

Texte

30
05

ISSN
0722-186X

Energierferenzszenario 2000-2020 für Emissionsberechnungen des Umweltbundesamtes

Umwelt
Bundes
Amt 

Für Mensch und Umwelt



**Energierferenzszenario
2000-2020
für Emissionsberechnungen des
Umweltbundesamtes**

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter
<http://www.umweltbundesamt.de>
verfügbar.

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06813 Dessau
Tel.: 0340/2103-0
Telefax: 0340/2103 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet II 5.1
Bernd Schärer

Dessau, Dezember 2005

Energierferenzszenario 2000-2020

für Emissionsberechnungen des Umweltbundesamtes

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen	4
1 Einleitung	5
2 Zur Entwicklung des Energierferenzszenarios	6
3 Rahmendaten für die Prognose	8
4 Annahmen zur Energie- und Umweltpolitik	11
4.1 Allgemeine Annahmen	11
4.2 Berücksichtigte Maßnahmen	11
5 Energieverbräuche im Energierferenzszenario	15
5.1 Trends und Zusammenhänge	15
5.2 Energieverbräuche: Tabellen und Abbildungen	16
Literatur	24

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abbildung 1	Genese des Energierferenzszenarios des Umweltbundesamtes	6
Abbildung 2	Primärenergieverbrauch im Energierferenzszenario	17
Abbildung 3	Energieverbrauch zur Stromerzeugung	18
Abbildung 4	Verbrauch der Endenergiesektoren	20
Abbildung 5	Summe der emissionsrelevanten Energieverbräuche	23
Tabelle 1	Sozioökonomische Rahmendaten für das Energierferenzszenario	9
Tabelle 2	Annahmen zur Entwicklung der Verkehrsnachfrage	10
Tabelle 3	Maßnahmen und Entwicklungen bei stationären Quellen	12
Tabelle 4	Maßnahmen und Entwicklungen bei mobilen Quellen	13
Tabelle 5	Energie- und umweltpolitische Vorgaben	14
Tabelle 6	Primärenergieverbrauch im Energierferenzszenario	16
Tabelle 7	Energieverbrauch der Stromerzeugung	17
Tabelle 8	Energieverbrauch zur Wärmeproduktion in Heizkraftwerken und Fernheizwerken	18
Tabelle 9	Energieverbrauch im übrigen Umwandlungsbereich	19
Tabelle 10	Energieverbrauch aller Endenergiesektoren	19
Tabelle 11	Energieverbrauch der Industrie	20
Tabelle 12	Energieverbrauch im Verkehr	21
Tabelle 13	Energieverbrauch in Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	21
Tabelle 14	Energieverbrauch der Haushalte	22
Tabelle 15	Summe der emissionsrelevanten Energieverbräuche	22

1 Einleitung

Zur Notwendigkeit von Energieprognosen für Emissionsberechnungen

In der Umweltpolitik haben neben gemessenen Emissionswerten insbesondere die nach statistischen Methoden berechneten Emissionsfrachten eine ausschlaggebende Bedeutung. Zu den Aufgaben der Emissionsberechnung im Umweltbundesamt (UBA) gehört neben der Berichterstattung zur Entwicklung der Emissionen für Luftschadstoffe und Treibhausgase gemäß zahlreicher internationaler Vereinbarungen vor allem auch die Bereitstellung von Emissionsprognosen zur Gestaltung der Luftreinhaltepolitik in der EU und der UN/ECE, z. B. im Programm der EU *Clean Air for Europe (CAFE)* und bei der Revision der NEC-Richtlinie. Für diese Aufgaben ist es notwendig, dass nationale Emissionsprognosen einschließlich der ihnen unterliegenden emissionsrelevanten Daten zur wirtschaftlichen Entwicklung als Referenz für die Beurteilung von internationalen Szenarien zur Luftreinhaltepolitik zur Verfügung stehen.

Die Emissionen der Luftschadstoffe werden durch Verknüpfung von Aktivitätsraten mit Emissionsfaktoren berechnet. Als Aktivitätsrate werden Bezugsgrößen gewählt, die repräsentativ für den die Emissionen verursachenden Vorgang sind. Typisch sind z.B. für die Energiewirtschaft die Brennstoffeinsätze, für den Verkehr die Kraftstoffverbräuche oder Fahrzeugkilometer und für den Produktionsbereich die Produktionsmengen. In Deutschland ist der Energieverbrauch insbesondere für die SO₂-, NO_x-, NMVOC- und PM-Emissionen von entscheidender Bedeutung und unverzichtbar für Emissionsberechnungen. So verursachte der Energieeinsatz im Jahre 2000 über 90% der SO₂- und NO_x- Emissionen und mehr als ein Drittel der PM- und NMVOC-Emissionen.

Energieprognosen und Energieszenarien, die nicht von vornherein zum Zweck der Emissionsprognose erarbeitet wurden, sind hierfür in der Regel aufzubereiten. Diese Aufbereitung ist notwendig, um die Struktur des Energieverbrauchs gemäß den Strukturen des Emissionsrechenwesens neu aufzugliedern und detaillierter aufzuschlüsseln. Dies betrifft sowohl die bilanzierten Energieträger als auch die technische Charakterisierung der Emissionsquellen, in denen die Energieträger genutzt werden. Während die Differenzierung nach Energieträgern für die Emissionsberechnung aller Schadstoffe und Treibhausgase wichtig ist, ist die technische Differenzierung der Emissionsquellen vor allem für klassische Luftschadstoffe wichtig, da hier die pro Brennstoffverbrauch freigesetzten Emissionen (Emissionsfaktoren) in hohem Maße von der Verbrennungstechnik und den eingesetzten Emissionsminderungstechniken abhängen. Die Disaggregation erfolgt für verschiedene Emissionsprognosemodelle unterschiedlich.

2 Zur Entwicklung des Energierferenzszenarios

Das neue, hier dokumentierte Energierferenzszenario für Emissionsprognosen des UBA (im folgenden Energierferenzszenario) wurde für die Zwecke der Emissionsberechnung aus vorliegenden Energieszenarien entwickelt, es löst das bisher für Emissionsprognosen verwendete Energieszenario ab¹. Die Genese des Energierferenzszenarios wird in folgender Abbildung dargestellt, es beruht für stationäre Anlagen einerseits und für den Verkehr andererseits auf verschiedenen Quellen bzw. Vorläuferstudien:

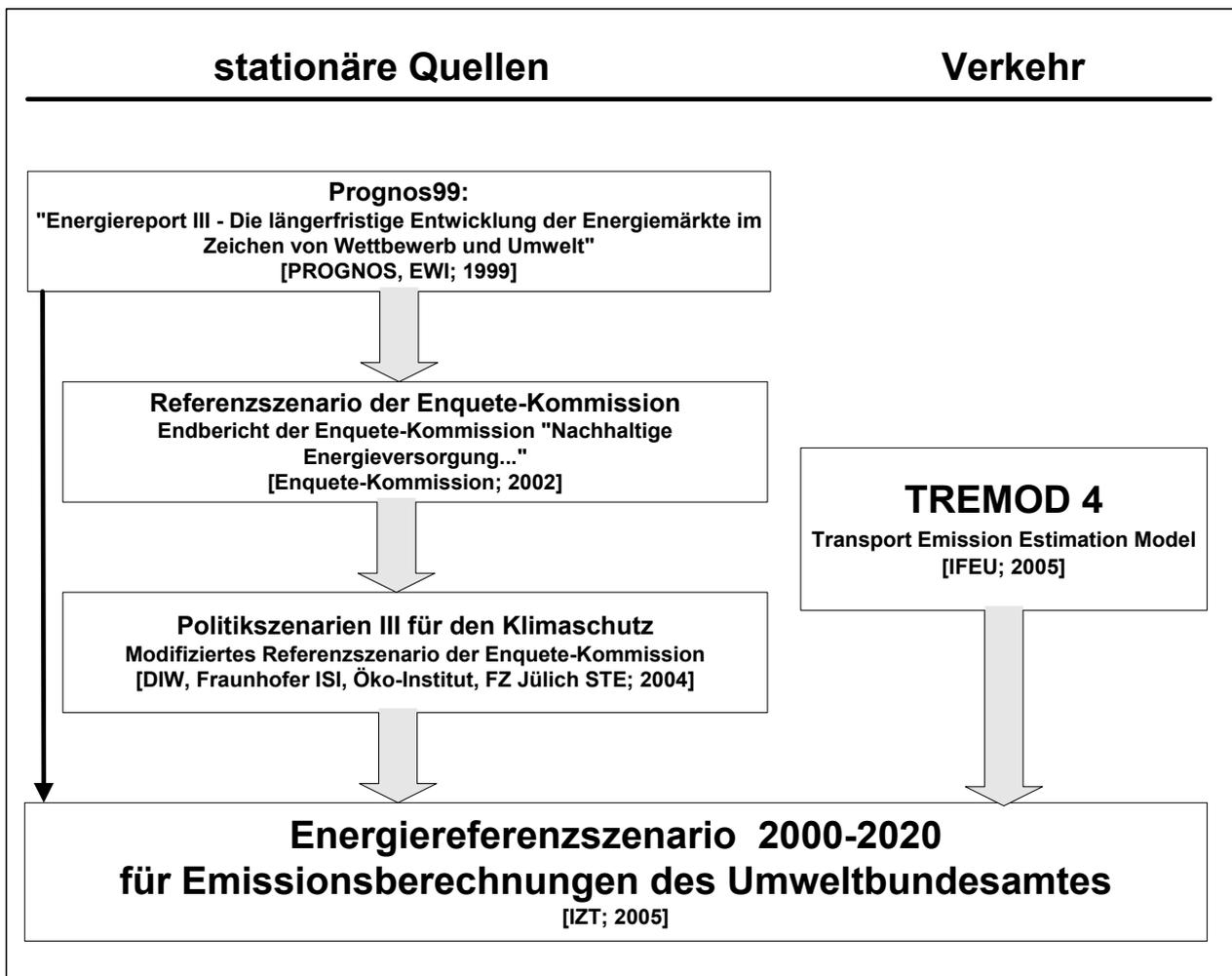


Abbildung 1 Genese des Energierferenzszenarios des Umweltbundesamtes²

¹ Umweltbundesamt, Luftreinhaltung 2010 – Nationales Programm zur Einhaltung von Emissionshöchstmengen, UBA-Texte 37/02

² Das Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT) hat im Auftrag des Umweltbundesamtes im Rahmen eines FE-Vorhabens (UFOPLAN 2004, FKZ 204 42 202/2, Emissionsberechnung, Prognose und Maßnahmenanalyse für Feinstaub 2000-2020, Fertigstellung Mai 2006) die Annahmen und

Für die **stationären Anlagen** liegt der Ursprung in der auch als *Prognos99* bekannten Studie *Energierreport III - Die längerfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt*³. In einer Reihe von Folgestudien wurden die Ergebnisse von *Prognos99* angepasst und weiterentwickelt. Zuletzt in der vom Umweltbundesamt in Auftrag gegebenen Studie *Politiksznarien für den Klimaschutz – Langfristszenarien und Handlungsempfehlungen ab 2012 (Politiksznarien III)*⁴, die im Juli 2004 abgeschlossen wurde. In den *Politiksznarien III* bildet das *Modifizierte Referenzszenario der Enquete-Kommission Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung*⁵ die Entwicklung für den Energieverbrauch in Deutschland unter Berücksichtigung der bis 2002 beschlossenen Maßnahmen zum Klimaschutz ab und ist deshalb als Referenzenergieszenario für Emissionsprognosen grundsätzlich geeignet.

Für den **Verkehr** übernimmt das Energierferenzszenario die Daten und Annahmen aus dem *TREMOD-Modell*⁶, das im Umweltbundesamt zur Berechnung von Verkehrsemissionen genutzt wird. Die aktuelle Modellversion *TREMOD 4* beruht ihrerseits für die Annahmen zur Entwicklung der Verkehrsleistung auf mehreren Studien⁷, die u.a. für das Bundesverkehrsministerium erstellt wurden. Für Annahmen zu Fahrleistungen und Energieeffizienz beruht *TREMOD* auf Arbeiten des Umweltbundesamtes.

Rahmenbedingen sowie die Energiedaten aus den in der Abb. genannten Studien zusammengestellt und die Energiedaten entsprechend den Anforderungen der Emissionsberechnung und internationalen Emissionsberichterstattung neu strukturiert und differenziert.

³ Schlesinger et al.: „Energierreport III - Die längerfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt“, Schäffer Poeschel Verlag Stuttgart, 1999; PROGROS AG, Basel und Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln (EWI)

⁴ Diekmann et al.: Endbericht zum Forschungsvorhaben „Politiksznarien für den Klimaschutz – Langfristszenarien und Handlungsempfehlungen ab 2012 (Politiksznarien III)“, Berlin, Jülich, Karlsruhe, im Juli 2004; Umweltforschungsplan 2001 - Forschungskennzahl 201 41 142; Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin) (federführend), Forschungszentrum Jülich - Programmgruppe STE (FZJ-STE), Fraunhofer Institut Systemtechnik und Innovationsforschung (Fh-ISI) und Öko-Institut

⁵ Endbericht der Enquete-Kommission Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung: Bundestags Drucksache 14/9400 vom 07.07.2002
Die Unterschiede zwischen dem „modifizierten Referenzszenario...“ aus „Politiksznarien III“ und dem Referenzszenario der Enquete-Kommission selber liegen v.a. in der Bewertung der erneuerbaren Energien und des Ausstiegs aus der Nutzung der Kernenergie.

⁶ TREMOD (Transport Emission Estimation Model): Wolfram Knörr et al. (IFEU): Fortschreibung „Daten- und Rechenmodell“: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030; Endbericht, im Auftrag des Umweltbundesamtes; UFOPLAN Nr. 204 45 139; Heidelberg, 2005

⁷ Arbeitsgemeinschaft BVU, ifo, ITP, Planco, Prognos: Verkehrsprognose 2015 für die Bundesverkehrswegeplanung; im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen; München/Freiburg/Essen April 2001

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg: Instrumente und Maßnahmen zur Realisierung einer nachhaltigen Energieversorgung im Bereich „Mobilität“; im Auftrag des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH, Büro für Technikfolgenabschätzung; veröffentlicht im Physika-Verlag, Heidelberg 2004

Ratzenberger, R., Intraplan: Überprüfung ausgewählter langfristiger Verkehrsprognosen; im Auftrag des Allgemeinen Deutschen Automobilclubs e.V.; München. Oktober 2003

Das Energierferenzszenario bildet bestmöglich die Auswirkungen der bereits beschlossenen energie-, klima- und verkehrspolitischen Maßnahmen der Bundesregierung auf den zu erwartenden Energieträgermix bis 2020 ab. Im Bereich der stationären Anlagen sind Maßnahmen bis 2002 und für die mobilen Quellen sind Maßnahmen bis zum Jahr 2004 erfasst. Die unterschiedlichen „Stichtage“ für die berücksichtigten Maßnahmen ergeben sich aus der dem Energierferenzszenario zugrunde liegenden Studie *Politikszenerien III* für die stationären Anlagen und *TREMODO4* für die mobilen Quellen.

3 Rahmendaten für die Prognose

Für die Prognose einer hypothetischen Entwicklung der Energiewirtschaft muss eine Reihe von Annahmen getroffen werden. Für das Energierferenzszenario für Emissionsprognosen des Umweltbundesamtes (UBA), im folgenden Energierferenzszenario, wurden die Annahmen und Daten der *Enquete-Kommission Nachhaltige Energieversorgung* bzw. für den Verkehr von *TREMODO4* übernommen.

Allgemeine Annahmen sind, dass die Grundprinzipien von Demokratie und Marktwirtschaft langfristig verbindlich bleiben und Marktsteuerung im Wesentlichen über Preise und marktkonforme Instrumente erfolgt. Die wichtigsten Annahmen zur sozioökonomischen Entwicklung für den Zeitraum von 2000 bis 2020 sind im Folgenden zusammengefasst und in Tabelle 1 quantitativ dargestellt:

- Die Bevölkerung Deutschlands wird von rund 82 auf 80,8 Mio. Einwohner sinken.
- Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) wird real etwa um 42 % steigen. Das bedeutet pro Kopf eine Steigerung um etwa 45 %.
- Die gesamte Wohnfläche wird sich pro Kopf um ca. 13 % oder 5 m² erhöhen.
- Die durchschnittlichen Preissteigerungen betragen bei Erdöl 1,7 %, bei Erdgas 1,9 % und bei Steinkohle 0,9 % pro Jahr.
- Die Projektion geht von einem langfristigen Trend zum Dienstleistungssektor aus. So werden die Anteile der Land- und Forstwirtschaft, des Bergbaus, des verarbeitenden Gewerbes, der Energie- und Wasserversorgung sowie des Baugewerbes deutlich abnehmen, während es vor allem im Bereich Handel, Gastgewerbe, Verkehr und bei den sonstigen Dienstleistungen zu einem überdurchschnittlichen Wachstum kommen wird.

		2000	2010	2020
Einwohner in Mio.	Einwohner	82,2	82,1	80,8
BIP in Mrd. € zu Preisen von 1995	Bruttoinlandsprodukt	2023	2438	2882
	Bruttoinlandsprodukt pro Kopf	24611	29695	35668
Wohnflächen⁸ in Mio.m ²	Wohnflächen insgesamt	3090	3300	3600
	Wohnfläche pro Kopf	38	40	43
Verkehrsleistung in Mrd. Pkm bzw. tkm	Personenverkehrsleistung	1037,1	1112,9	1212,5
	Güterverkehrsleistung	494,2,1	603,9	730,6
Energieträgerpreise in €/GJ zu Preisen von 2000	Erdöl	2,81	3,56	4,31
	Erdgas	2,15	2,84	3,52
	Steinkohle	1,36	1,43	1,59
		1998	2010	2020
Arbeitsmarktdaten in Mio.	Erwerbspersonenpotenzial	42	42,7	41
	Erwerbstätige	37,5	37,6	37,2
Sektorale Wirtschaftsleistung Anteile in %	Land- und Forstwirtschaft	1,3	1,1	0,9
	Bergbau	0,4	0,2	0,1
	Verarbeitendes Gewerbe	22	21,5	21,3
	Energie- und Wasserversorgung	2,2	2	1,9
	Baugewerbe	6	5,3	4,8
	Handel, Gastgewerbe, Verkehr	17,7	18,3	18,7
	Kreditinstitute, Versicherungen	5,2	5,1	5
	Sonstige Dienstleistungen	39,1	41,5	43,1
	Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	6,3	4,9	4,2
	Insgesamt	100	100	100

Tabelle 1 Sozioökonomische Rahmendaten für das Energierferenzszenario

⁸ Die Wohnflächen sind im modifizierten Referenzszenario der Studie Politiksznarien III gegenüber den Rahmendaten im Abschlussbericht der Enquete-Kommission verringert. Der jährliche Wohnflächenzuwachs wurde halbiert.

Die Verkehrsnachfrage (Tabelle 2) ist durch folgende Rahmendaten gekennzeichnet:

- Die Personenverkehrsleistung steigt bis 2020 auf etwa 1212 Mrd. Pkm.
- Die Güterverkehrsleistung wird im Jahr 2020 fast 50 % höher sein als im Jahr 2000. Der Anteil des Straßengüterverkehrs nimmt dabei auf fast 74 % zu, während die Anteile des Bahn- und Schiffsverkehrs abnehmen.

		2000	2010	2020
Personenverkehrsleistung insgesamt [in Mrd. Pkm]		1037,1	1112,9	1212,5
Anteile in %	MIV	82,5	83,0	83,1
	ÖSPV	9,4	8,9	8,4
	Bahnen	7,2	7,0	7,3
	Luftverkehr (Inland)	0,9	1,0	1,3
	Summe	100	100	100
1990=100	MIV	123,6	133,5	145,6
	ÖSPV	100,5	102,4	104,6
	Bahnen	121,8	127,3	142,7
	Luftverkehr (Inland)	157,7	190,6	260,6
	Summe	121,1	129,9	141,5
Güterverkehrsleistung insgesamt [in Mrd. tkm]		494,2	603,9	730,6
Anteile in %	Straße	70,1	72,4	73,8
	Bahn	16,5	14,9	13,6
	Schiff	13,5	12,7	12,6
	Summe	100	100	100
1990=100	Straße	187,0	235,9	291,3
	Bahn	73,1	80,9	89,1
	Schiff	117,3	135,5	162,0
	Summe	139,9	170,9	206,8

Tabelle 2 Annahmen zur Entwicklung der Verkehrsnachfrage

4 Annahmen zur Energie- und Umweltpolitik

4.1 Allgemeine Annahmen

Auch hier gelten die von der Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ getroffenen Annahmen. Danach ergeben sich für Wirtschaft, Politik und Verbraucher im Betrachtungszeitraum bis 2020 keine gravierenden Verhaltensänderungen. Die Energiepolitik bleibt auf dem eingeschlagenen Weg, die eingeleiteten Maßnahmen werden umgesetzt. Mit der Liberalisierung von Strom- und Gaswirtschaft werden europaweite Märkte für diese Energieträger geschaffen. Die energiepolitische Steuerung muss deshalb stärker auf Marktanreize setzen und die Auswirkungen auf den europäischen Binnenmarkt beachten. Ordnungspolitische Vorgaben, z. B. die Energieeinsparverordnung, werden der technischen Entwicklung entsprechend angepasst und verschärft.

Die Verfügbarkeit über Öl und Gas wird durch langfristige Abkommen mit den Lieferländern gewährleistet. Die Märkte für Strom und Gas bleiben offen. In der Elektrizitätswirtschaft wird sich die Öffnung des Elektrizitätsmarktes rasch vollziehen und alle Verbraucherguppen erreichen. Die Unternehmensstruktur wird sich zu großen international tätigen Anbietern verändern. Im Gashandel wird die Abhängigkeit der europäischen Verbraucherländer von wenigen Lieferländern weiter bestehen bleiben. Die Unternehmensstrukturen werden sich wie in der Stromwirtschaft verändern.

Bei der Ökosteuer sind die ab 2003 gültigen Steuersätze berücksichtigt. Die übrigen Energiesteuern (Mineralölsteuer, Erdgassteuer) werden dem Index der Lebenshaltungskosten angepasst, also real konstant gehalten. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und das Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWK-G) gelten als gesetzliche Regelung zumindest bis 2010.

Die Vorgaben zur Reduktion der Emission von Treibhausgasen im Rahmen der deutschen Selbstverpflichtungen – 25% Einsparung bis 2005 bzw. 21 % im Rahmen des EU burden sharing zum Kioto-Protokoll bis 2008/2012 gegenüber 1990 – wurden nicht in das Energierferenzszenario integriert.

4.2 Berücksichtigte Maßnahmen

Das Energierferenzszenario berücksichtigt für stationäre Anlagen die im Referenzszenario der *Enquete-Kommission Nachhaltige Energieversorgung* enthaltenen Maßnahmen und Entwicklungen (Stand 2002) und für den Verkehr die Maßnahmen und Entwicklungen aus *TREMODO 4* (Stand 2004). Tabelle 4 gibt eine Übersicht über diese Maßnahmen.

Stromerzeugung	
	Gesetz zur Förderung der KWK 2000
	Gesetz zur Modernisierung der KWK 2002
	Sonderregelung für die erdgasgestützte KWK im Rahmen der ökologischen Steuerreform
	Regelung zur KWK in der Novelle der 13. BImSchV
	EU-Richtlinie 2004/8/EG zur KWK
	Novellierung des Atomgesetzes (AtG) vom 22. April 2002 (Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen vom 14. Juni 2000 über den Ausstieg aus der Kernenergie)
	100.000-Dächer-Solarstrom-Programm
	Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)
	Marktanreizprogramm für Erneuerbare Energien
Industrie	
	Energieeinsparverordnung (EnEV)
	Ökologische Steuerreform
	Kreditprogramme der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) und der Deutschen Ausgleichsbank (DtA)
	Erklärung der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge
	Selbstverpflichtung der Wirtschaft zur Förderung Industrieller Kraft-Wärme-Kopplung
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	
	Energieeinsparverordnung (EnEV)
	Ökologische Steuerreform
	Kreditprogramme von KfW und DtA
	Erklärung der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge
	Selbstverpflichtung der Wirtschaft zur Förderung Industrieller Kraft-Wärme-Kopplung
Haushalte	
	Die KfW-Programme CO ₂ -Minderung, CO ₂ -Gebäudesanierung und Wohnraummodernisierung
	Informations- und Beratungsangebote, weiterer Ausbau einer unabhängigen Energieberatung
	CO ₂ - Minderung in Bundesliegenschaften (umzugsbedingte Bauvorhaben in Berlin, Energiesparcontracting, Leitfaden "Nachhaltiges Bauen in Bundesbauten")
	Städtebauförderprogramm
	Förderprogramm zur Einrichtung von Passivhäusern
	Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV)
	Maßnahmen der 1.BImSchV zur Nutzungsgradsteigerung (Austausch der vor Oktober 1978 gebauten Heizkessel bis Ende 2006)
	Gesetz zur Fortwicklung der ökologischen Steuerreform (Befristung des reduzierten Steuersatzes für Nachtspeicherheizungen bis zum 31.12.2006)
	Initiative Energieeffizienz (bundesweite Informationskampagne zur effizienten Stromnutzung in privaten Haushalten der Verbände der Elektrizitätswirtschaft (VDEW, VRE und VKU) und der Deutschen Energie-Agentur (dena). Gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) und das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit.
	Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung (EnVKV) vom 30.1.2002, die als nationale Umsetzung der 1999/94/EG und 2000/55/EG die EnVKV Kennzeichnungspflichten für Kühl- und Gefriergeräte, Waschmaschinen, Wäschetrockner und Geschirrspülmaschinen festschreibt.

Tabelle 3 Maßnahmen und Entwicklungen bei stationären Quellen

Verkehr	
	Ökosteuer auf Kraftstoffe
	Bahnstrukturreform/Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Eisenbahnverkehrs
	Autobahnbenutzungsgebühr für Lastkraftwagen ab 12 t
	Senkung des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs neuer Pkw
	Förderung des Einsatzes von schwefelfreiem Kraftstoff
	Verbesserte Kooperation und Verknüpfung der Verkehrsträger
	Verkehrsmittelunabhängige Entfernungspauschale
	Anti-Stau-Programm
	Förderung des Fahrradverkehrs gemäß Nationalem Radverkehrsplan

Tabelle 4 Maßnahmen und Entwicklungen bei mobilen Quellen

Für die Modellierung dieser Maßnahmen wurden Annahmen zu Kosten von Energietechnologien und über die Veränderungen der sektoralen Energieeffizienzen getroffen sowie einige Restriktionen festgelegt. Die wichtigsten davon sind:

- Der technologische Fortschritt für rationelle Energienutzung und den Einsatz regenerativer Energieträger ist kontinuierlich und ohne Sprünge.
- Grundsätzlich verbessert sich die Energieeffizienz in nahezu allen Sektoren. Beispielsweise wird sich der spezifische Endenergieverbrauch bis 2020 in der Industrie durchschnittlich um 1,6 % und im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen ähnlich stark mit 1,7 % pro Jahr vermindern.
- Bei den Heizungssystemen der privaten Haushalte wird unterstellt, dass pro Jahr aus dem Altbestand maximal 2,5 % der Anlagen durch eine Anlage mit einem anderen Energieträger substituiert werden können. Die Effizienz von Haushaltsgeräten wird dem historischen Trend folgend fortgeschrieben.
- Der spezifische Flottenverbrauch der Pkw geht im Untersuchungszeitraum von 2005 bis 2020 um durchschnittlich 2,1 % pro Jahr zurück. Die Flottenverbrauchswerte der Lkw verbessern sich im Zeitablauf um durchschnittlich 0,7 % pro Jahr.
- Von den heimischen Stein- und Braunkohlen sollen im Jahr 2010 mindestens noch 750 PJ bzw. 1.400 PJ und im Jahr 2020 rund 500 PJ bzw. 1.400 PJ eingesetzt werden.
- Für die erneuerbaren Energiequellen werden für die Jahre bis 2020 steigende Anteile am Nettostromverbrauch und Mindestanteile am Primärenergieverbrauch vorgegeben.

- Die Kernenergienutzung läuft gemäß der Vereinbarung zwischen Bundesregierung und Kernkraftwerksbetreibern sowie der entsprechenden Novelle des Atomgesetzes aus.
- Neue Gebäude entsprechen ab 2002 den Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV). Darüber hinaus wird angenommen, dass die Anforderungen in einer Fortschreibung der Energieeinsparverordnung weiter verschärft werden. Auch für Sanierungsmaßnahmen im Altbaubereich gelten diese Vorgaben.

Tabelle 5 quantifiziert die wichtigsten Maßnahmen.

	2010	2020
Reduktion der CO₂-Emissionen Mindestveränderung gegenüber 1990	-14 %	-15 %
Erneuerbare Energiequellen		
Mindestanteil am Nettostromverbrauch	> 8 %	>10 %
Mindestanteil am Primärenergieverbrauch	>3,5 %	>4,4 %
Anteil der KWK-Stromerzeugung	> 10 %	>15 %
Nutzung der Kernenergie	gemäß der Novelle des Atomgesetzes vom 14.12.2001	
Mindestnutzung von heimischer Steinkohle [PJ]	> 750	> 500
Mindestnutzung von Braunkohle [PJ]	> 1400	> 1400
CO ₂ -Abscheidung/Deponierung	nicht zulässig	
Effizienzmaßnahmen		
Mindestanforderungen Neubau	ab 2002 gemäß EnEV	
Mindestanforderungen Altbaurenovierung	ab 2002 gemäß EnEV	EnEV-15 %
Umsetzungsrate Altbau Wohngebäude	0,5 % pro a	

Tabelle 5 Energie- und umweltpolitische Vorgaben

5 Energieverbräuche im Energierferenzszenario

5.1 Trends und Zusammenhänge

Die folgenden Tabellen und Abbildungen zeigen den Energieverbrauch für 2000 und seine prognostizierte Entwicklung für 2010 und 2020. Dargestellt werden der Primärenergieverbrauch nach Energieträgern und die Energieverbräuche der emissionsrelevanten Sektoren. Dies sind einerseits die Sektoren der Umwandlung von Primär- zu Sekundärenergieträgern: Stromproduktion, Produktion von Fernwärme und Wärmeerzeugung im übrigen Umwandlungsbereich (Raffinerien, Kohleförderung, Kokereien etc.). Andererseits sind dies die Endenergiesektoren: Industrie (ohne Umwandlungssektor), Verkehr, Haushalte sowie Gewerbe, Handel, Dienstleistungen einschließlich des militärischen Verbrauchs.

Die in Tabelle 6 dargestellte Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Deutschland ist bei nach 2010 leicht zurückgehendem Gesamtverbrauch geprägt vom Ausstieg aus der Kernenergie. Dies hat zur Folge, dass der Einsatz von Steinkohle, der bis 2010 deutlich zurückgehen wird, danach aber wieder ansteigt. Der Einsatz von Braunkohle erfährt durchgehend bis 2020 leichte Steigerungsraten. Diese Entwicklungen sowie der starke Anstieg der Nutzung von Windenergie zeigen sich detailliert im Energieeinsatz zur Stromproduktion in Tabelle 7.

Weiterhin verzeichnet in der Primärenergiebilanz der Verbrauch an Naturgasen, vor allem Erdgas, eine hohe Steigerung und der Verbrauch an Mineralölen einen deutlichen Rückgang. Beides ist durch die Entwicklungen in den Endenergiesektoren Industrie, Verkehr, Haushalte sowie Gewerbe, Handel, Dienstleistungen bedingt und findet sich in Tabelle 10 bis Tabelle 14 wieder.

Der Energieverbrauch in den Endenergiesektoren (Tabelle 10 und Abbildung 4) wird bis 2010 noch leicht ansteigen, danach aber sinken. Eine Detailbetrachtung zeigt steigende Anteile von Erdgas, Strom, Fern-/ Nahwärme und Bioenergien, sowie unterschiedliche Entwicklungen bei den Mineralölprodukten. Während Heizöle leicht und Benzin stark abnimmt, steigt der Verbrauch an Diesel und Kerosin drastisch an. Wasserstoff wird bis 2020 keine signifikante Rolle spielen.

In Tabellen 9 bis 12 werden die Entwicklungen der Energieverbräuche für die einzelnen Endenergiesektoren Industrie (Tabelle 11), Verkehr (Tabelle 12), Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (Tabelle 13) und Haushalte (Tabelle 14) differenziert dargestellt. Schließlich zeigt Tabelle 15 die Summe aller emissionsrelevanten Energieverbräuche.

Die in Tabelle 15 dargestellte Summe des emissionsrelevanten Energieverbrauchs ist nicht identisch mit dem oft als Kenngröße einer Volkswirtschaft genutzten Primärenergieverbrauch. Einerseits werden einige emissionsrelevante Endenergieträger

wie z.B. Steinkohlekoks, Benzin und Diesel erst im Umwandlungssektor aus Primärenergieträgern, insbesondere Steinkohle und Rohöl, hergestellt und tauchen daher nicht direkt in der Bilanz der Primärenergieträger auf. Andererseits liefert die Nutzung von Energieträgern wie z.B. Kernenergie, Wasserkraft, Windenergie und Solarenergie keinen Beitrag zu den hier betrachteten Emissionen, ihre Bilanzierung bei den emissionsrelevanten Energieverbräuchen ist daher nicht erforderlich.

Zu erwähnen ist ferner, dass die Energieträgerbilanz für das *Modifizierte Referenzszenario der Enquete-Kommission Nachhaltige Energieversorgung gemäß Politikszenerarien III* einige Umwandlungsbereiche nicht ausweist. Die in Tabelle 8 und Tabelle 9 dargestellten Energieverbräuche für die Bereiche (Wärmeerzeugung in Heizkraft- und Fernheizwerken sowie im übrigen Umwandlungsbereich, insbesondere in Raffinerien, Kokereien, Brikettfabriken) wurden der Vorläuferstudie *Prognos99* entnommen.

5.2 Energieverbräuche: Tabellen und Abbildungen

	2000	2010	2020
	PJ		
Steinkohle	2.021	1.739	1.979
Braunkohle	1.550	1.558	1.597
Kernenergie	1.851	1.613	693
Mineralöle	5.500	5.208	4.961
Naturgase	2.995	3.276	3.454
Importsaldo Strom	11	0	8
Wasserkraft ¹	73	84	93
Windenergie ¹	35	137	220
Biomasse, Müll	280	533	541
Solar, Umgebung	67	36	65
Summe	14.384	14.184	13.611
¹ Berechnungen auf der Basis des Wirkungsgradansatzes			

Tabelle 6 Primärenergieverbrauch im Energierferenzszenario

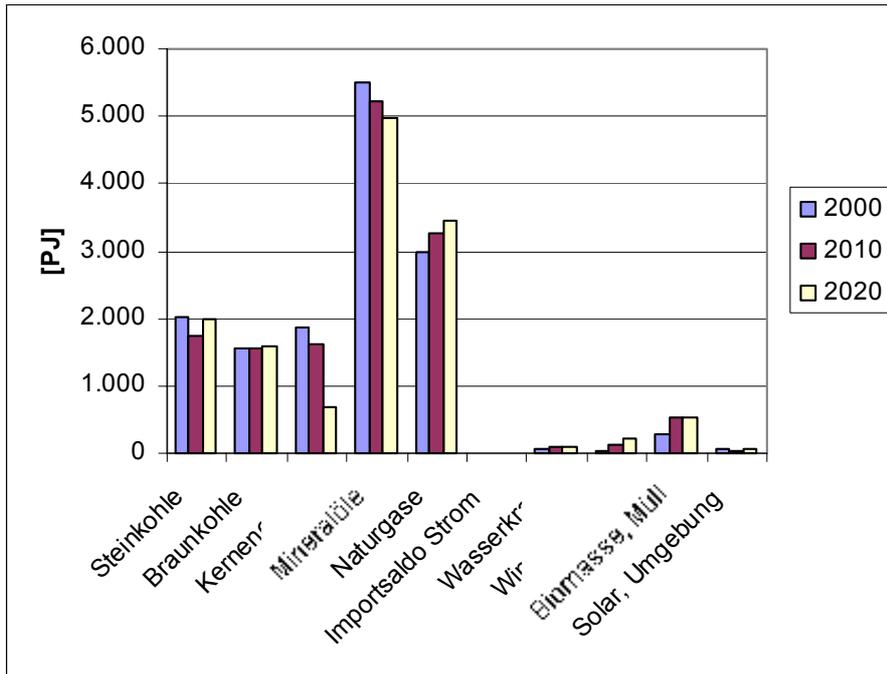


Abbildung 2 Primärenergieverbrauch im Energierferenzszenario

	2000	2010	2020
	PJ		
Steinkohle	1.268	1.186	1.542
Braunkohle	1.420	1.404	1.500
Heizöl	46	42	12
Erdgas	391	447	444
Kernenergie	1.851	1.613	693
Wasserkraft ¹	73	84	93
Windenergie ¹	35	137	220
Photovoltaik	0	3	11
Andere Brennstoffe	158	210	179
Summe	5.240	5.125	4.692
¹ Berechnungen auf der Basis des Wirkungsgradansatzes			

Tabelle 7 Energieverbrauch der Stromerzeugung

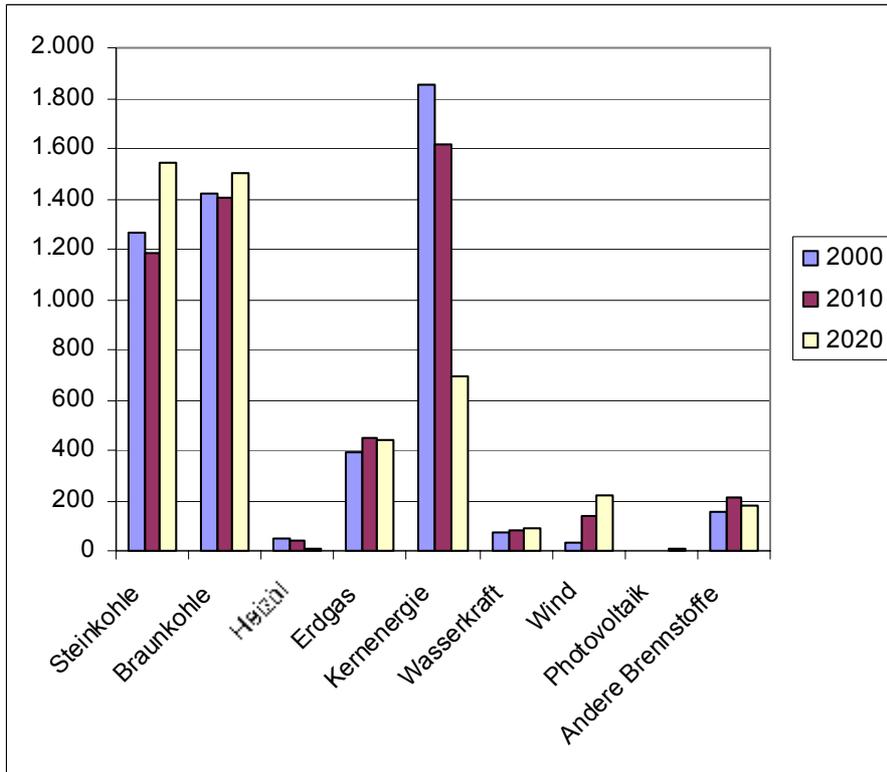


Abbildung 3 Energieverbrauch zur Stromerzeugung

	2000	2010	2020
	PJ		
Steinkohle	96	79	60
Braunkohle	32	38	30
Mineralölprodukte	13	19	10
Erdgas	174	175	187
andere Gase	4	3	2
Müll, sonstige Biomasse, sonstige	35	31	38
Summe	353	344	328
Datenherkunft für die Prognose: Prognos99			

Tabelle 8 Energieverbrauch zur Wärmeproduktion in Heizkraftwerken und Fernheizwerken

	2000	2010	2020
	PJ		
Steinkohle	1	0	0
Braunkohle	25	8	6
schweres Heizöl	61	61	61
Heizöl EL, Benzin, Diesel	3	7	6
Raffineriegas, Flüssiggas	153	157	152
Petrolkoks, andere Mineralölprodukte	29	34	33
Erdgas	46	48	38
andere Gase	36	16	10
Müll, sonstige Biomasse	11	12	11
Strom	195	180	156
Fernwärme	8	7	5
Summe	566	529	475
Datenherkunft für die Prognose: Prognos99			

Tabelle 9 Energieverbrauch im übrigen Umwandlungsbereich

	2000	2010	2020
	PJ		
Steinkohlen inkl. Koks	428	357	333
Braunkohlen	87	55	51
Mineralölprodukte	3.826	3.625	3.359
Gase	2.416	2.673	2.738
Strom	1.776	1.827	1.872
Fernwärme	265	343	350
Bioenergien	222	272	267
Solar / Umgebung	9	29	39
Methanol	0	0	0
Wasserstoff	0	0	0
Summe	9.027	9.181	9.009

Tabelle 10 Energieverbrauch aller Endenergiesektoren

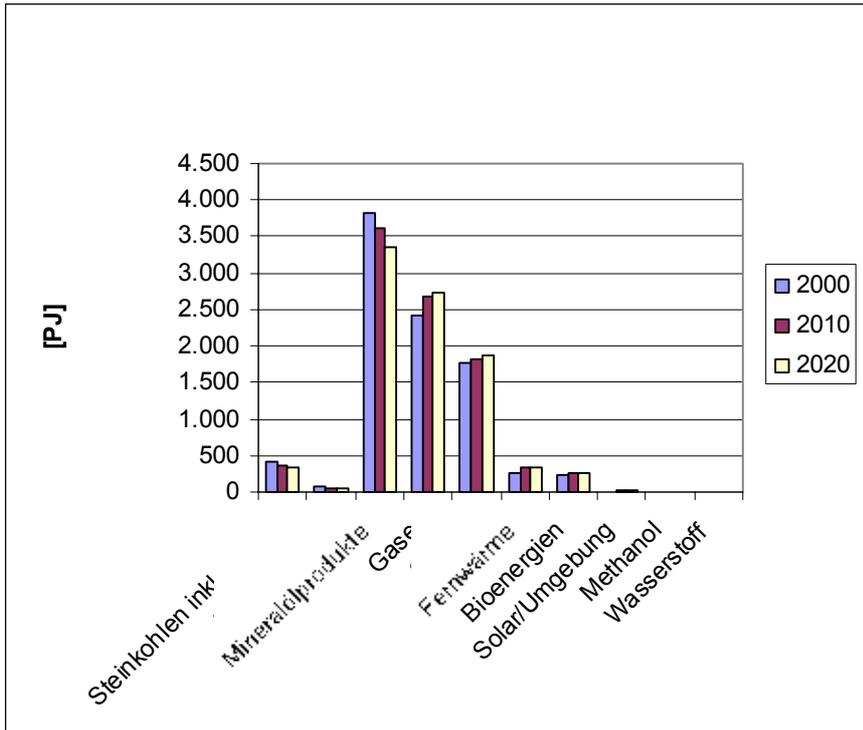


Abbildung 4 Verbrauch der Endenergiesektoren

	2000	2010	2020
	PJ		
Steinkohle	148	179	176
Braunkohle	55	51	50
Koks	243	170	155
Mineralöle	198	207	184
Erdgas	813	820	852
Sonstige Gase	165	120	84
Strom	749	792	839
Fern-/Nahwärme	43	79	87
Biomasse	14	53	45
Solar, Umgebung	0	0	0
Wasserstoff	0	0	0
Summe	2.427	2.471	2.471

Tabelle 11 Energieverbrauch der Industrie

	2000	2010	2020
	PJ		
Benzin	1.238	811	569
Diesel	1.145	1.337	1.420
Kerosin	59	76	94
Gas	0	16	36
Strom	57	52	53
Biokraftstoff	12	59	63
Methanol	0	0	0
Wasserstoff	0	0	0
Kohlen	0	0	0
Summe	2.511	2.351	2.235

Tabelle 12 Energieverbrauch im Verkehr

	2000	2010	2020
	PJ		
Steinkohle	13	4	1
Braunkohle	7	0	0
Heizöl	285	252	236
Übrige Mineralöle	122	119	109
Erdgas	445	491	476
Sonstige Gase	9	14	16
Strom	505	494	525
Fern-/Nahwärme	91	123	119
Biomasse	31 ¹	3	2
Solar, Umgebung	3	2	9
Summe	1.510	1.502	1.493
¹ Eingeschlossen sind ca. 30 PJ Brennholz und Restholz, die nicht in der Energiebilanz enthalten sind und vom UBA wegen ihrer Emissionsrelevanz zusätzlich bilanziert werden.			

Tabelle 13 Energieverbrauch in Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

	2000	2010	2020
	PJ		
Kohlen	48	8	2
Heizöl	777	821	745
Übrige Mineralöle	2	2	2
Erdgas	948	1.198	1.263
Sonstige Gase	37	14	11
Strom	464	489	455
Fern-/Nahwärme	131	141	144
Biomasse	165	157	157
Solar, Umgebung	6	27	30
Wasserstoff	0	0	0
Summe	2.578	2.858	2.809

Tabelle 14 Energieverbrauch der Haushalte

	2000	2010	2020
	PJ		
Steinkohlen inkl. Koks	1.792	1.622	1.936
Braunkohlen	1.562	1.504	1.587
Heizöl (stationäre Feuerungen)	1.383	1.409	1.253
Benzin, Diesel, Kerosin (Verkehr)	2.804	2.345	2.194
Erdgas	2.816	3.195	3.295
sonstige Brennstoffe	858	882	802
Summe	11.215	10.958	11.067

Tabelle 15 Summe der emissionsrelevanten Energieverbräuche

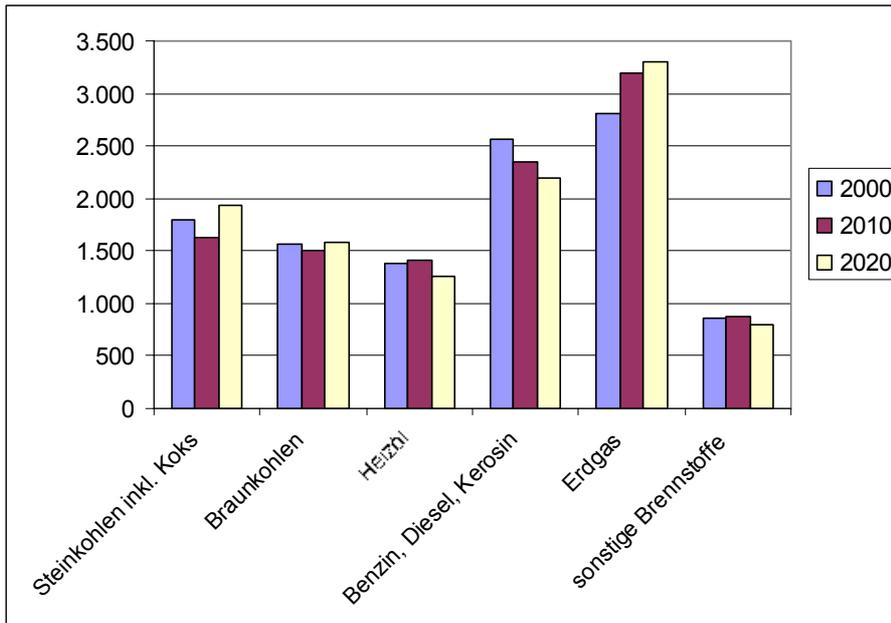


Abbildung 5 Summe der emissionsrelevanten Energieverbräuche

Literatur

- Atomgesetz:** Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz), In der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985, BGBl I S. 1565, zuletzt geändert durch Artikel 70 des Gesetzes vom 21. August 2002 BGBl. I 3322
- EEG:** Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien, 29. März 2000, BGBl I 2000, S. 305, Zuletzt geändert durch G v. 21.7.2004 BGBl. I 1918
- EnEV:** Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (EnEV) vom 16.11.2001 BGBl I 2001, S. 3085, Geändert durch Art. 296 V v. 25.11.2003 I 2304
- Enquete-Kommission:** Deutscher Bundestag, 14. Wahlperiode Drucksache 14/9400; Endbericht der Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“ 07. 07. 2002
- KWK-Gesetz 2002:** Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (KWModG, KWK-G) vom 25. Januar 2002, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2002 Teil I Nr. 19, S. 1092
- Nationales Programm:** Luftreinhaltung 2010 - Nationales Programm zur Einhaltung von Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe nach der Richtlinie 2001/81/EG (NEC-RL), UBA-Texte 37/02, Berlin, 2002.
<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/emissionshoechstmengen.htm>
- Politiksznarien III:** Jochen Diekmann, Rainer Hopf, Hans-Joachim Ziesing (DIW Berlin); Manfred Kleemann, Volker Krey, Peter Markewitz, Dag Martinsen, Stefan Vögele (FZJ-STE); Wolfgang Eichhammer, Eberhard Jochem, Wilhelm Mannsbart, Barbara Schломann, Michael Schön, Martin Wietschel, unter Mitarbeit von Anselm Brakhage (Fh-ISI); Felix Chr. Matthes, Martin Cames, Ralph Harthan (Öko-Institut): Endbericht zum Forschungsvorhaben „Politiksznarien für den Klimaschutz – Langfristsznarien und Handlungsempfehlungen ab 2012 (Politiksznarien III)“, Berlin, Jülich, Karlsruhe, im Juli 2004; Umweltforschungsplan 2001 - Forschungskennzahl 201 41 142
- Prognos 99:** Michael Schlesinger, Konrad Eckerle, Konrad Haker, Jens Hobohm, Peter Hofer, Janina D. Scheelhaase (Prognos AG); Martin Kreuzberg, Alexander Nolten, Thomas Schuppe, Walter Schulz, Frank Starrmann (EWI): „Energierreport III - Die längerfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt“, Schäffer Poeschel Verlag Stuttgart, 1999; PROGROS AG, Basel und Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln (EWI)
- Sznarienstudie:** M. Schlesinger, U. Fahl, M. Fishedick, D. Assmann, M. Blesl, T. Hanke, S. Lechtenböhmer, U. Remme (PROGNOS AG (Basel) (federführend), Wuppertal-Institut für Umwelt, Klima, Energie (WI) und Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart): "Sznarienerstellung für die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ des Deutschen Bundestages"; Juni 2002;
http://www.bundestag.de/parlament/kommissionen/archiv/ener/ener_studien_sznarien1.pdf bis .../ener_studien_sznarien5.pdf

TREMOD: Wolfram Knörr et al. (IFEU): Aktualisierung des „Daten- und Rechenmodells“: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1980-2020“; Endbericht, im Auftrag des Umweltbundesamtes; UFOPLAN Nr. 201 45 112; Heidelberg, 2002

VDEW: Verband der Deutschen Elektrizitätswirtschaft: Regenerative Stromerzeugung in Deutschland; zitiert nach <http://www.volker-quaschnig.de/datserv/ren-Strom-D/index.html> besucht am 1.März 2005