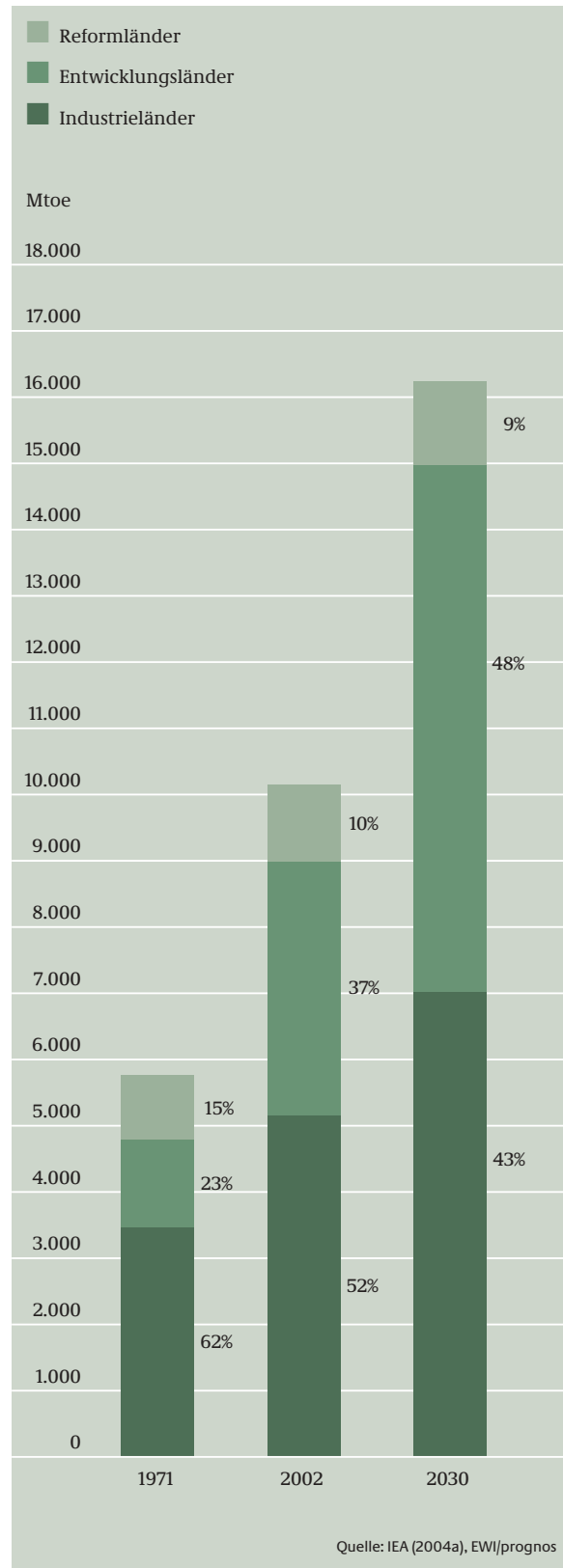
2000 entfiel auf die Industrieländer noch mehr als die Hälfte des Weltenergieverbrauchs, auf die Entwicklungsländer gut ein Drittel, auf die Reformländer 10 %. 2030 verbrauchen die Entwicklungsländer mehr Energie als die Industrieländer.

2030 verbrauchen die Entwicklungsländer 48 % des Weltenergieverbrauchs, während ihr Anteil an der Weltbevölkerung 82 % beträgt.

Der Pro-Kopf-Energieverbrauch liegt in den Entwicklungsländern in 2030 mit 1,2 toe/Kopf bei einem Fünftel des in den Industrieländern erreichten Wertes (6,4 toe/Kopf).

Die Wachstumsraten des Weltenergieverbrauchs werden etwas geringer sein als in den vergangenen 30 Jahren. Wegen der höheren Ausgangsbasis ist der absolute kumulative Weltenergieverbrauch im Zeitraum 2000 – 2030 jedoch um etwa 70 % höher als im Zeitraum 1970 – 2000.

Energieverbrauch nach Weltregionen 1971 – 2030



## Bestimmungsfaktoren des Weltenergieverbrauchs

Die Weltbevölkerung wächst von 6 auf 8 Mrd. Menschen. Das Pro-Kopf-Einkommen wird weiter zunehmen. Der Rückgang des Energieverbrauchs je Einheit Wirtschaftsleistung bremst das Energieverbrauchswachstum.

2030 werden 2 Mrd. mehr Menschen (+33%) Energie nachfragen.

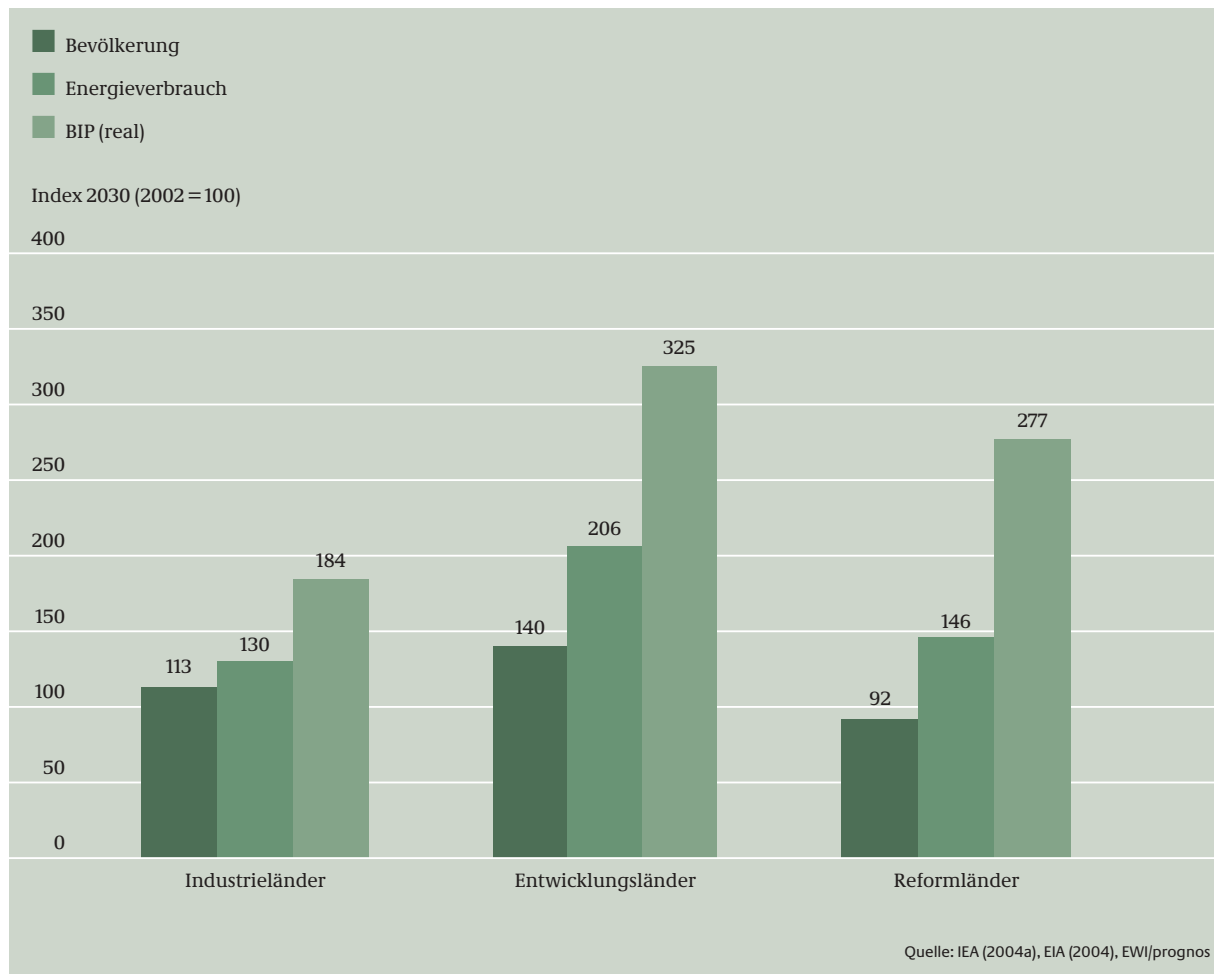
Ein Ende des weltweiten Energieverbrauchsanstiegs ist nicht in Sicht. Bis 2030 erhöht sich der Weltenergieverbrauch von 10 auf 16 Mrd. Tonnen Öläquivalent pro Jahr.

Die Wirtschaftsleistung pro Kopf steigt in den Industrieländern um gut 60 %, in den Entwicklungsländern wird sie mehr als verdoppelt und in den Reformländern verdreifacht.

Der Primärenergieverbrauch je Einheit Wirtschaftsleistung – die Primärenergieintensität – verringert sich in den Industrieländern um knapp 30 %, in den Entwicklungsländern um knapp 40 % und in den Reformländern um knapp 50 %.

Die Verringerung der Energieintensität ist aber nicht stark genug, um den Anstieg des Pro-Kopf-Einkommens auszugleichen: Der Pro-Kopf-Energieverbrauch steigt in allen Weltregionen weiter an.

Bevölkerung, Energieverbrauch und BIP nach Weltregionen 2002 – 2030



## Deckung des Weltenergieverbrauchs

Fossile Energieträger werden 2030 mehr als 4/5 des Weltenergieverbrauchs decken. Erdöl wird auch 2030 noch wichtigster Primärenergieträger sein und 35 % zur Verbrauchsdeckung beitragen.

Die in den letzten drei Jahrzehnten beobachteten Strukturänderungen im Weltenergieverbrauch setzen sich in den nächsten drei Jahrzehnten fort.

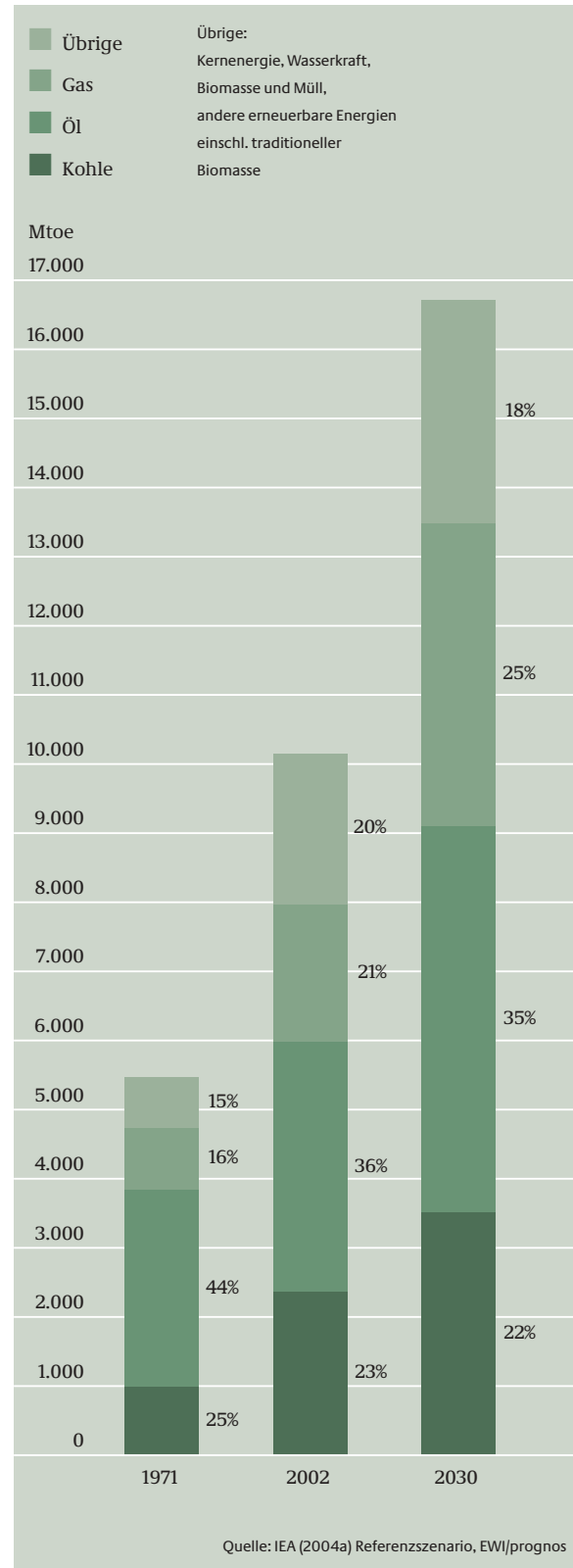
Der Kohleanteil verringert sich weiter.

Die Verringerung des Ölanteils setzt sich kaum merklich fort. Öl ist auch in 2030 wichtigster Energieträger.

Gas erhöht seinen Anteil am Weltenergieverbrauch weiter und steigt zum zweitwichtigsten Energieträger auf.

Die nicht-fossilen Energieträger (Wasserkraft, Kernenergie, sonstige erneuerbare Energien einschl. traditioneller Biomasse), die in der Vergangenheit schneller gewachsen waren als die fossilen Energieträger, nehmen zwar weiter zu, ihr Anteil am Weltenergieverbrauch geht aber leicht zurück.

Weltenergieverbrauch nach Energieträgern  
1971 – 2030





## Weltweite CO<sub>2</sub>-Emissionen

Die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen steigen nach den vorliegenden internationalen Energieprojektionen weltweit bis 2030 um über 60 %, wenn keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Zwei Drittel des Zuwachses entfällt auf die Entwicklungsländer. China und Indien werden zu Großemittenten.

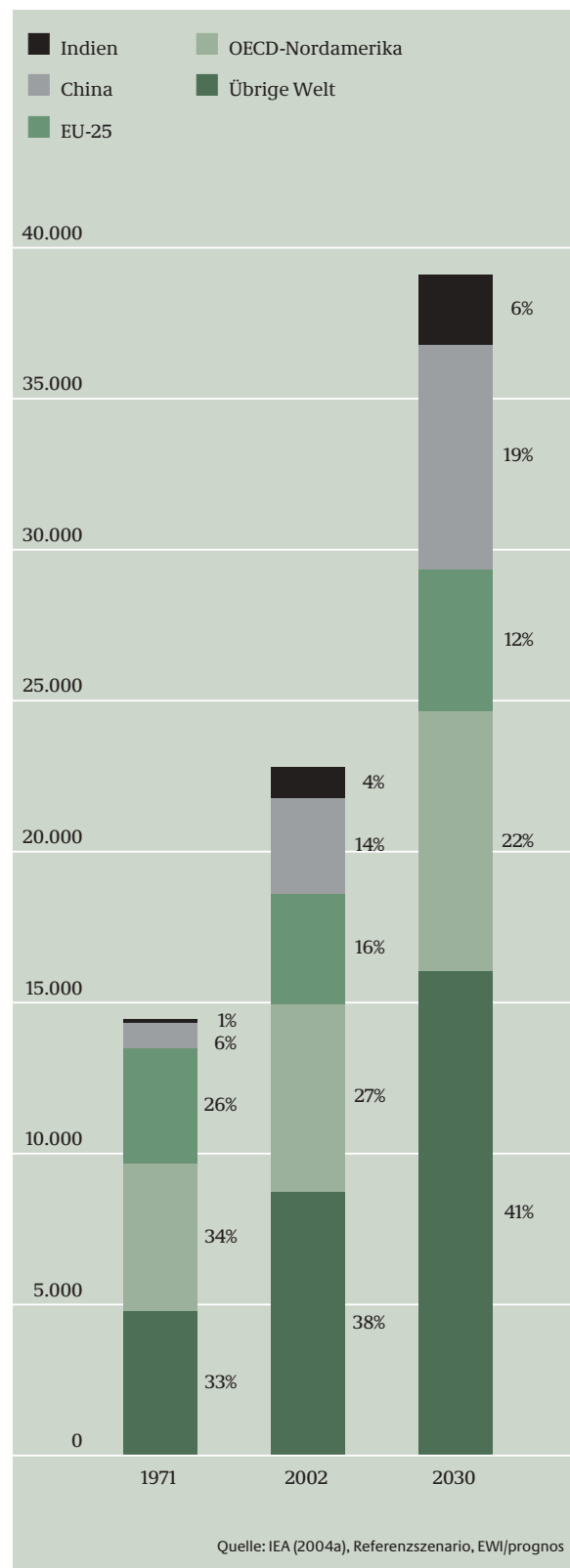
Wenn keine gegensteuernden Maßnahmen ergriffen werden, steigen die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Welt bis 2030 weiter an.

Im Referenzszenario der IEA steigen die CO<sub>2</sub>-Emissionen ebenso schnell wie der Weltenergieverbrauch (1,7 % p.a.) und nehmen bis 2030 um 60 % zu.

Zwei Drittel des Zuwachses der CO<sub>2</sub>-Emissionen entfallen auf die Entwicklungsländer. In 2030 sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Entwicklungsländer höher als die der Industrieländer.

China und Indien entwickeln sich zu Großemittenten. Im IEA Referenz-Szenario (2004) ist China in 2030 nach OECD-Nordamerika (USA, Kanada, Mexiko) der größte CO<sub>2</sub>-Emittent. Indien und China zusammengenommen emittieren mehr CO<sub>2</sub> als OECD-Nordamerika.

### Die größten CO<sub>2</sub>-Emittenten 1971 – 2030



## Erweiterte Erdgasmärkte

Der größte Teil der Erdgasreserven der Welt liegt in Reichweite Europas. Ein wachsender LNG-Handel verschafft Europa Zugang zu neuen Gasquellen. Die Nachfragerkonkurrenz durch asiatische und amerikanische Gasverbraucher verstärkt sich weiter.

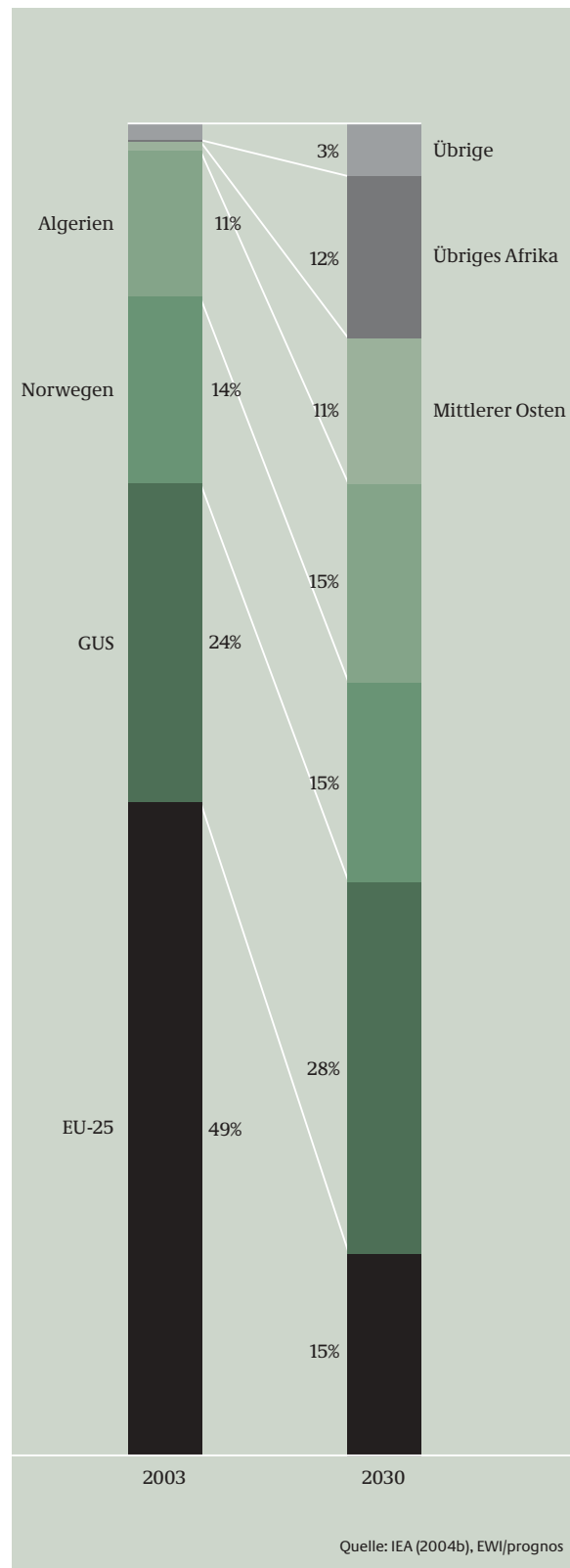
Der Erdgasverbrauch der EU-25 wird bis 2030 um etwa 50 % ansteigen, während die Erdgasförderung innerhalb Europas stark zurückgehen wird. Der Eigenherstellungsanteil sinkt von 49 % auf 15 %.

Die Verringerung der Transportkosten und die Ausweitung des LNG-Handels eröffnen für Europa neue Gasbezugsmöglichkeiten, verstärken aber auch die Nachfragerkonkurrenz. Nachfrager aus Asien konkurrieren mit Europa um Lieferungen aus dem Großraum Westsibirien-Kaspische Region – Mittlerer Osten („strategische Ellipse“). Auch ein (allerdings mengenmäßig begrenzter) LNG-Wettbewerb mit den USA ist einzukalkulieren.

Mit der GTL (Gas to Liquids)-Technologie entsteht eine neue Nachfrage auf dem Gasmarkt: Die Erzeugung von Ölprodukten aus Erdgas. Die auf den Ölmarkt abfließenden Gasmengen sind zwar erheblich, dies wird den europäischen Gasmarkt aber kaum berühren.

Trotz der Markterweiterung bleibt die Zahl der großen Erdgasexporteure begrenzt. Großbritannien und die Niederlande fallen als Netto-Exporteure weg. Algerien und Norwegen werden in den nächsten Jahrzehnten ihren Förderhöhepunkt erreichen oder aus politischen Gründen bestimmte Produktionshöhen nicht überschreiten.

Gasverbrauch der EU-25 nach Lieferregionen  
2003 – 2030



## Preise für Energierohstoffe

Erdöl und Erdgas werden deutlich teurer. Die Importpreise für Erdöl und Erdgas sind 2030 etwa doppelt so hoch wie in den 1990er Jahren. Der Ölpreis steigt real auf 37 US-\$(2000)/Barrel in 2030. Der Steinkohlenpreis steigt real nur wenig, der Rohbraunkohlepreis bleibt real konstant.

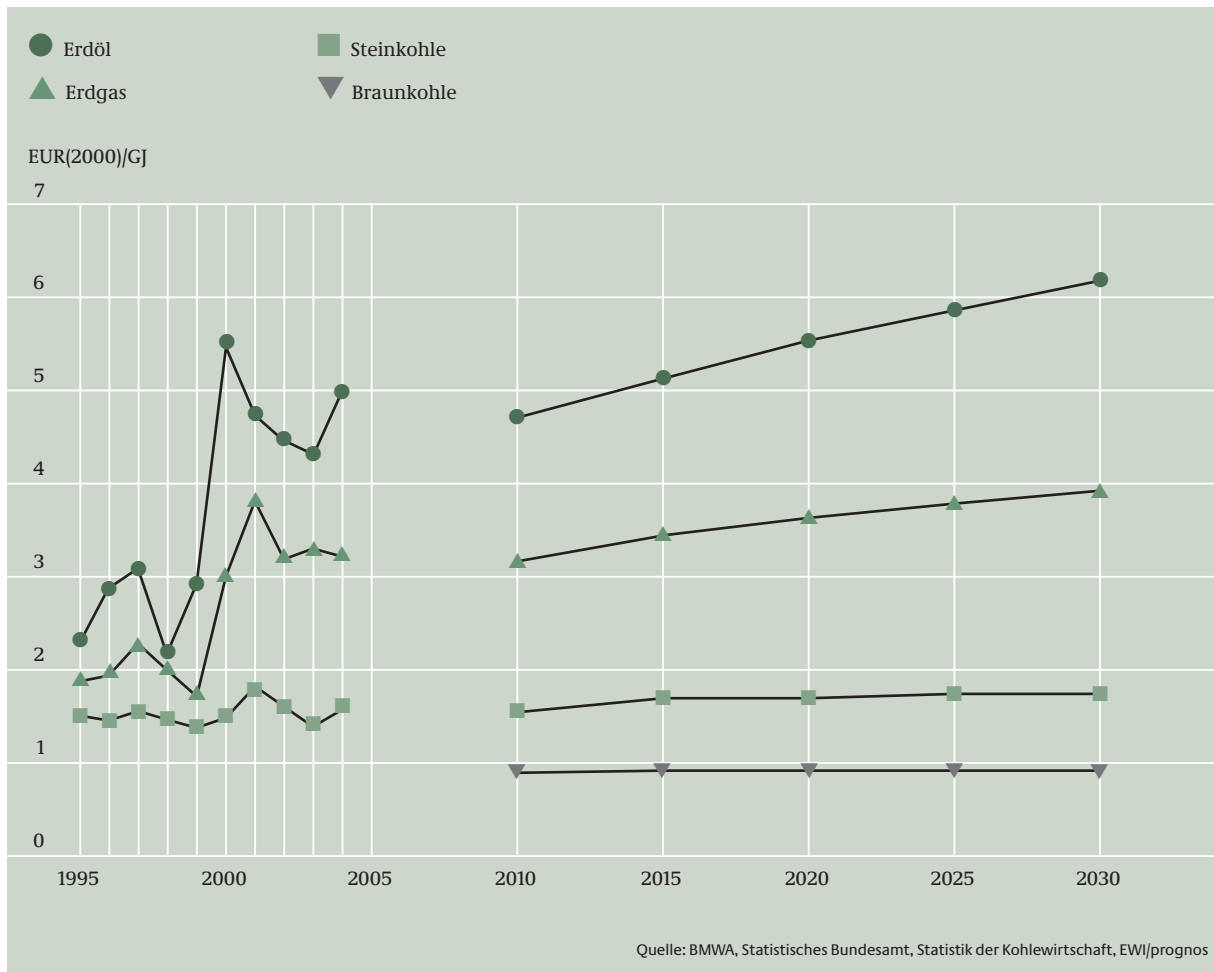
Zwei Drittel des Weltenergieverbrauchs werden in 2030 durch Erdöl und Erdgas gedeckt. Die Importpreise für Erdöl und Erdgas sind 2030 etwa doppelt so hoch wie in den 1990er Jahren. Der reale Erdölpreis liegt 2030 bei 37 US-\$(2000)/Barrel. Diese Einschätzung

liegt am oberen Rand der Preisprognosen in den jüngsten Langfristszenarien der EIA, IEA und der EU-Kommission.

Die Preisrisiken bei Öl und Gas erhöhen sich, da die Abhängigkeit der Versorgung von politisch und ökonomisch instabilen Förder- und Transitregionen zunimmt.

Die Importpreise für Steinkohlen und der Preis für Braunkohle bleiben dagegen auf niedrigem Niveau.

Reale Preise für Erdöl, Erdgas, Steinkohle, Braunkohle 1995 – 2030



## Verbraucherpreise für Heizöl und Erdgas

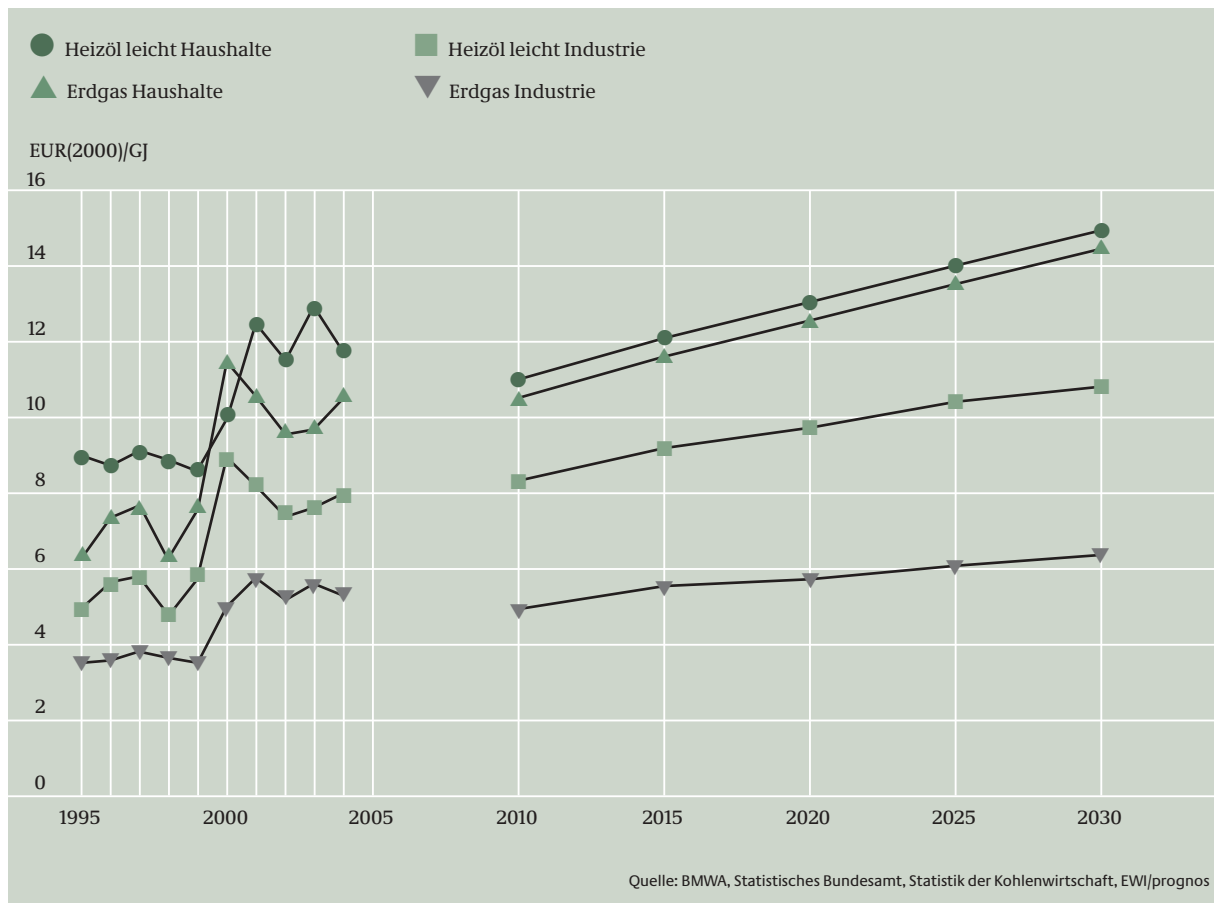
Die inländischen Verbraucherpreise für Mineralölprodukte und Erdgas steigen wegen des Sockel-effekts von Energiesteuern sowie Verarbeitungs- und Transportkosten weniger stark als die Importpreise.

Die inländischen Verbraucherpreise werden bestimmt durch: die Importpreisentwicklung, die Entwicklung der inländischen Verarbeitungs- und Transportkosten, die Energiebesteuerung und die CO<sub>2</sub>-Belastung.

In der Referenzprognose ist unterstellt, dass die Energiesteuersätze (auf dem 2003 erreichten Niveau) real konstant bleiben und dass die Verbraucherpreise entsprechend dem Kohlenstoffgehalt der Energieträger einen CO<sub>2</sub>-Aufschlag enthalten.

Unter diesen Annahmen steigen die Verbraucherpreise für Mineralölprodukte und Erdgas langsamer als die Importpreise. Bei den Mineralölprodukten vor allem wegen des Sockeleffekts der Mineralölsteuer, bei Erdgas wegen der real sinkenden Netzpreise.

### Reale Verbraucherpreise für Heizöl und Erdgas 1995 – 2030



## Strompreise

Die Strompreise hatten im Jahr 2000 einen einmaligen Tiefstand erreicht. Der Großhandelspreis für Strom verdoppelt sich bis 2010 gegenüber dem Stand 2000 und steigt danach weiter leicht an. Die Netzpreise sinken real über den gesamten Untersuchungszeitraum. Nach 2010 entwickeln sich die Preise der Verbrauchergruppen unterschiedlich. Die Industriestrompreise steigen leicht an, die Haushaltstrompreise sinken leicht.

Die Strompreise der Verbraucher sind bestimmt durch den Erzeugerpreis (Großhandelspreis), die Netzpreise und die Steuern und sonstigen Belastungen.

Der Großhandelspreis für Strom war in 2000 auf das Niveau der kurzfristigen Grenzkosten gesunken. Die Wiederanpassung an das Vollkostenniveau in 2010 bedeutet real eine Verdopplung gegenüber dem Niveau des Jahres 2000. Danach wird der Großhan-

delspreis real weiter leicht ansteigen wegen steigender Brennstoffpreise. Dagegen sinken die Netzpreise gegenüber dem Niveau von 2000 über den gesamten Untersuchungszeitraum real.

Die Referenzprognose unterstellt, dass die Stromsteuersätze nicht über das 2003 erreichte Niveau hinaus erhöht werden. Die Belastung aus der Förderung der erneuerbaren Energien und der Kraft-Wärme-Kopplung steigt mittelfristig stark an und geht später wieder leicht zurück.

Nach 2010 verlaufen die Trends der Industrie- und Haushaltstrompreise unterschiedlich. Die Industriestrompreise steigen real weiter leicht an, getrieben durch den steigenden Großhandelspreis. Die Haushaltspreise sinken leicht wegen des stärkeren Gewichts der Netzpreise.

### Reale Strompreise 1995 – 2030



## Strukturelle Veränderungen im Elektrizitätssektor

Der Elektrizitätsbinnenmarkt setzt die Stromerzeuger einem stärkeren Marktdruck aus. Gleichzeitig sind Investitions- und Betriebsentscheidungen in hohem Grade politisch bestimmt: Ausstieg aus der Kernenergie, Ausbau der erneuerbaren Energien, Einstieg in den CO<sub>2</sub>-Emissionshandel. Der Ausgleich zwischen den Zielen Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Umweltverträglichkeit der Stromerzeugung wird schwieriger.

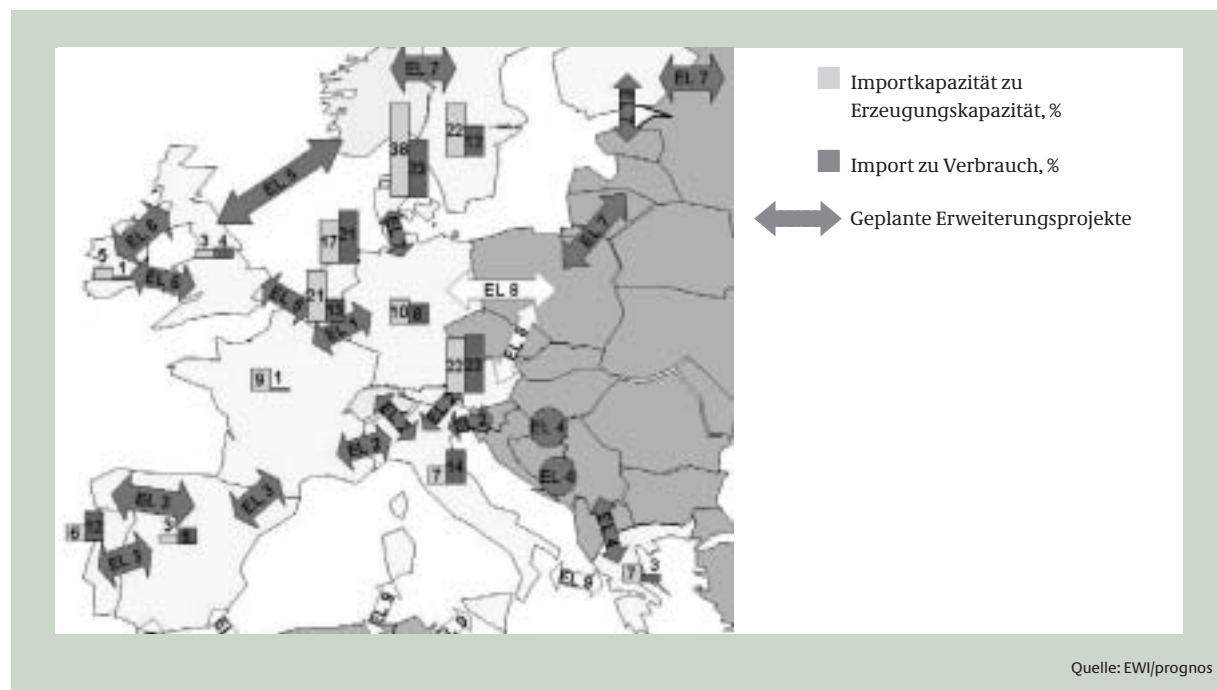
Die Liberalisierung des Strommarktes und die Integration der Strommärkte in Europa gehen weiter voran. Die Stromerzeuger werden einem stärkeren Marktdruck ausgesetzt. Gleichzeitig sind Investitions- und Betriebsentscheidungen in der Elektrizitätswirtschaft in starkem Maße politisch beeinflusst: durch den Ausstieg aus der Kernenergie, den Ausbau der erneuerbaren Energien und den Einstieg in den CO<sub>2</sub>-Emissionshandel.

Der Kernenergieausstieg bedeutet, dass knapp ein Fünftel der Kraftwerkskapazität, die 2000 knapp 30 % zur Stromerzeugung beitrug, vor dem Ende ihrer wirtschaftlichen Lebensdauer stillgelegt wird.

Ein wachsender Teil der Stromerzeugung – aus erneuerbaren Energien und dezentralen, wärmegeführten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen – ist nicht strompreisgesteuert. Dadurch steigen die Anforderungen an die Flexibilität des übrigen, konventionellen Kraftwerkparks. Diese Kraftwerke müssen mehr Regel- und Reserveenergie bereitstellen. Die Steuerung von Erzeugung und Last durch Stromspeicherung und Lastmanagement gewinnt an Bedeutung, soweit sie wirtschaftlich ist.

Die Integration wachsender Windenergiemengen verlangt einen Ausbau des deutschen und europäischen Übertragungsnetzes und kann erhebliche Auswirkungen auf den internationalen Stromaustausch haben. Der CO<sub>2</sub>-Emissionshandel verschlechtert die Wettbewerbsposition von Stein- und Braunkohle in der Stromerzeugung.

### Stromaustausch in Europa und geplante Ausweitung von Übertragungskapazitäten



## Technischer Fortschritt im Elektrizitätssektor

Bei fossilen Kraftwerken und Kernkraftwerken besteht ein erhebliches Potenzial zur Steigerung der Wirkungsgrade, Senkung der Kosten, Verringerung der Schadstoffemissionen und zur Erhöhung der Sicherheit. Einige Techniken der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nähern sich gegen Ende des Prognosezeitraums der Wirtschaftlichkeitsschwelle.

Bei fossilen Kraftwerken wird mit einer weiteren erheblichen Steigerung der Wirkungsgrade gerechnet. Bei Kohlenkraftwerken sind Wirkungsgrade über 60 %, bei Gaskraftwerken über 70 % erreichbar. Weitere technische Verbesserungen werden erwartet: beim flexiblen Lastfolgeverhalten, bei der Schadstoffvermeidung und bei Sicherheitsaspekten.

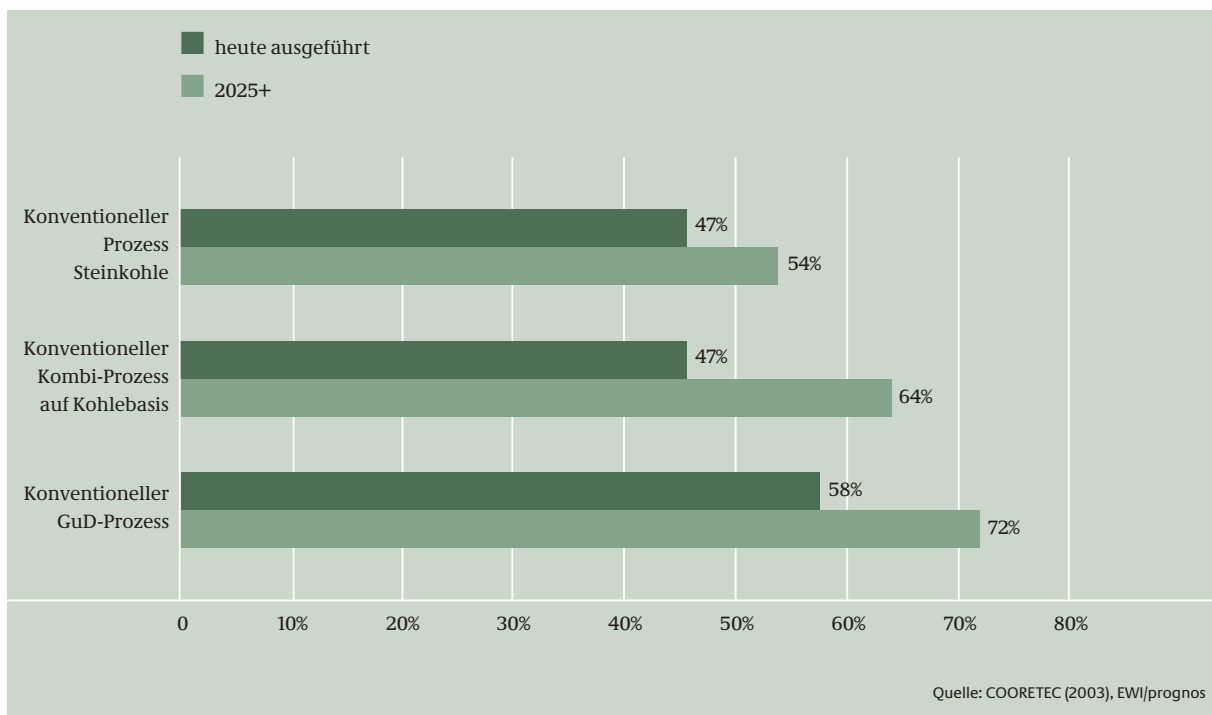
Aktuell wird die Generation III der Kernkrafttechnologie weiterentwickelt: der EPR, SWR 1000, AP600, AP1000 und ABWR. Prototypen von Reaktoren der Generation IV werden um das Jahr 2030 erwartet.

Bei den neuen Techniken zur Stromerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien wird insgesamt mit starkem technischen Fortschritt gerechnet. Einige dieser Techniken nähern sich in Deutschland gegen Ende des Prognosezeitraums der Wirtschaftlichkeitsschwelle.

Technologische Neuerungen wie Brennstoffzellen und die Abscheidung und Einlagerung von CO<sub>2</sub> werden im Prognosezeitraum eine wachsende, aber dennoch begrenzte Bedeutung gewinnen.

Wasserstoff als Brennstoff der Zukunft wird erst nach 2030 eine Rolle spielen.

### Elektrische Wirkungsgrade ausgewählter Kraftstofftechnologien – heute ausgeführt, 2025+



## Emissionshandel in Deutschland

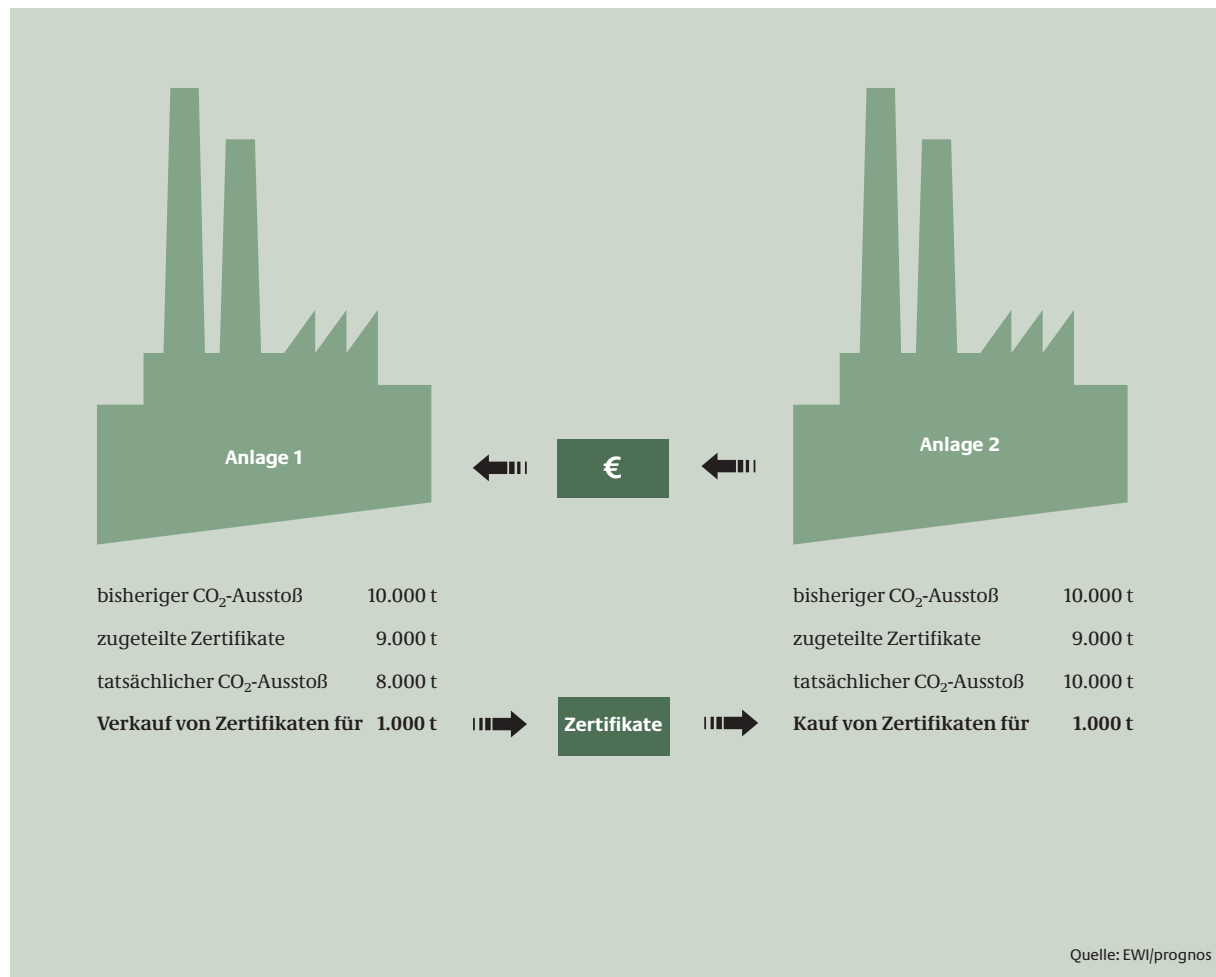
Der Handel mit Emissionsrechten für Treibhausgase wurde in den EU-15-Staaten zum 1.1.2005 verbindlich eingeführt. Gravierende Auswirkungen werden in der ersten Zuteilungsperiode nicht erwartet.

Leitgedanke des Emissionshandels ist die kosteneffiziente Vermeidung klimaschädlicher Treibhausgasemissionen innerhalb der EU. In der ersten Zuteilungsperiode (2005 – 2007) sind alle größeren Anlagen energieintensiver Industrien in das Handelssystem einbezogen.

Die im Nationalen Allokationsplan (NAP) geregelte Zuteilung der Emissionszertifikate sowie der dort vorgesehene Absenkungspfad lassen relativ geringe Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen erwarten. Die Bereiche Private Haushalte, GHD und Verkehr sind am Emissionshandel zunächst nicht beteiligt.

In der ersten Zuteilungsperiode wird der Emissionshandel in Deutschland einen vergleichsweise geringen Umfang aufweisen. Die Preise der Emissionszertifikate dürften unter 10 EUR/t CO<sub>2</sub> liegen. Längerfristig nimmt die Bedeutung des Emissionshandels weltweit zu. Die Preise steigen bis 2030 bei moderater Klimaschutzpolitik bis auf 15 EUR(2000)/t CO<sub>2</sub> an.

### Funktionsweise des Emissionshandels





## Internationales Umfeld

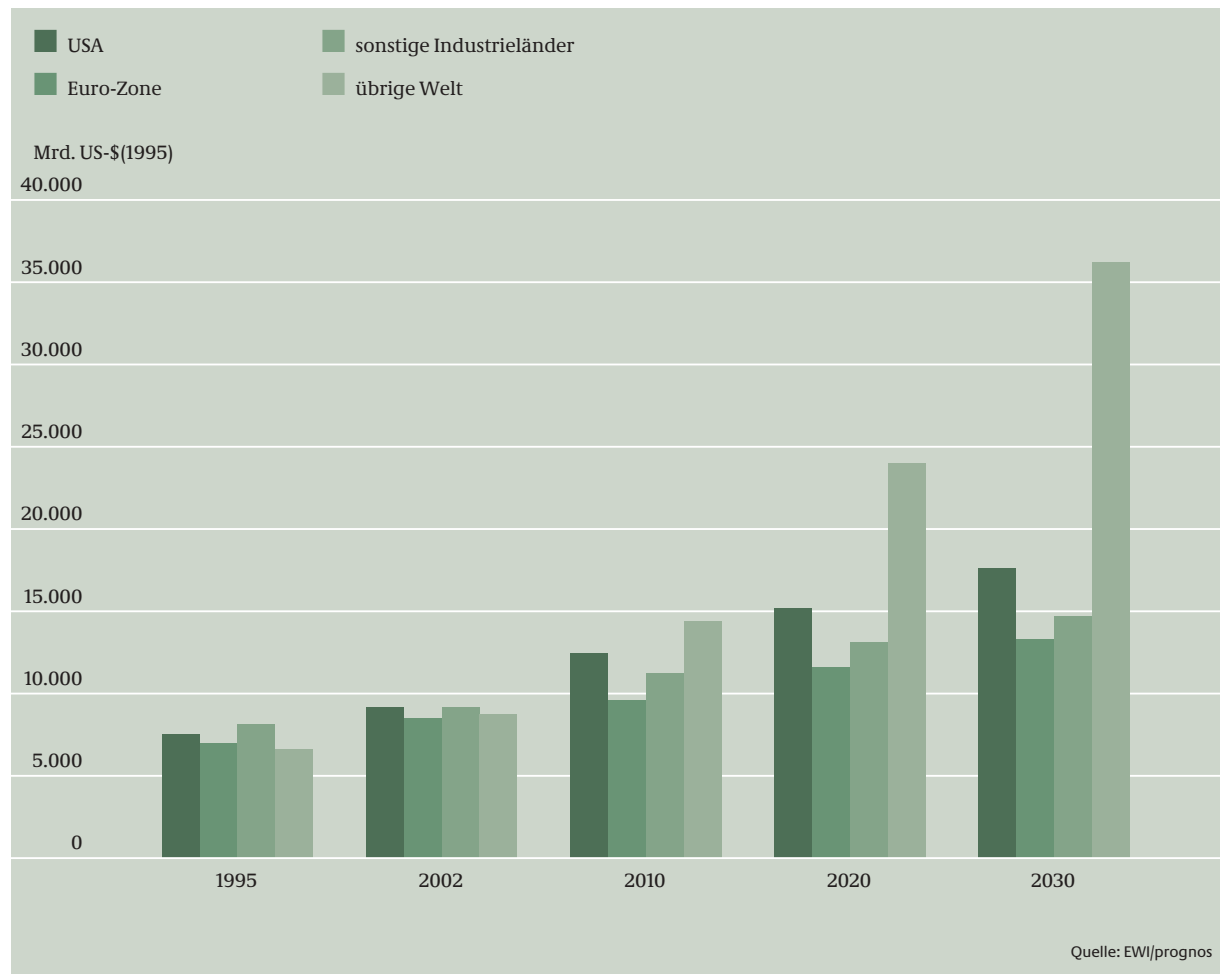
Die Wirtschaftsleistung wird zwischen 2002 und 2030 weltweit mit jahresdurchschnittlich knapp 3% steigen. Die Risiken nehmen wegen der weltweit enger werdenden Vernetzung zu.

Die Globalisierung wird fortschreiten. Dazu tragen technische Neuerungen, insbesondere der Informations- und Kommunikationstechnik bei. Multinationale Konzerne nutzen regionale Kostendifferenzen, wodurch sich die Welthandelsströme verstärken.

Die fortschreitende internationale Vernetzung und zunehmende gegenseitige Abhängigkeiten erhöhen die Ansteckungsgefahr der einzelnen Länder bei krisenhaften Entwicklungen. Besondere Risiken gehen von Instabilitäten im Nahen Osten aus.

Im Prognosezeitraum wächst die Weltwirtschaft mit durchschnittlich 3% p.a. Die höchsten Wachstumsraten wird Asien, und hier vor allem China aufweisen. Vergleichsweise gute Perspektiven bestehen für die neuen EU-Mitgliedstaaten. Die klassischen Industrieländer fallen mit rund 2% demgegenüber zurück. Die Wachstumsraten in den USA und in der EU nähern sich an.

### Reales Bruttoinlandsprodukt nach Ländern und Ländergruppen 1995 – 2030



## Entwicklung von Wirtschaft und Bevölkerung in Deutschland

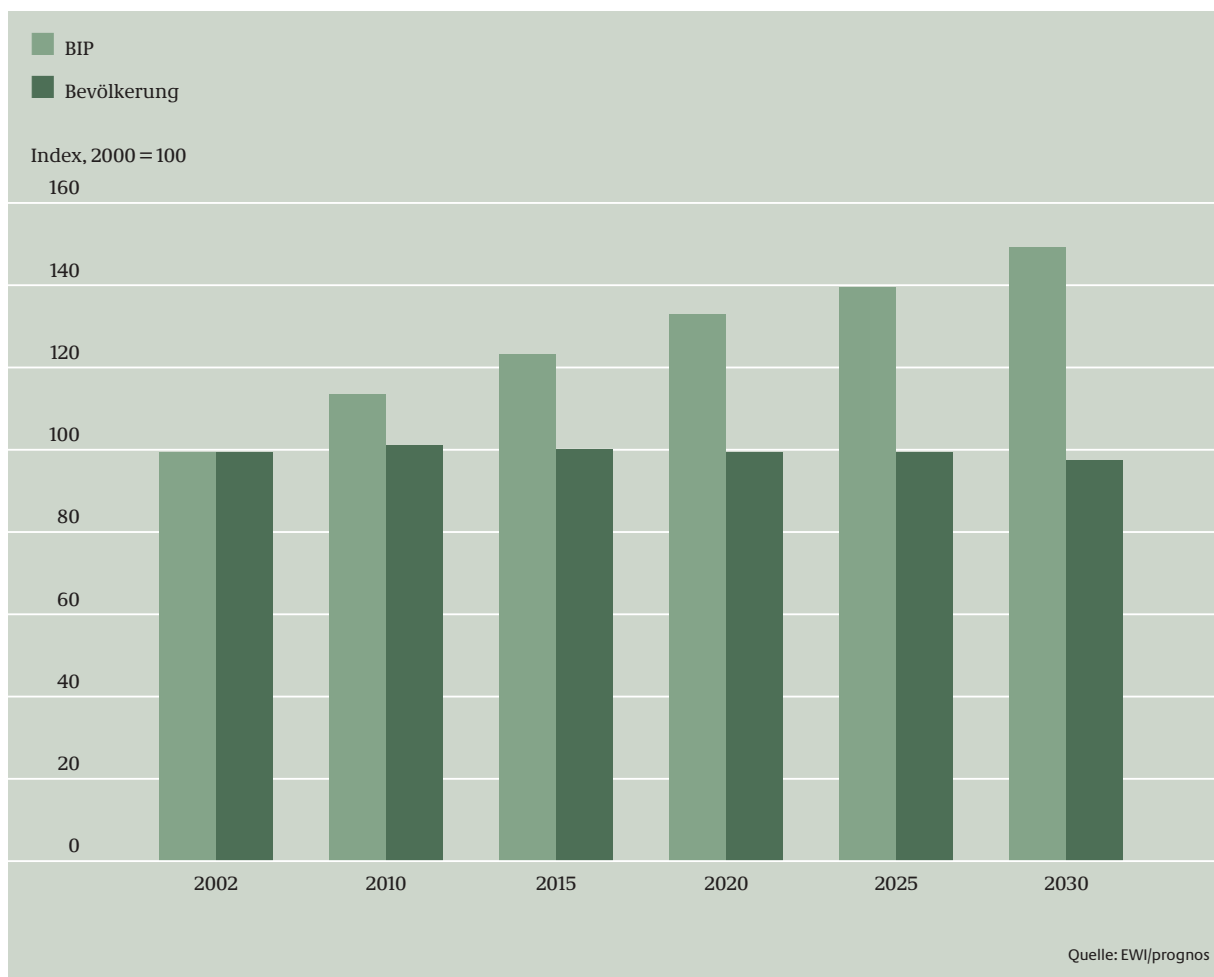
Die deutsche Wirtschaft wächst mit jahresdurchschnittlich 1,4%. Die Bevölkerung geht zurück und altert stark.

Die Einwohnerzahl Deutschlands geht im Prognosezeitraum zurück. Die anhaltende Nettozuwanderung bremst diese Entwicklung. Im Jahr 2030 werden hier 79,4 Mio. Menschen leben, rund 3,6% weniger als heute.

Am Arbeitsmarkt kommt es nach 2020 zu Verknappungstendenzen. In Verbindung mit der rückläufigen Bevölkerung und nachlassenden Impulsen von der Weltwirtschaft nehmen dadurch die Wachstumsraten ab.

Die Industrie sichert ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit durch technischen Fortschritt und innovative Produkte.

Reales Bruttoinlandsprodukt und Wohnbevölkerung 2002 – 2030



## Technische Entwicklung auf der Nachfrageseite

Technische Neuerungen beeinflussen weiterhin Form und Umfang der Energienutzung. Die neuen Techniken diffundieren wegen langer Investitionszyklen nur allmählich in den Alltag.

Technische Neuerungen beeinflussen entscheidend den Energieverbrauch. Ihre Wirkung zeigt sich vor allem in einer Absenkung der spezifischen Verbräuche. Querschnittstechnologien wirken in zahlreichen Nutzungsfeldern verbrauchssenkend (z.B. effiziente Stand-by-Schaltungen von Elektrogeräten), spezifische Einspartechnologien bei einzelnen Anwendungen (z.B. die Membrantechnik bei der Chlorherstellung).

Der technische Fortschritt wird auch in Zukunft im Rahmen der normalen Investitionszyklen implementiert. Zum Teil erfolgt dies in Form vieler kleiner Einzelbeiträge.

Neben den Einzeltechniken bieten die Entwicklungen im Bereich der Nanotechnologie und der Biotechnologie in der Zukunft große Potenziale zur Energieeinsparung. Allerdings sind zur Ausschöpfung dieser Potenziale noch erhebliche F&E-Anstrengungen zu leisten. Technologiesprünge, die sich massiv auf den Energieverbrauch auswirken, sind nicht zu erwarten.

### Technische Entwicklung auf der Nachfrageseite



## Endenergieverbrauch insgesamt

Der Endenergieverbrauch geht bis 2030 in allen Verbrauchssektoren zurück. Die Anteile von Strom und Gasen nehmen zu.

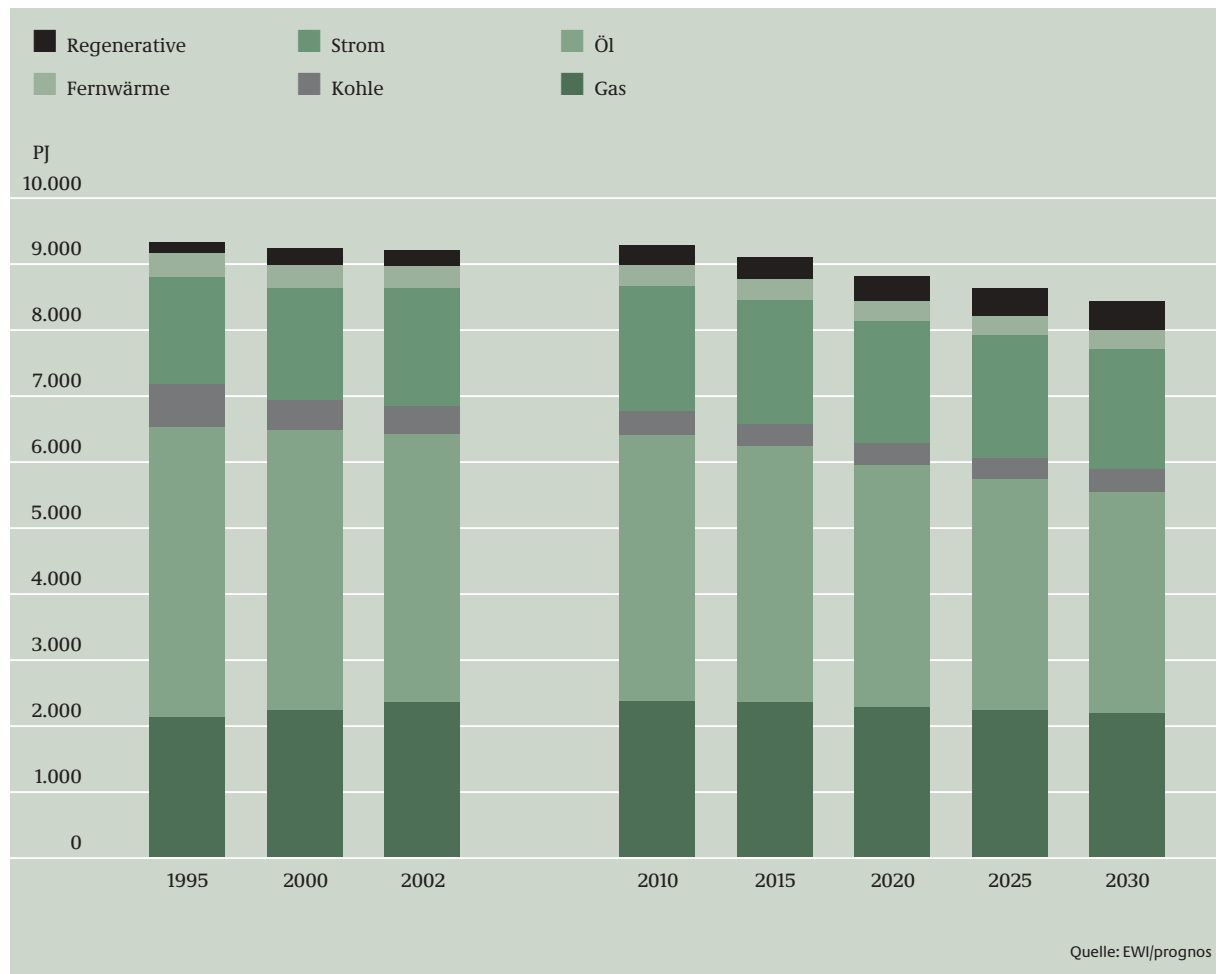
Der Energiemarkt schrumpft kontinuierlich. Im Jahr 2030 werden in Deutschland knapp 9 % weniger Endenergie verbraucht als heute.

Dieser Trend zeigt sich in allen Verbrauchssektoren: im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher (GHD) sinkt der Verbrauch um 21%, bei den Privaten Haushalten sind es 9%, die Industrie spart 7% ein, der Verkehrssektor knapp 4%.

Bereinigt man die Entwicklung um Temperatureinflüsse, fallen die Einsparungen zum Teil deutlich stärker aus.

Die Nachfrage nach Strom steigt leicht an, der Stromverbrauch wird 2030 um gut 4 % höher liegen als 2002. Der Markt für Ölprodukte schrumpft nach 2002 kontinuierlich. Dasselbe gilt, in stärkerem Ausmaß, für Kohle. Der Gasabsatz verringert sich nach 2010. Der Verbrauch an erneuerbaren Energien nimmt im Prognosezeitraum um mehr als 87 % zu. Im Jahr 2030 tragen sie mit gut 5 % zur Deckung des Endenergieverbrauchs bei.

### Endenergieverbrauch nach Energieträgern 1995 – 2030



## Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte

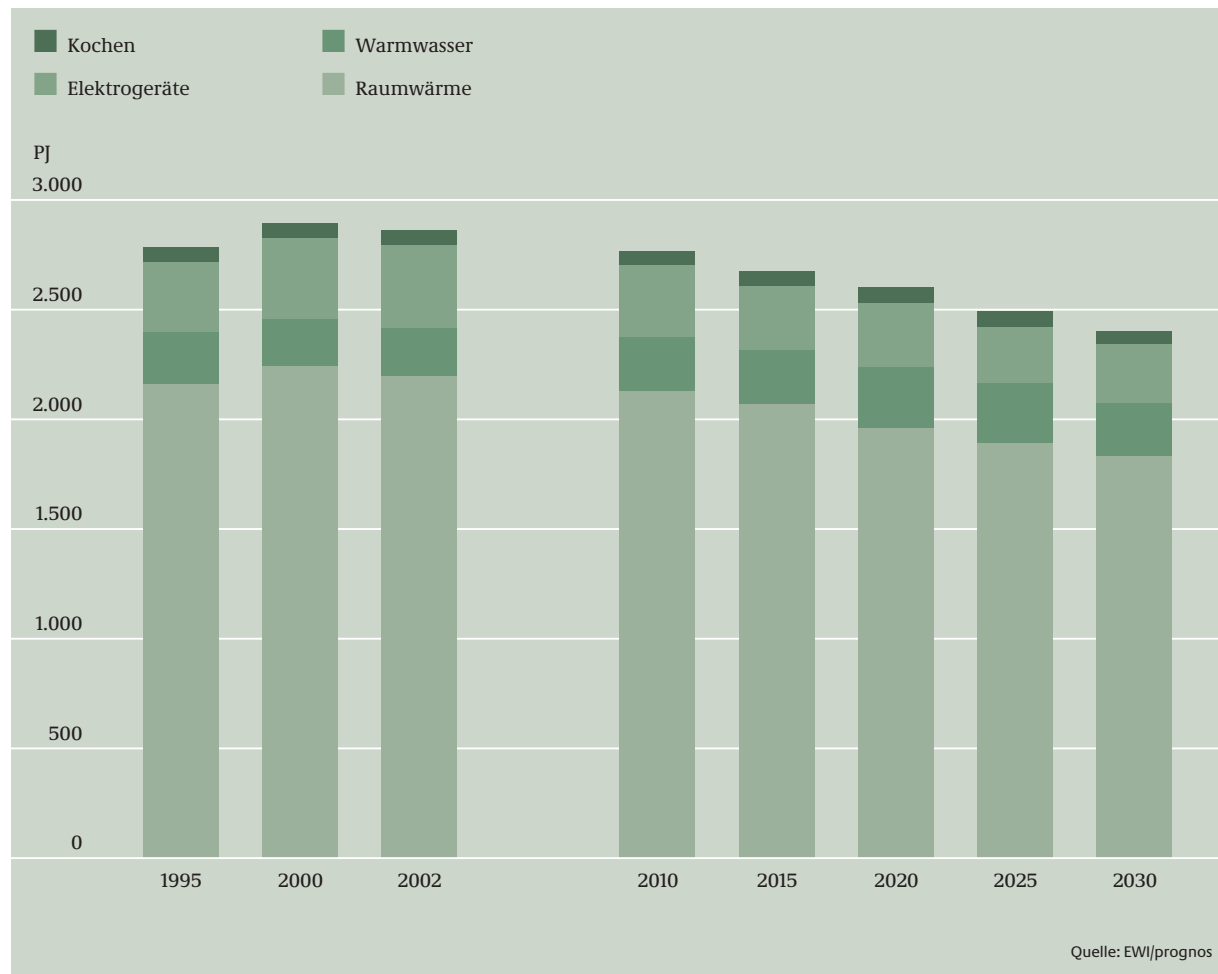
Die Privaten Haushalte verbrauchen 2030 rund 14% weniger Energie als 2002. Wegen zunehmender Ausstattung mit Elektrogeräten sinkt der Stromverbrauch erst nach 2020.

Der Energieverbrauch der Privaten Haushalte geht im Prognosezeitraum kontinuierlich zurück. Im Jahr 2030 liegt er temperaturbereinigt um 14% oder 229 PJ niedriger als 2002.

Trotz einer Ausweitung der Wohnflächen um knapp ein Drittel wird im Jahr 2030 rund 17% weniger Heizenergie benötigt als 2002. Ursächlich hierfür sind die zunehmend bessere energetische Qualität neuer und sanierter Gebäude sowie effizientere Heizanlagen.

Der Stromverbrauch der Privaten Haushalte steigt bis etwa 2015 an, danach geht er deutlich zurück. Zu dem Verbrauchsanstieg trägt insbesondere die zunehmende Ausstattung der Haushalte mit Elektrogeräten bei. Dieser Effekt wird erst nach 2020 durch die kleinere Zahl der Haushalte und zunehmend energieeffiziente Geräte überkompensiert.

### Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte nach Verwendungszwecken 1995 – 2030



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

Die Energienachfrage im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher (GHD) verringert sich bis 2030 um 23 %. Der Energieträgermix weist erhebliche Veränderungen auf. Mit Ausnahme der Erneuerbaren sinkt die Nachfrage bei allen Energieträgern.

Der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher (GHD) umfasst u.a. alle Dienstleistungsbranchen, die für Wachstum und Beschäftigung zunehmend wichtig werden. Im Sektor GHD wurden 2002 rund 16,5 % der gesamten Endenergie verbraucht.

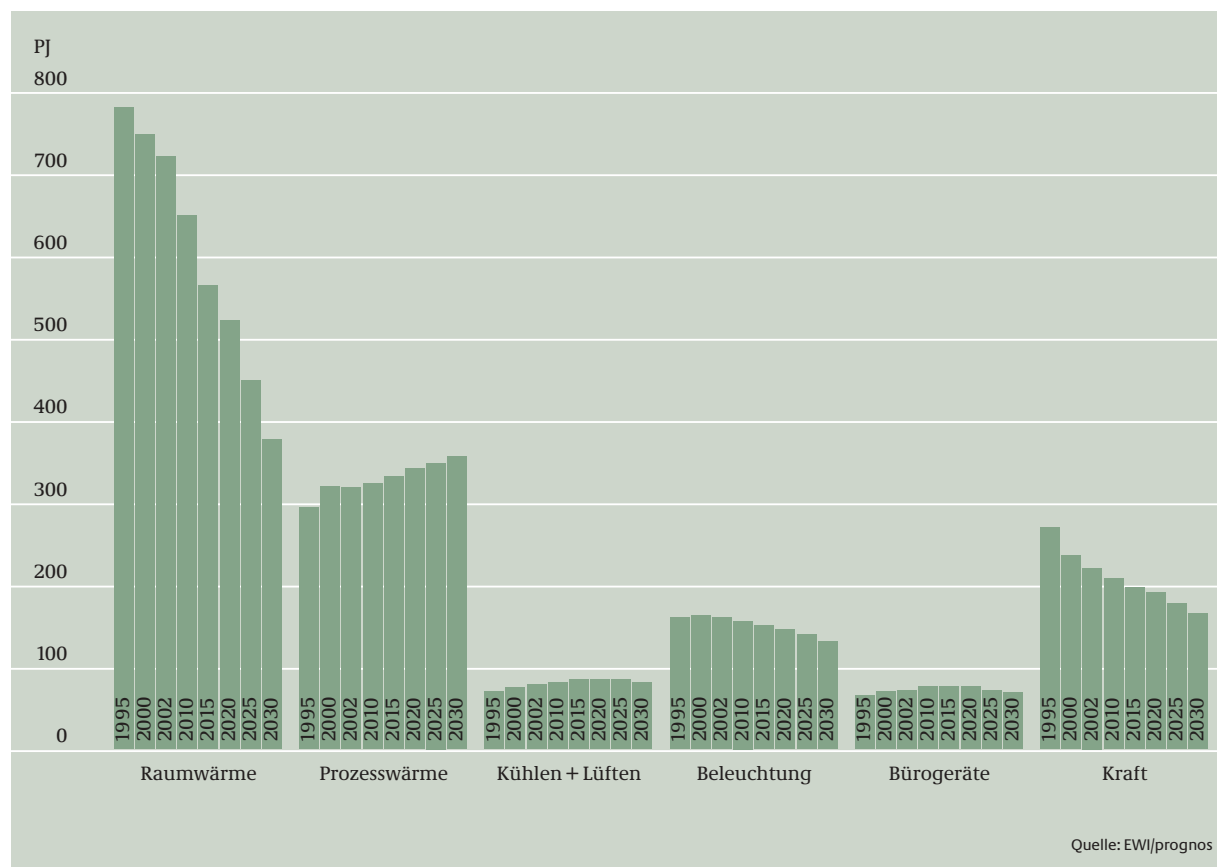
Unter Ausschaltung von Temperatureinflüssen verringert sich der Energieverbrauch zwischen 2002 und 2030 um 23 %. Das entspricht einer Absenkung von knapp 1 % p.a.

Der Energiebedarf für die Raumwärmeerzeugung geht um 46 % zurück. Zuwächse weist die Nachfrage nach Energie für die Bereitstellung von Prozesswärme sowie für Kühlung und den Betrieb von Bürogeräten auf.

Die Branchen mit den stärksten Rückgängen im Energieverbrauch sind der öffentliche Bereich und die Landwirtschaft. Dagegen vermindert sich der Verbrauch bei Banken und Versicherungen sowie bei den sonstigen privaten Dienstleistungen nur unwesentlich.

Im Energieträgermix kommt es im Prognosezeitraum zu erheblichen Verschiebungen. Der Anteil von Strom steigt von 31 % auf 37 %. Marktanteile gewinnt auch Gas, Öl gehört zu den Verlierern. Mit Ausnahme der Erneuerbaren sinkt die Nachfrage bei allen Energieträgern.

### Endenergieverbrauch im Sektor GHD nach Verwendungszwecken 1995 – 2030



## Endenergieverbrauch der Industrie

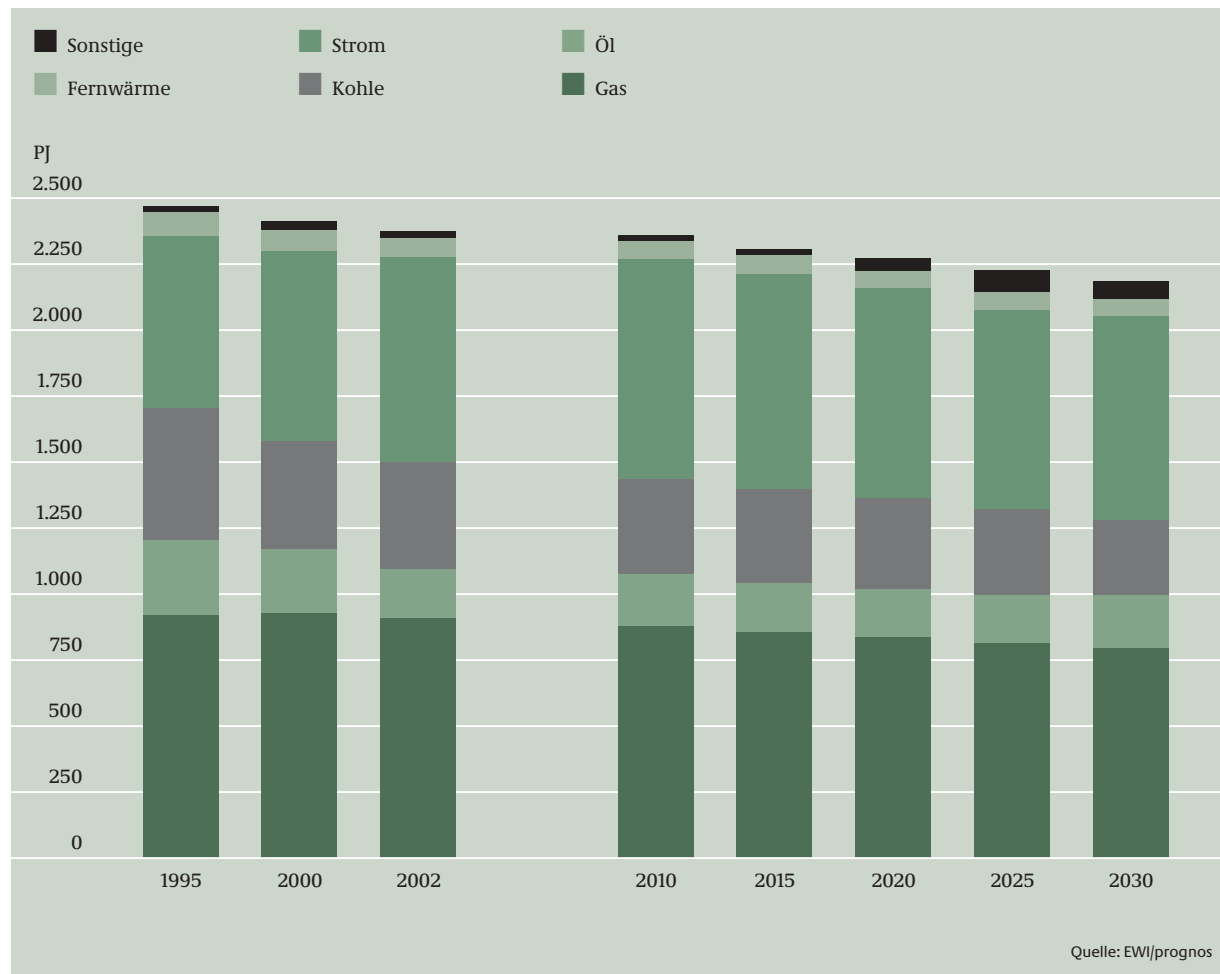
Der Endenergieverbrauch der Industrie verringert sich bis 2030 um insgesamt 7%. Der Stromverbrauch wächst.

Der Endenergieverbrauch der Industrie verringert sich bis 2030 kontinuierlich um knapp 7%. Er liegt dann bei 2.177 PJ.

Während die Nachfrage nach Brennstoffen rückläufig ist, nimmt der Stromverbrauch zwischen 2002 und 2030 um 10% zu. Dadurch erhöht sich der Anteil von Strom im Energieträgermix der Industrie von gut 32% auf mehr als 38%. Marktanteilsgewinne verzeichnen sonst nur noch die erneuerbaren Energien.

Die Energieeffizienz der Industrie verbessert sich im Prognosezeitraum. Der auf den Produktionswert bezogene spezifische Endenergieverbrauch verringert sich von 5,9 PJ/Mrd. EUR im Jahr 2002 auf 3,6 PJ/Mrd. EUR in 2030, das entspricht einem Rückgang um 1,7% p.a.

### Endenergieverbrauch der Industrie nach Energieträgern 1995 – 2030



## Endenergieverbrauch im Verkehrssektor

Der Endenergieverbrauch im Verkehrssektor sinkt aufgrund zunehmend effizienter Fahrzeuge bis 2030 um knapp 4%. Konventioneller Diesel und Biokraftstoffe gewinnen erheblich an Bedeutung.

Der Endenergieverbrauch des Verkehrs liegt im Jahr 2030 mit 2.580 PJ um 3,7% unter dem Ausgangswert des Jahres 2002. Der Verbrauchsrückgang erfolgt im Wesentlichen nach 2015.

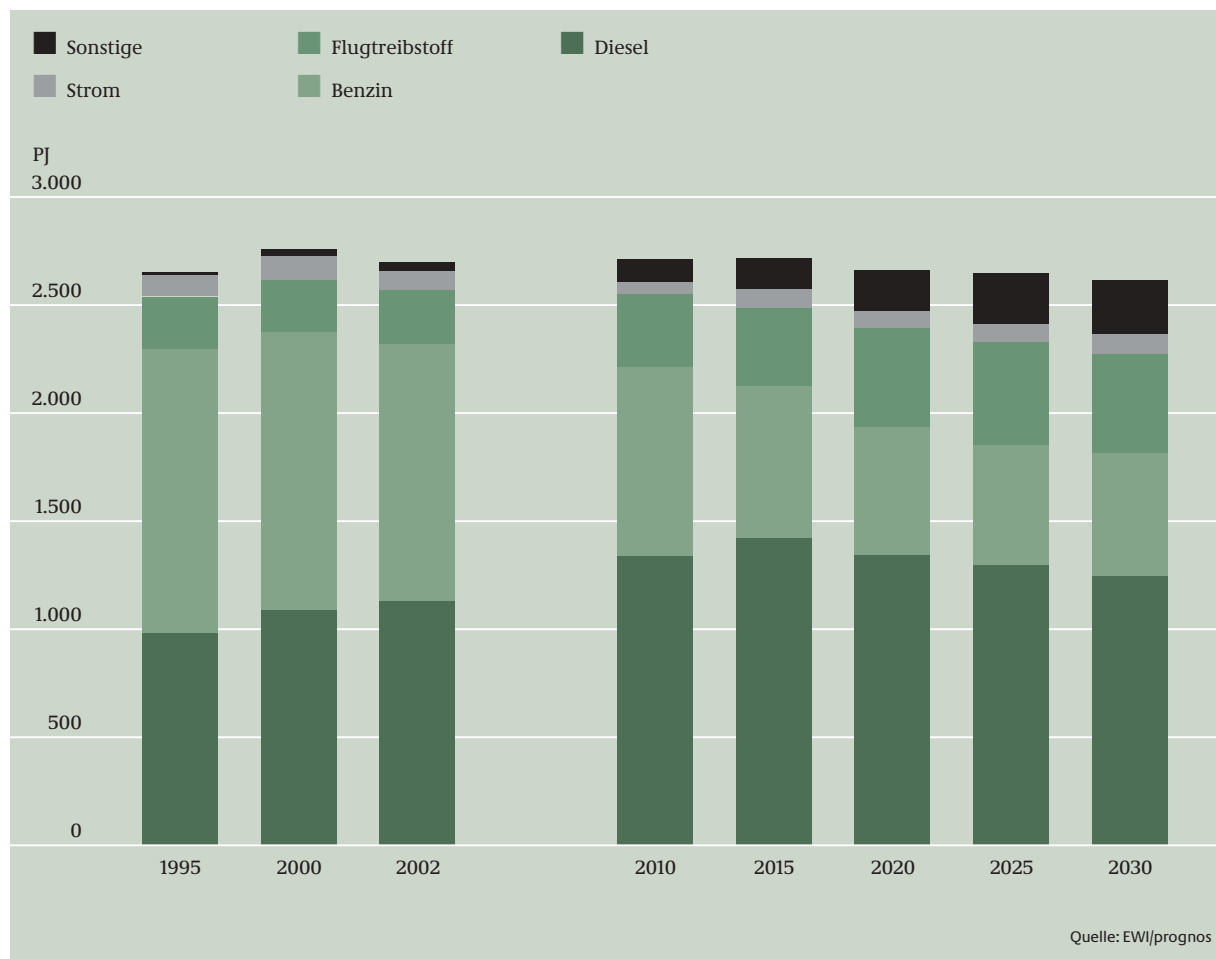
Die Verkehrsleistungen im Personenverkehr verändern sich bis 2030 nur wenig, im Güterverkehr erhöhen sie sich um 58%. Effizientere Fahrzeuge verhindern einen Verbrauchsanstieg. Insgesamt verringert sich der Anteil des Straßenverkehrs am Energieverbrauch zwischen 2002 und 2030 von 85% auf 78%.

Der Pkw-Bestand liegt 2030 um 6% höher als 2002. Innerhalb des Bestandes gibt es eine massive Umschichtung zu Gunsten von verbrauchsgünstigen Dieselfahrzeugen. Insgesamt verringert sich der Verbrauch der Pkw bis 2030 um fast 29%. Der Bestand an Lkw und Sattelzugmaschinen nimmt bis 2030 um 19% zu, der Energieverbrauch im Straßengüterverkehr steigt um 13%.

Gasbetriebene Pkw machen im Jahr 2030 rund 6% des Bestandes aus. Brennstoffzellenfahrzeuge spielen eine Nischenrolle. Biokraftstoffe decken 2030 rund 8% des Energieverbrauchs im Straßenverkehr.

Die höchsten Zuwachsraten bei den Verkehrsleistungen weist mit mehr als 2% p.a. der Luftverkehr auf. Im Güterverkehr erhöht sich der Marktanteil der Bahn.

### Endenergieverbrauch im Verkehr nach Energieträgern 1995 – 2030





## Elektrizitätserzeugung

Die Stromerzeugung in Deutschland wird sich verstärkt auf Erdgas stützen. Die heimische Braunkohle rückt auf Platz 2. Die erneuerbaren Energien stellen am Ende des Prognosezeitraums 38 % der Kraftwerkskapazität und decken 26 % der Bruttostromerzeugung.

Im Prognosezeitraum wird mehr als die Hälfte der bestehenden Kraftwerkskapazität ersetzt.

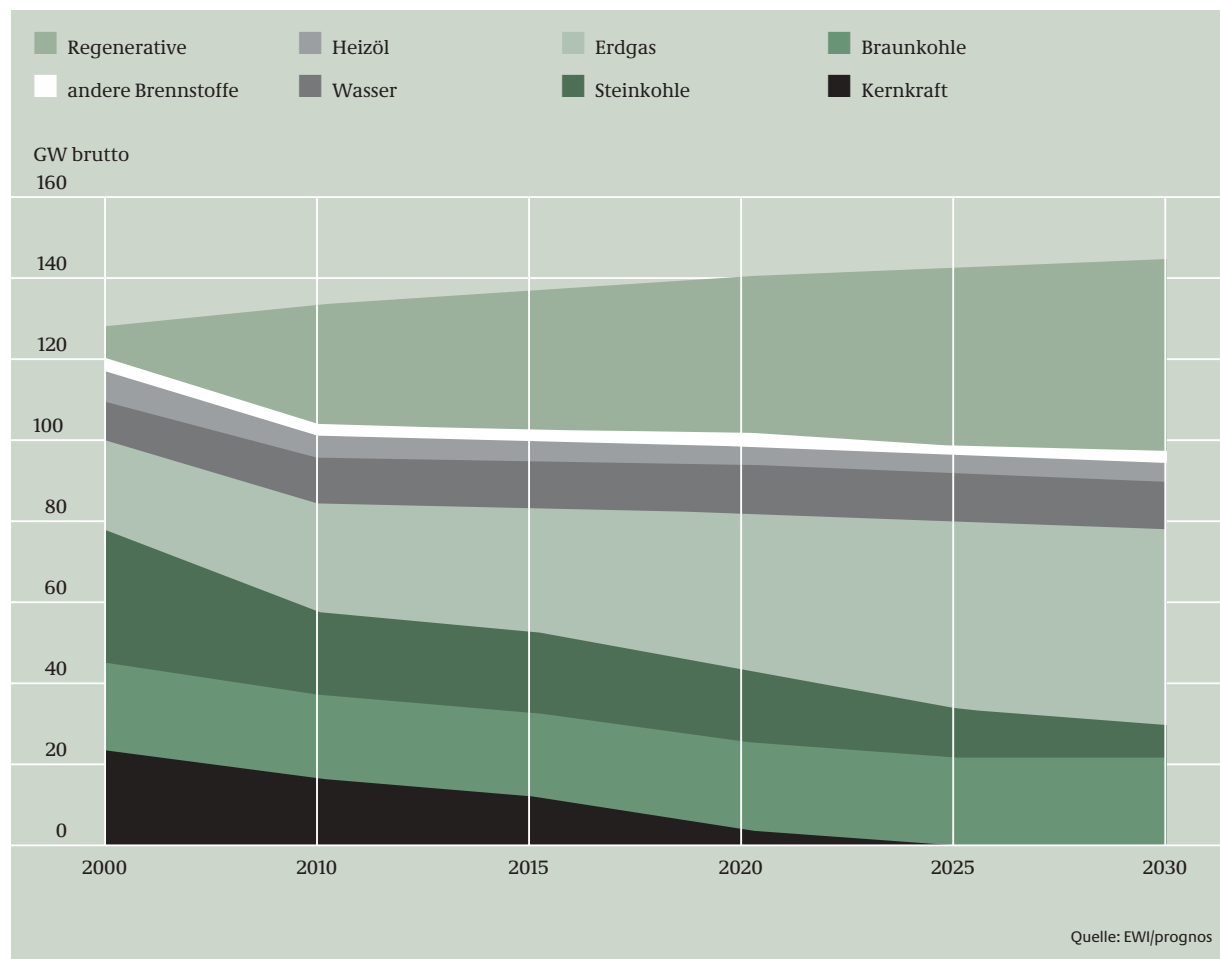
Entsprechend dem Ausstiegsbeschluss werden Kernkraftwerkskapazitäten, auf die 2000 19 % der gesamten Kraftwerkskapazität und 29 % der Bruttostromerzeugung entfielen, im Prognosezeitraum stillgelegt.

Die erneuerbaren Energien stellen 2030 38 % der Kraftwerkskapazität und decken 26 % der Bruttostromerzeugung.

Die Klimaschutzpolitik verändert die Energiepreisrelationen massiv. Die in der Referenzprognose unterstellten CO<sub>2</sub>-Zuschläge verdoppeln den Steinkohlepreis in 2030 und verdreifachen den Braunkohlepreis. Bei diesen CO<sub>2</sub>-Zuschlägen bleibt Braunkohle wettbewerbsfähig.

Die wichtigsten Einsatzenergieträger in 2030 – gemessen an der Bruttostromerzeugung – sind Erdgas (33 %), Braunkohle (29 %), Windenergie (16 %) und Steinkohle (8 %).

### Entwicklung des Kraftwerksparks 2000 – 2030



## Fernwärme

Die Fernwärmeerzeugung geht zurück. Das ist die Folge der Einsparung im Heizwärmeverbrauch. Der Fernwärmeanteil am Endenergieverbrauch bleibt mit rund 3% unverändert. Steinkohle, Braunkohle und Heizöl werden in der Fernwärmeerzeugung fast vollständig verdrängt und durch Abfälle und Biomasse sowie Erdgas ersetzt.

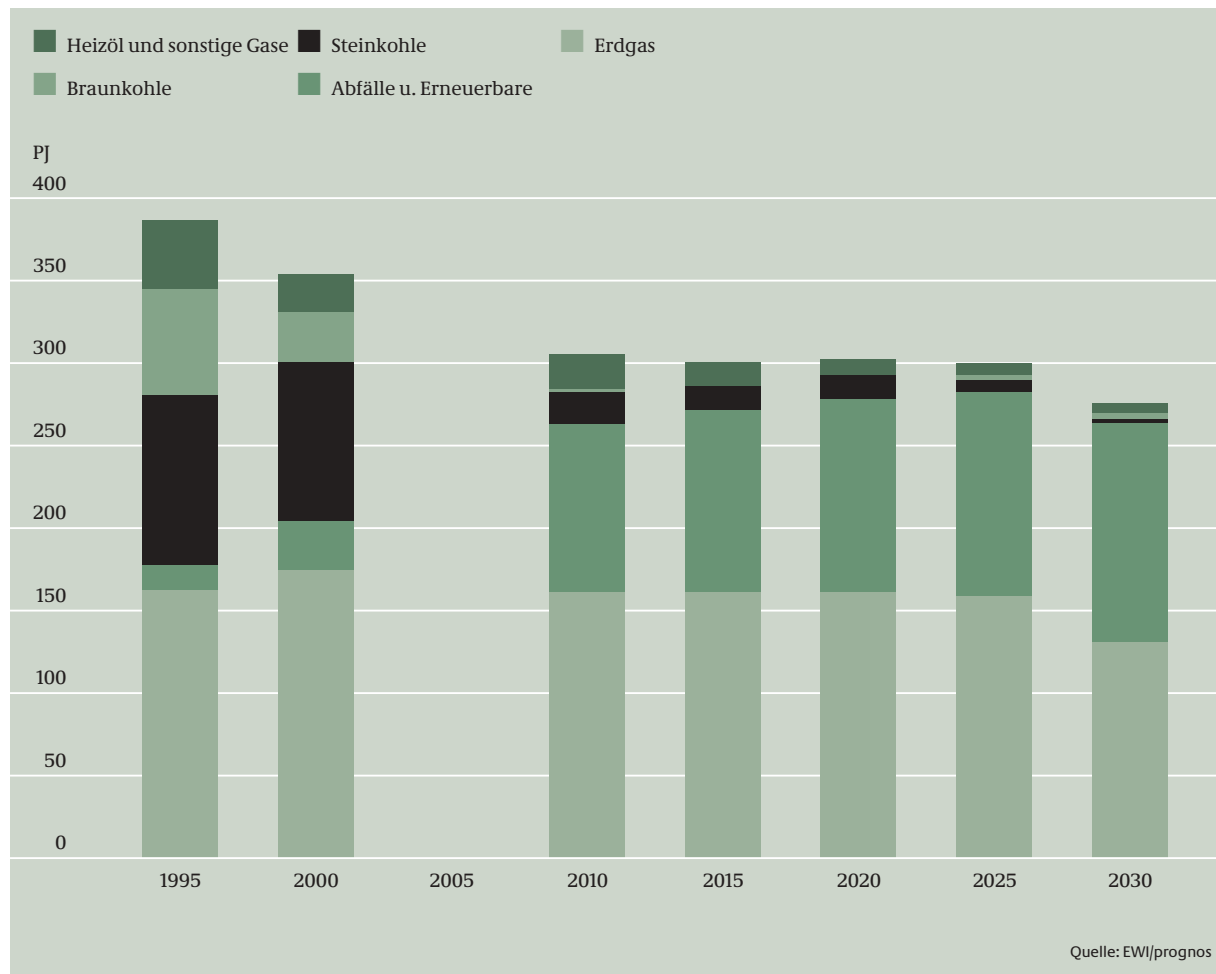
Der Umwandlungseinsatz zur Fernwärmeerzeugung verringert sich im Zeitraum 2000 bis 2030 um gut 20% und folgt damit der Entwicklung des Fernwärmeverbrauchs.

Steinkohle und Braunkohle werden fast vollständig aus der Fernwärmeerzeugung verdrängt.

Erdgas verliert langfristig an Absatz, sein Anteil am Energieträgereinsatz zur Fernwärmeerzeugung liegt 2030 bei 47%.

Durch die zunehmende thermische Abfallbehandlung werden sich die zu beseitigenden Siedlungsabfallmengen bis 2005 stark erhöhen. Der Anteil der Biomasse steigt durch die Errichtung weiterer Holzheizkraftwerke. Geothermische Energie wird in einigen Fällen zur Fernwärmeerzeugung genutzt.

Energieträgereinsatz zur Fernwärmeerzeugung nach Energieträgern 1995 – 2030



## Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland

Der Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch steigt von 3,4 % in 2002 auf 11,5 % in 2030. Mehr als die Hälfte des Zuwachses geht in die Stromerzeugung, die 2030 zu gut einem Viertel auf erneuerbaren Energien basiert. Die regenerativen Kraftstoffe decken 2030 8 % des Kraftstoffverbrauchs.

Der Einsatz erneuerbarer Energien wird sich im Prognosezeitraum mehr als verdreifachen. Ihr Anteil am Primärenergieverbrauch steigt von 3,4 % in 2002 auf 11,5 % in 2030.

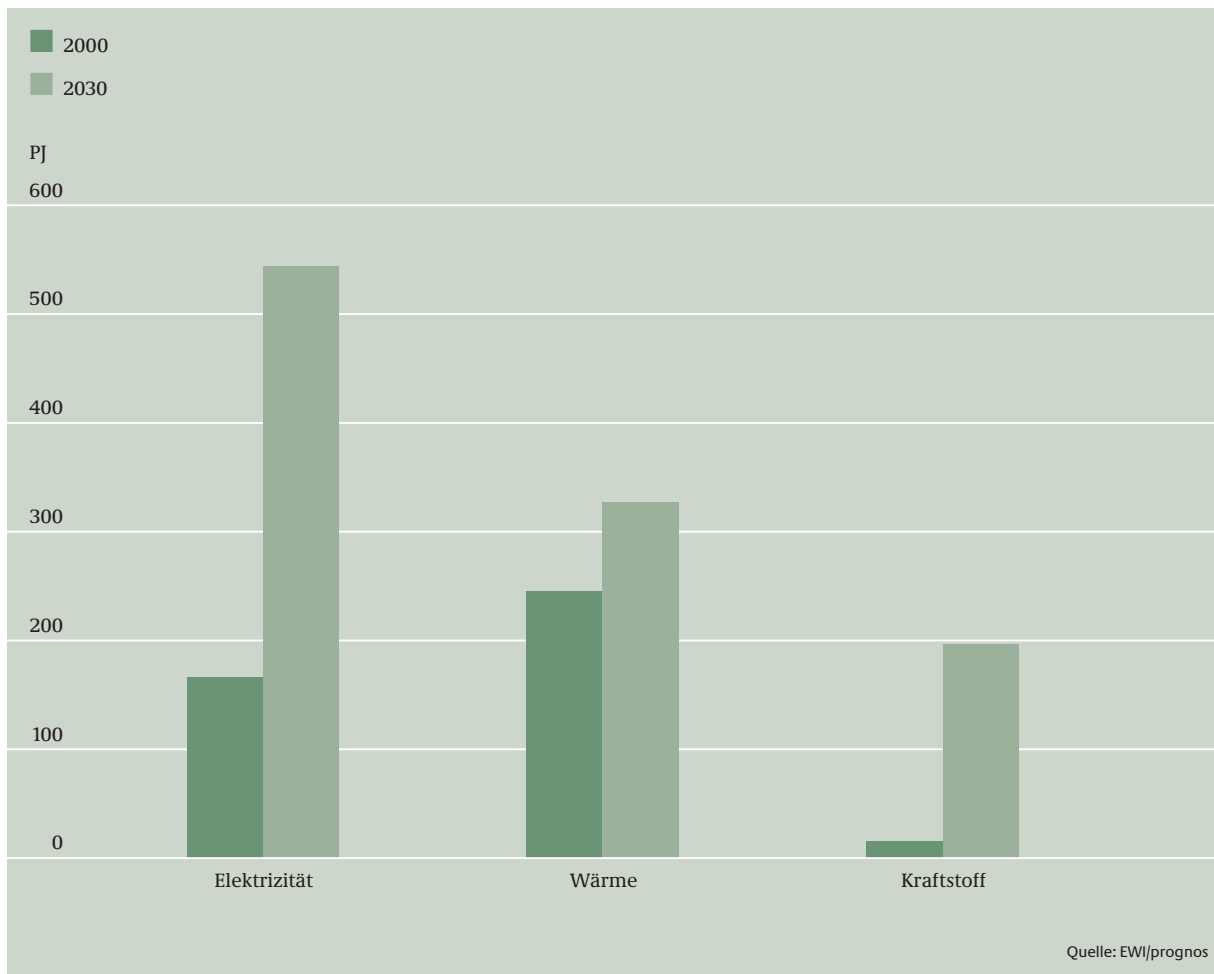
Im Jahr 2000 wurde der größte Teil der erneuerbaren Energien auf dem Wärmemarkt eingesetzt, vor allem Holz, Stroh und übrige Brennstoffe. Dieser Einsatzbereich wächst bis 2030 um gut ein Drittel.

Mehr als die Hälfte des Zuwachses der erneuerbaren Energien gehen in die Stromerzeugung.

Der Kraftstoffmarkt ist der kleinste Einsatzbereich für erneuerbare Energien (3,3 % der erneuerbaren Energien in 2000), aber er wächst am schnellsten. In 2030 werden die regenerativen Kraftstoffe einen Anteil von 8 % an der gesamten Kraftstoffversorgung erreichen.

Windenergie entwickelt sich zum wichtigsten erneuerbaren Energieträger. Sie stellt in 2030 31 % des gesamten erneuerbaren Energieeinsatzes und knapp 61 % des erneuerbaren Energieeinsatzes zur Stromerzeugung.

### Nutzung erneuerbarer Energien nach Sektoren 2000 – 2030



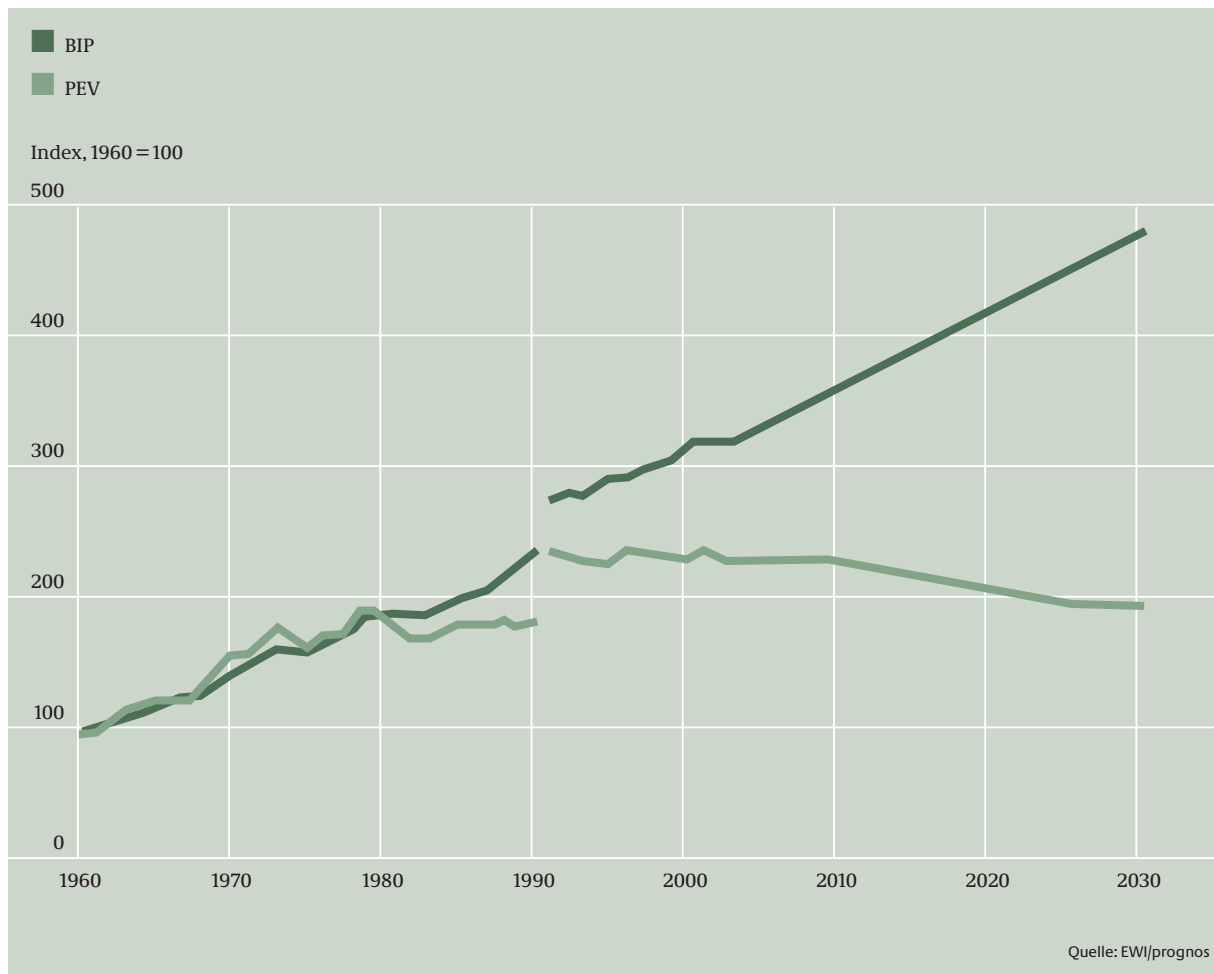
## Primärenergieverbrauch

Der Primärenergieverbrauch in Deutschland nimmt langfristig ab. Im Vergleich zur Vergangenheit ist dies ein neuer Trend. Der Energieverbrauch je Einwohner sinkt um 12 %.

Im Prognosezeitraum nimmt der Primärenergieverbrauch bei steigender Wirtschaftsleistung ab. Im Vergleich zur Vergangenheit ist dies ein neuer Trend.

Zwischen 2002 und 2030 wächst das BIP um fast 50 %. Wegen einer im Jahresdurchschnitt um 1,9 % steigenden Energieproduktivität geht der Primärenergieverbrauch im selben Zeitraum um mehr als 15 % zurück, von 14,3 EJ auf 12,1 EJ. Die Entkoppelung von Wirtschaftsleistung und Energieverbrauch setzt sich verstärkt fort. Der Energieverbrauch je Einwohner sinkt um 12 %.

Reales BIP und Primärenergieverbrauch 1960 – 2030 (bis 1990 nur alte Bundesländer)



## Struktur des Primärenergieverbrauchs

Die Struktur des Primärenergieverbrauchs verändert sich im Prognosezeitraum erheblich. Die Anteile von Gas und der erneuerbaren Energien nehmen zu, Kohle verliert an Bedeutung.

Die Beiträge der Energieträger zur Deckung des Primärenergieverbrauchs verschieben sich, zum Teil deutlich.

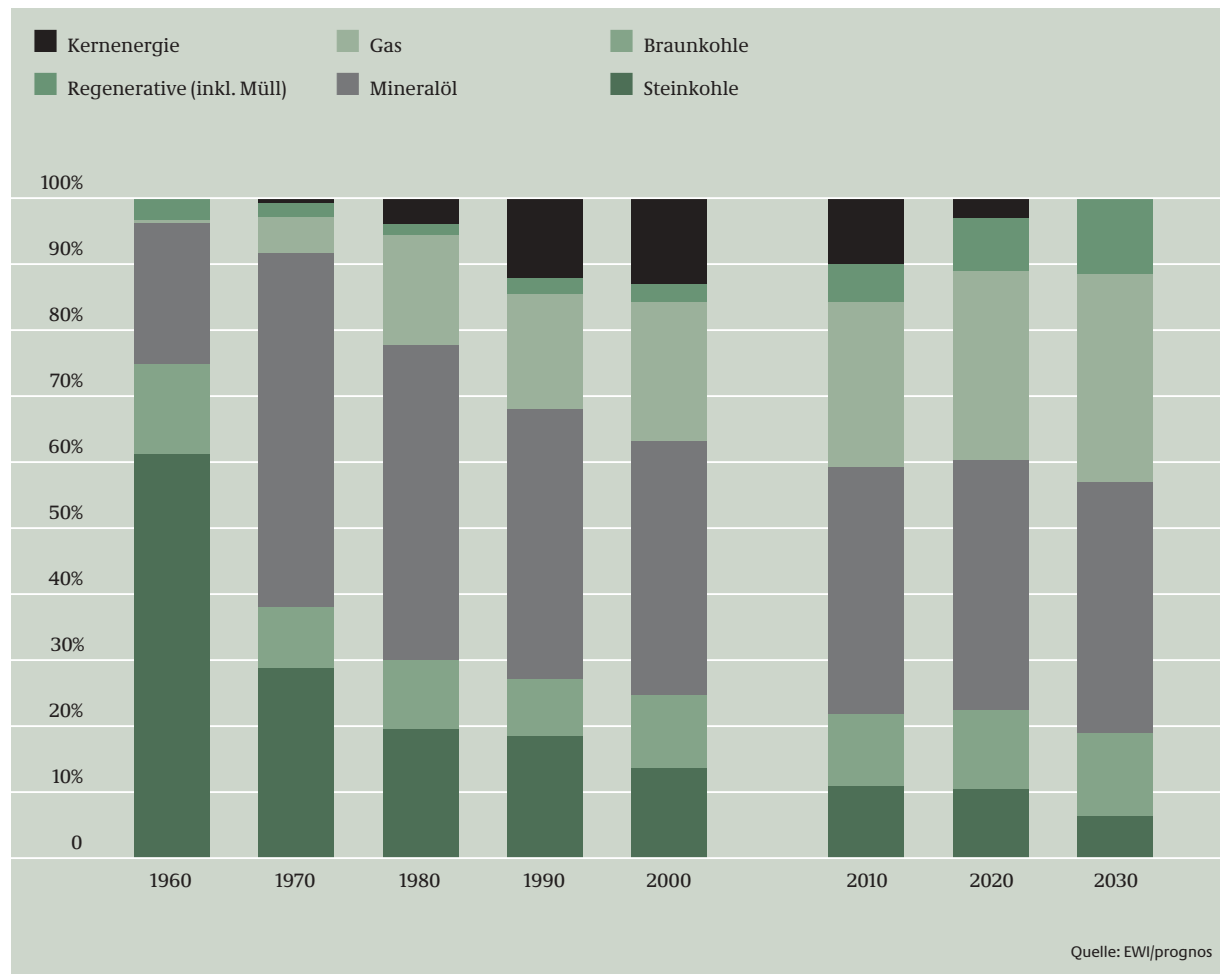
Der Anteil von Erdgas steigt zwischen 2002 und 2030 von 22 % auf 32 %. Die erneuerbaren Energien erfahren mit einer Anteilszunahme von 3,4 % auf 11,5 % einen markanten Bedeutungszuwachs.

Kernenergie ist, politisch gewollt, 2030 im Energiemix nicht mehr vertreten.

Der Beitrag von Steinkohle verringert sich von 13 % auf unter 7 %. Der Anteil der Braunkohle nimmt leicht zu.

Mineralöl ist auch 2030 mit 38 % noch der wichtigste Energieträger.

Struktur des Primärenergieverbrauchs 1960 – 2030 (bis 1990 nur alte Bundesländer)



## Energiebedingte Emissionen

Die energiebedingten Treibhausgasemissionen sinken zwischen 2002 und 2030 um 18,6%. Im Vergleich zum Jahr 1990 liegen sie am Ende des Prognosezeitraums um 32% niedriger. Die Kyoto-Verpflichtung wird erfüllt.

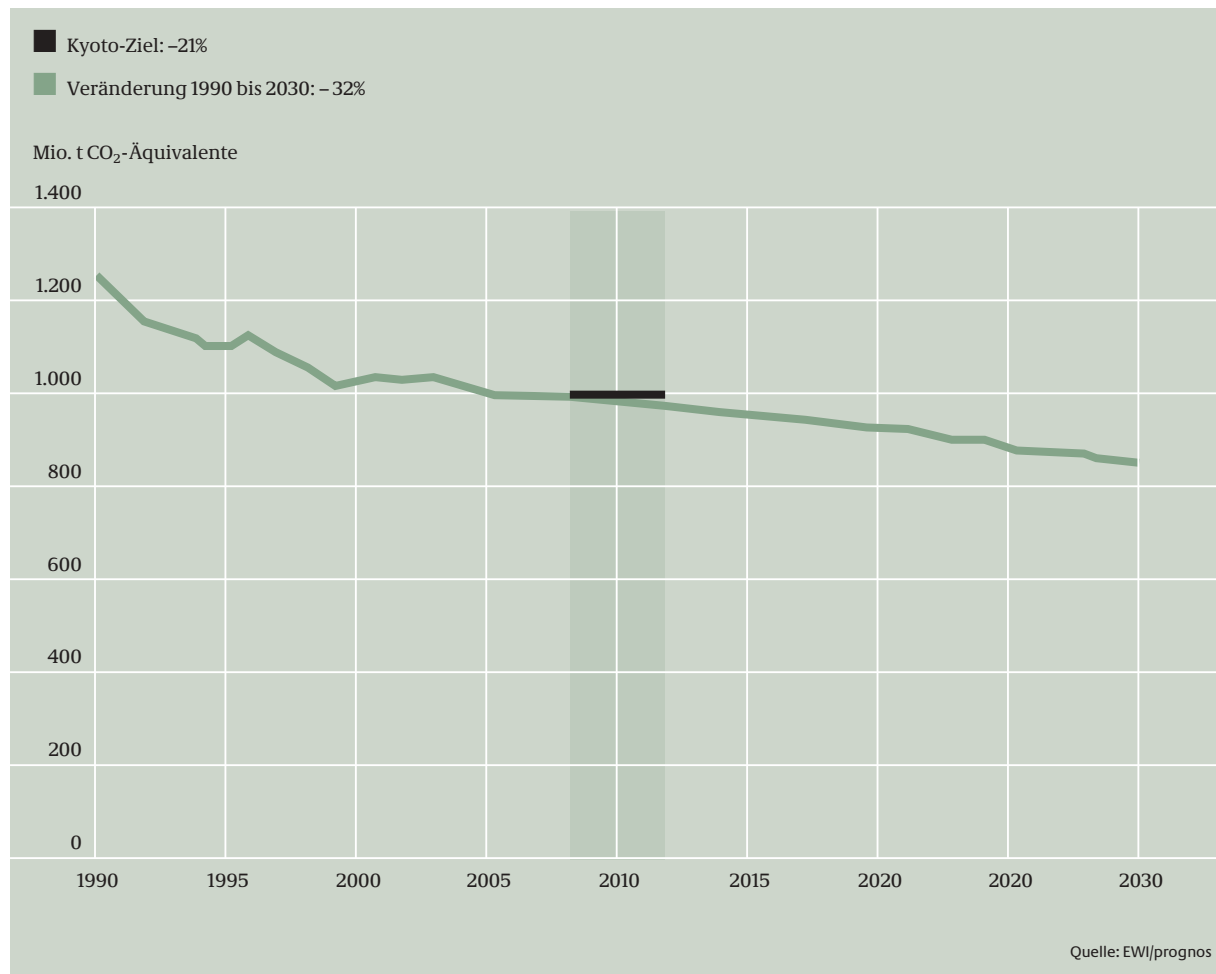
Zwischen 2002 und 2030 verringern sich die energiebedingten Treibhausgasemissionen unter den in der Referenzprognose getroffenen ökonomischen und energiepolitischen Annahmen um 18,6%. Nach 2020 beschleunigt sich der Rückgang.

Im Vergleich zum Kyoto-Basisjahr 1990 liegen die energiebedingten Treibhausgasemissionen 2030 um 32% niedriger. Zwischen 1990 und 2010 beträgt der

Rückgang gut 19%. Berücksichtigt man zusätzlich die Entwicklung der nicht-energiebedingten Treibhausgase, beläuft sich dieser Wert auf knapp 22%. Damit würden die von Deutschland im Rahmen des Kyoto-Protokolls und des EU-Burden-Sharings eingegangenen Verpflichtungen zur Reduktion der Treibhausgase erfüllt.

Die prozentual größten Emissionsminderungen sind zwischen 2002 und 2030 bei den klassischen Schadstoffen Staub (-54%) und SO<sub>2</sub> (-56%) zu erwarten, die geringsten bei CO<sub>2</sub> (-18%) und NO<sub>x</sub> (-24%). Die übrigen Schadstoffe (N<sub>2</sub>O, CO, NMVOC und CH<sub>4</sub>) können um 30% bis 50% reduziert werden.

### Treibhausgasemissionen 1990 – 2030



## Methodik von Energieprognosen

Die Methodik von Energieprognosen und Fragen zur künftigen Entwicklung der Energietechnik wurden in zwei interdisziplinären Experten-Workshops diskutiert.

Im Methoden-Workshop wurden von unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen Charakteristika und Eignungen von Aussagen über die Zukunft diskutiert. Dabei wurde insbesondere der Einfluss von gesellschaftlichen Veränderungen auf Vorhersagen analysiert.

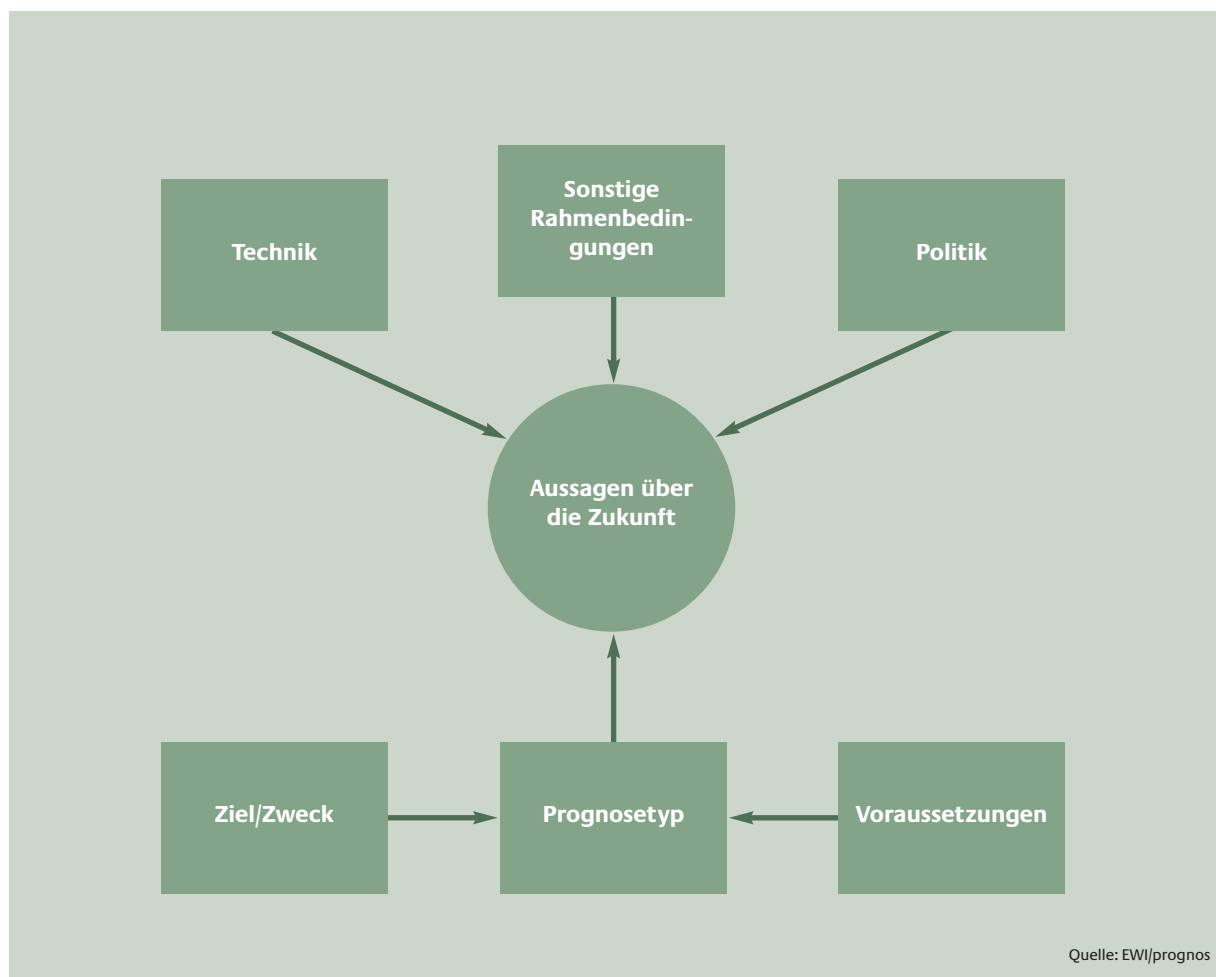
Im Ergebnis zeigte sich: Von der Zielsetzung der Vorhersage hängt die Zweckmäßigkeit der Methode ab. Referenzprognosen haben hierbei eine zentrale

Funktion. Sie sind die Bezugsbasis für Maßnahmen- und Zielszenarien und dienen der Identifikation künftigen Handlungsbedarfs.

Im Technik-Workshop wurden wichtige Trends aus dem Bereich der Energietechnik vorgestellt. Besonderes Augenmerk galt dabei dem Einfluss von Biotechnologie und Nanotechnologie auf Energieverbrauch und Energiebereitstellung.

Als Ergebnis ist festzuhalten: Neue Energietechniken bewirken zukünftig erhebliche Veränderungen. Diese diffundieren aufgrund der langen Investitionszyklen im Energiebereich erst nach und nach in die Praxis.

### Zukunftsaussagen über Energiesysteme



## Vergleich aktueller Untersuchungen zur energiewirtschaftlichen Entwicklung in Deutschland

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen ein heterogenes Bild. Je nach Zielsetzung, Methode und Zeithorizont weisen sie zwangsläufig unterschiedliche Ergebnisse auf.

Die analysierten Untersuchungen unterscheiden sich hinsichtlich Intention und Methode. Die vorliegende Referenzprognose versucht, die wahrscheinliche Entwicklung des Energieverbrauchs und der energiebedingten Emissionen abzuleiten. Im Gegensatz dazu geben Zielszenarien bestimmte Ziele vor (z.B. ein definiertes Reduktionsziel) und untersuchen, welche Maßnahmen zur Erreichung des vorgegebenen Ziels erforderlich sind. Methodisch wird einerseits mit Simulationsmodellen gearbeitet, andererseits mit Optimierungsmodellen.

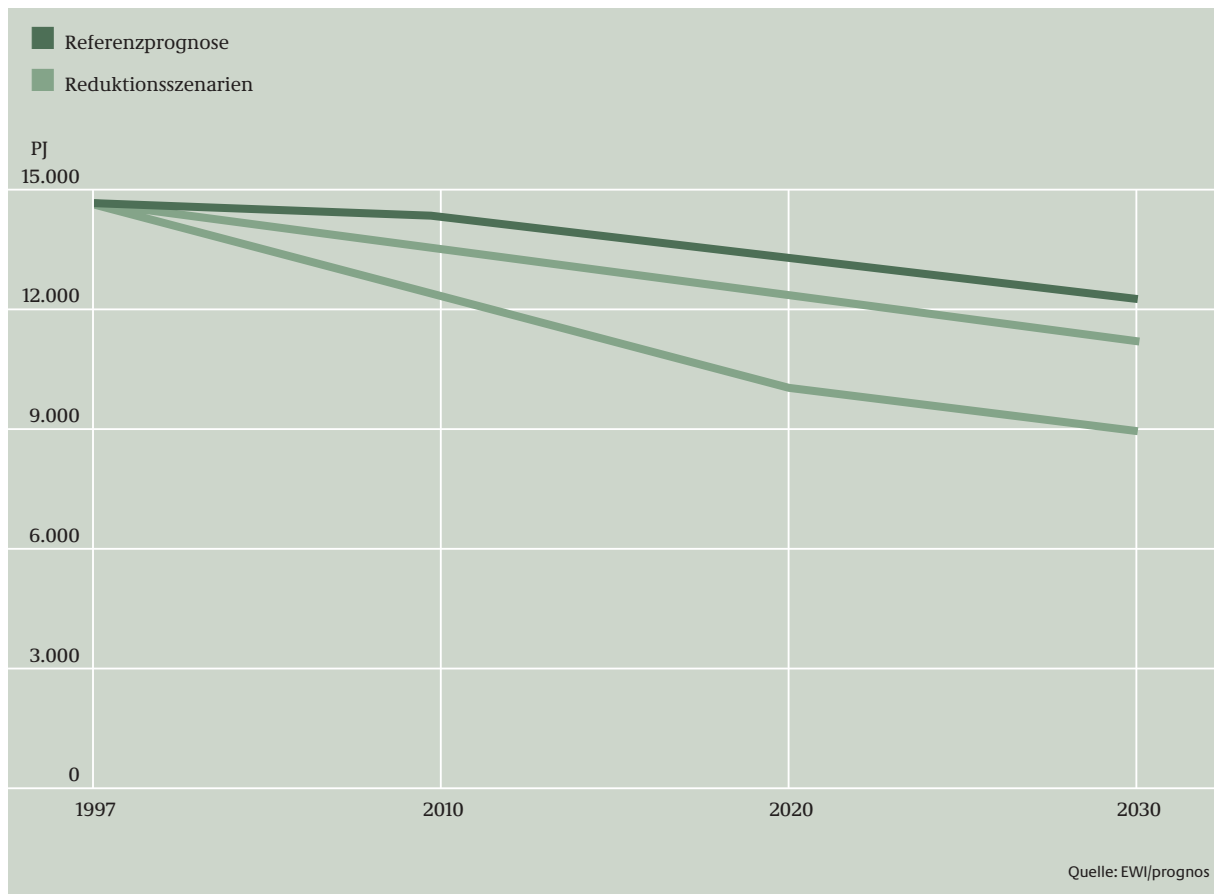
Einfache Vergleiche der Ergebnisse sind deshalb nicht aussagekräftig und können irreführend sein. Dagegen ist es sinnvoll, die angewandte Methodik und die grundlegenden Annahmen der verschiedenen Studien kritisch zu untersuchen und zu vergleichen.

Ein systematischer Vergleich der wichtigsten Annahmen und Ergebnisse aktueller Prognosen und Szenarien wurde vorgenommen.

Unabhängig von Intention und Methode verringern sich in allen analysierten Arbeiten langfristig Primärenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen.

Gemessen an der hier vorgelegten Referenzprognose erscheinen die Ergebnisse der meisten Zielszenarien als sehr ambitioniert.

### Entwicklung des Primärenergieverbrauchs 1997 – 2030





## Ermittlung der Kosten der Energieversorgung (wertmäßige Energiebilanz)

Erstmals wird versucht, eine wertmäßige Energiebilanz aufzustellen. Dadurch werden die Energieausgaben der Volkswirtschaft in die Referenzprognose integriert. Die realen Ausgaben für Primärenergie verdoppeln sich bis 2030 bei sinkendem Primärenergieverbrauch. Die Energieausgaben der Verbraucher (ohne Steuern und sonstige Belastungen) erhöhen sich real um ein Drittel.

Erstmals wird der Versuch unternommen, eine wertmäßige Energiebilanz aufzustellen und die Energieausgaben bis 2030 zu prognostizieren. Dies wirft Daten- und Methodenprobleme auf, die im ersten Ansatz nur teilweise gelöst werden konnten.

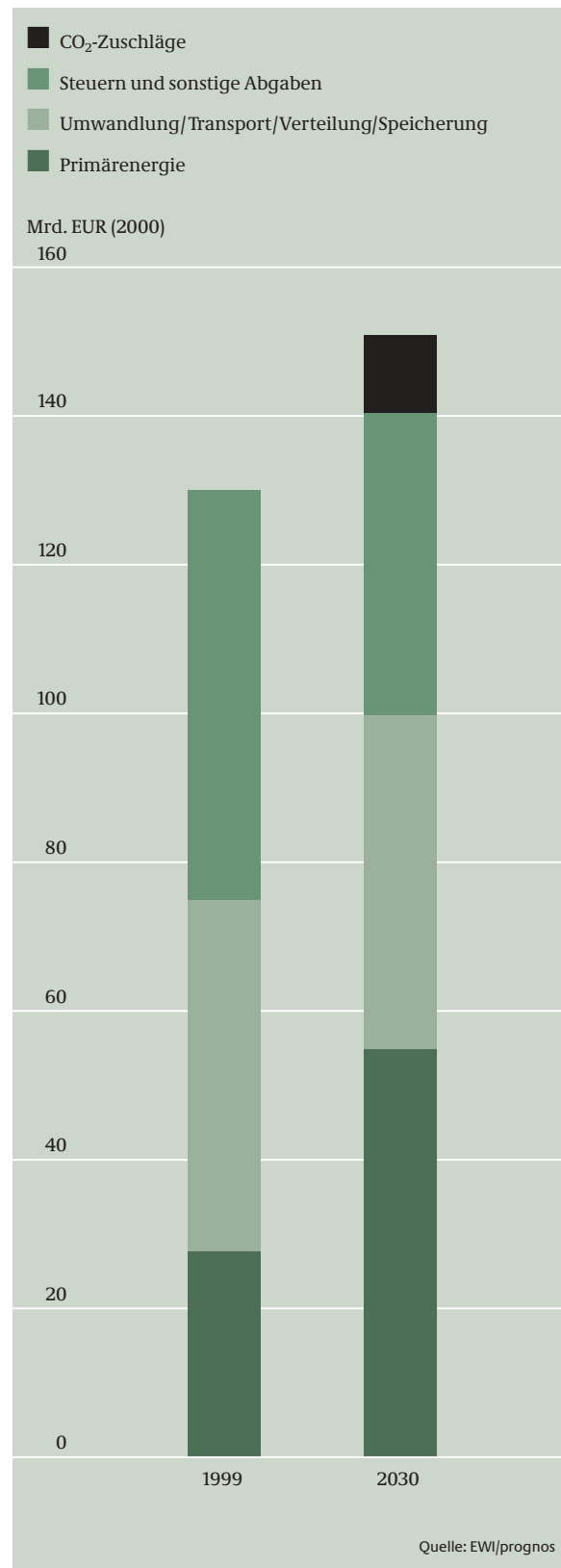
Während der Primärenergieverbrauch bis 2030 um 15 % und der Endenergieverbrauch um 9 % sinkt, verdoppeln sich die realen Ausgaben der Volkswirtschaft für die Beschaffung von Primärenergieträgern und die Energieausgaben der Endverbraucher (ohne Steuern und sonstige Belastungen) steigen real um 30 %.

Die Kosten für Umwandlung/Transport/Verteilung/Speicherung/Vertrieb sind 1999 mehr als 70 % höher und in 2030 etwa gleich hoch wie die Ausgaben für Primärenergie.

Die Energiesteuern und sonstigen Belastungen sind 1999 doppelt so hoch wie die Ausgaben für Primärenergie. Der überwiegende Teil der Energiesteuern entfällt auf die Mineralölsteuer. Sie verringern sich bis 2030, vor allem weil der Verbrauch an Mineralölprodukten zurückgeht.

Bei dem in der Referenzprognose unterstellten moderaten Anstieg der CO<sub>2</sub>-Preise ist die Belastung der Energieverbraucher durch CO<sub>2</sub>-Zuschläge, verglichen mit den übrigen Ausgabenkategorien, in 2030 gering.

Energieausgaben 1999 – 2030



## Externe Kosten der Energieversorgung

Die Marktpreise für Energie erfassen nur einen Teil der mit der Energienutzung verbundenen Kosten. Neuere Ansätze versuchen, die externen Kosten der Energieversorgung umfassend zu bewerten. Methodische und statistische Probleme sind nicht zufrieden stellend gelöst.

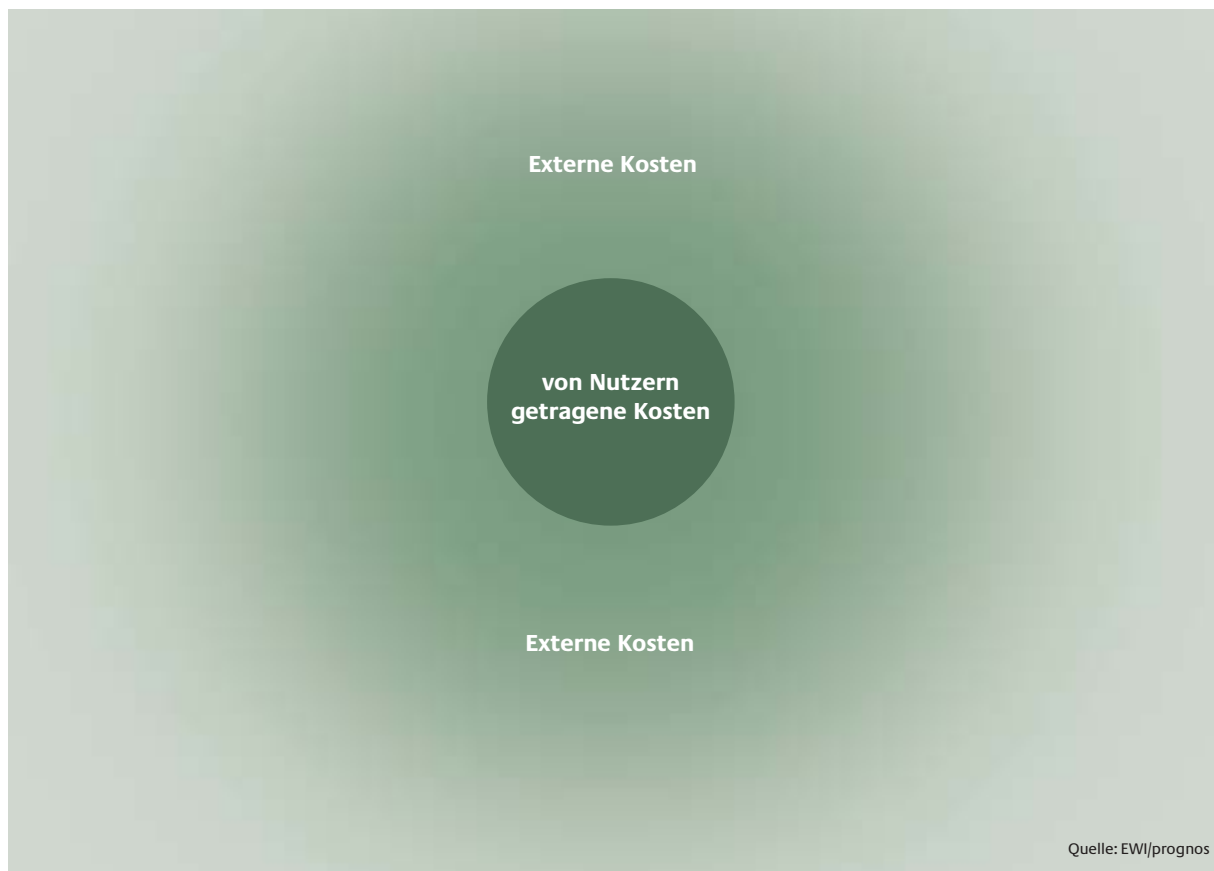
Die Energienutzung verursacht Kosten. Ein Teil dieser Kosten wird den Verbrauchern angelastet. Der Rest wird als externe Kosten von der Gesellschaft getragen, z.B. in Form von Wertminderungen, Schäden, Verlusten oder eingeschränkten Handlungsmöglichkeiten kommender Generationen.

Bei der Feststellung der externen Kosten der Energieversorgung bestehen heute noch erhebliche Unsicherheiten. Darauf deuten die Ergebnisse einer Analyse unterschiedlicher Studien zur Erfassung und


Bewertung der externen Kosten der Energieversorgung hin, die eine große Bandbreite der dort ermittelten Kosten aufweisen.

Ein neuer Versuch, der Wirkungspfadansatz, geht von den Schadstoffemissionen aus, die durch die Energiebereitstellung hervorgerufen werden. Als erster Schritt wird die Ausbreitung dieser Schadstoffe sowie ihre chemische Umwandlung und ggf. ihre Umwandlung durch Strahlung in Luft, Boden und Wasser abgeschätzt. Ausgehend von Stoffkonzentrationen werden als zweiter Schritt mit Hilfe von Expositions-Wirkungsbeziehungen Schäden an der menschlichen Gesundheit, an Pflanzen, Tieren und Materialien berechnet, die im abschließenden dritten Schritt mit Hilfe eines Schadenskosten-Verfahrens monetär bewertet werden.

### Externe Kosten der Energieversorgung







Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit herausgegeben. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Bundesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.