

WIFO

A-1103 WIEN, POSTFACH 91
TEL. 798 26 01 • FAX 798 93 86

 **ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR
WIRTSCHAFTSFORSCHUNG**

ENERGIESZENARIEN BIS 2020

KURT KRATENA, STEFAN SCHLEICHER

November 2001

ENERGIESZENARIOEN BIS 2020

KURT KRATENA, STEFAN SCHLEICHER

Studie des Österreichischen Instituts für Wirtschaftsforschung im Auftrag der Bundesministerien für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sowie für Wirtschaft und Arbeit

Begutachtung: Michael Wüger

Wissenschaftliche Assistenz: Alexandra Wegscheider

November 2001

Inhaltsverzeichnis	Seiten
1. Executive Summary	1
2. Einleitung	21
3. Methodik: Das Energiemodell DAEDALUS III	23
3.1 <i>Energiepreise und exogener Energieeinsatz in DAEDALUS III</i>	25
3.2 <i>Energetischer Endverbrauch in DAEDALUS III</i>	29
3.2.1 <i>Energienachfrage und elektrische Energie</i>	29
3.2.2 <i>Substitution zwischen fossilen Energieträgern</i>	31
3.3 <i>Energetischer Gesamtverbrauch und CO₂-Emissionen</i>	32
3.4 <i>Datengrundlagen für DAEDALUS III</i>	34
4. Annahmen für das "Baseline"-Szenario	37
4.1 <i>Energiepreise und nicht fossile Energie im Endverbrauch</i>	37
4.2 <i>Ökonomische Rahmenbedingungen</i>	45
4.3 <i>Wärme- und Stromerzeugung</i>	49
4.3.1 <i>Liberalisierung der Energiemärkte</i>	49
4.3.2 <i>Potentiale für erneuerbare Energie</i>	52
5. Ergebnisse des "Baseline"-Szenarios	55
5.1 <i>Energiepreise und Kapitalstock</i>	55
5.2 <i>Energetischer Endverbrauch</i>	60
5.3 <i>Umwandlungseinsatz und energetischer Gesamtverbrauch</i>	65
5.4 <i>Sensitivitätsanalysen zur Bedeutung der erneuerbaren Energie und der Stromimporte im "Baseline"-Szenario</i>	74
6. Das "Kyoto"-Szenario auf Basis der vorliegenden Klimastrategie	79
6.1 <i>Annahmen der Klimastrategie</i>	79
6.2 <i>Ergebnisse des "Kyoto-Szenarios"</i>	89
6.2.1 <i>Einzelergebnisse des "Kyoto"-Szenarios nach Maßnahmen</i>	89
6.2.3 <i>Gesamtergebnisse des "Kyoto"-Szenarios</i>	93

7. Ein "Nachhaltigkeitsszenario"	102
7.1 <i>Nachhaltige Entwicklung als innovative Wirtschaftsstrategie: der internationale Rahmen</i>	102
7.2 <i>Energiedienstleistungen im "Nachhaltigkeitsszenario"</i>	108
7.3 <i>Technologiediffusion und erneuerbare Energien im "Nachhaltigkeitsszenario"</i>	110
7.4 <i>Ergebnisse des "Nachhaltigkeitsszenarios"</i>	113
8. Ökonomische Evaluierung	123
8.1 <i>Gesamtwirtschaftliche Effekte des "Kyoto"-Szenarios</i>	127
8.2 <i>Gesamtwirtschaftliche Effekte des "Nachhaltigkeitsszenarios"</i>	134
9. ANHANG: Tabellen zu den Einzelergebnissen des "Kyoto"-Szenarios nach Maßnahmen	141
Literaturhinweise	150

ENERGIESZENARIOEN BIS 2020

1. Executive Summary

In dieser Studie werden mit dem Energiemodell DAEDALUS III drei verschiedene Szenarien für die österreichische Energiewirtschaft bis zum Jahr 2020 berechnet und dargestellt, nämlich ein "Baseline"-Szenario, ein "Kyoto"-Szenario und ein "Nachhaltigkeitsszenario".

Für das "**Baseline-Szenario**" spielen die Entwicklung des Rohölpreises, die allgemeine wirtschaftliche Entwicklung und die Sonderfaktoren der Energiemarktliberalisierung in Österreich die bedeutendste Rolle. Von letzterem sind einerseits die Endverbraucherpreise für Gas und elektrische Energie betroffen, aber auch die Aufbringung des österreichischen Verbrauches an elektrischer Energie. Aufgrund der Zielsetzungen des EIWOG für Ökostrom mit der Liberalisierung in Verbindung steht die Entwicklung der erneuerbaren Energieträger. Außerhalb des Bereiches der Stromerzeugung sind jedoch auch andere Anwendungsformen von erneuerbarer Energie betroffen, die bis 2020 einschneidende Veränderungen erfahren werden. Diese Entwicklungen wurden für das "Baseline"-Szenario aus einer neuen einschlägigen Analyse für Österreich (*Haas et al., 2001*) entnommen.

Für den Rohölpreis wurde die Preisentwicklung im neuesten "World Energy Outlook" der IEA übernommen. Das ergibt zunächst ein Absinken des Ölpreises auf 16,5 € real (Basis 1990; entspricht einem nominellen Preisniveau von 21,2 \$) und nach 2010 einen kontinuierlichen Anstieg bis 2020 auf ein Niveau von 22,5 € real (Basis 1990; entspricht einem nominellen Preisniveau von 36 \$).

Die wesentlichen ökonomischen Rahmenbedingungen stammen aus einer mittelfristigen Prognose mit dem Modell MULTIMAC III des WIFO (*Biffi – Kratena, 2000*), die 32 Wirtschaftszweige umfasst. Diese Prognose ergibt eine mittelfristige BIP-Wachstumsrate von ca. 2% p. a. bei gleichzeitig weiterhin massiven Strukturveränderungen in der österreichischen Wirtschaft.

Die Preiseffekte der Energiemarktliberalisierung wurden für den Haushaltsstrompreis mit -9,0% (2001), für den Haushaltsgaspreis mit -2,5% (2002) und den Industriegaspreis mit -5,0% (2002) angenommen. Aus verschiedenen Studien wurde für die mittelfristige Preisentwicklung bei elektrischer Energie der Schluss gezogen, dass nach den erfolgten kurzfristigen Liberalisierungseffekten ein Prozess der steigenden Marktmacht mit einem entsprechenden Gegeneffekt auf die Preise wirksam wird, wobei ca. die Hälfte des Preiseffektes der Liberalisierung bei den Haushalten wieder wettgemacht wird.

Auf der Aufbringungsseite für elektrische Energie bewirkt die Liberalisierung einerseits einen Anstieg der Nettoimportquote (von derzeit –2,6% des inländischen Gesamtverbrauches (Exportüberschuss) auf bis zu 3%) und andererseits kurzfristig eine Stilllegung von kalorischen Kapazitäten in geringfügigem Ausmaß. Im gesamten Zeitraum des "Baseline"-Szenarios bleibt Österreich damit ein Nettoimporteur von elektrischer Energie, was einen wesentlichen Strukturbruch mit der historischen Entwicklung bedeutet. Die Höhe des Importüberschusses von 2% bis 3% determiniert zusammen mit der leicht steigenden Entwicklung der Erzeugung aus Wasserkraft und Wind, dass bei gegebenem Verbrauch ein immer größerer Teil aus kalorischer Erzeugung aufgebracht werden muss.

Im "Baseline"-Szenario steigt der energetische Endverbrauch, besonders bei Treibstoffen, Gas und elektrischer Energie. Daraus resultiert ein Anstieg der durch den Endverbrauch verursachten CO₂-Emissionen bis 2010 um ca. 2,7 Mio. t. Dabei bleiben die Emissionen der Industrie insgesamt konstant, die Emissionen der Haushalte nehmen ab und die Emissionen von Dienstleistungen und Verkehr steigen an.

Übersicht E1: Energetischer Endverbrauch: INSGESAMT, in TJ

	2000	2005	2010	2015	2020
Kohle	64.787	54.762	47.207	39.667	32.389
Öl, Brennstoffe	113.888	118.836	113.290	107.652	100.982
Öl, Treibstoffe	256.654	272.430	290.574	305.689	320.205
Gas	174.148	196.504	208.636	216.773	220.724
Elektrischer Strom	181.875	201.175	213.531	227.016	242.867
Fossile Energie	608.621	641.677	658.852	668.926	673.444
Biomasse	105.015	108.473	111.561	115.254	118.501
Fernwärme	42.075	49.020	52.801	57.606	66.171
Umgebungswärme	6.773	8.832	11.515	15.009	19.567
Wasserkraft	46	46	46	46	46
INSGESAMT	945.260	1.010.077	1.049.161	1.084.712	1.121.451

Übersicht E2: CO₂-Emissionen im energetischen Endverbrauch, in 1.000 t

	2000	2005	2010	2015	2020
1 Eisen- und Nicht-Eisen-Metalle	7.356	7.239	7.194	7.114	7.030
2 Chemie	803	909	967	781	667
3 Stein- und Glaswaren	1.776	1.747	1.711	1.608	1.450
4 Nahrungs- und Genussmittel	734	746	746	717	663
5 Textilien, Bekleidung, Schuhe	283	206	165	125	86
6 Papier und Pappe, Druckerei	1.301	1.627	1.664	1.539	1.283
7 Maschinen, Elektro, Fahrzeuge	810	853	931	958	933
8 Sonstige Sachgüterproduktion	498	428	327	221	135
Industrie, insgesamt	13.561	13.757	13.704	13.063	12.248
12 sonstige Dienstleistungen	5.635	6.264	6.821	7.500	7.859
Privater Verkehr	10.166	10.418	10.708	10.612	10.247
Gewerblicher Verkehr	2.352	2.977	3.727	4.625	5.743
Verkehr der Wirtschaftszweige	6.123	6.477	6.853	7.229	7.609
Verkehr, insgesamt	18.641	19.872	21.287	22.466	23.598
Haushalte	7.886	7.663	6.612	5.803	5.222
CO ₂ , ENDVERBRAUCH, insgesamt	45.724	47.555	48.424	48.832	48.926

Entscheidende Bedeutung kommt der Aufbringung von elektrischer Energie zu. Der Pfad der nicht-kalorischen Erzeugung wird vor allem durch die Revitalisierung von Kleinwasserkraft und die Entwicklung von Windkraft und Photovoltaik bestimmt. Annahmegemäß werden im "Baseline"-Szenario die EIWOG-Ziele bezüglich Ökostrom erreicht. Dennoch steigt die kalorische Erzeugung bis 2020 auf über 70.000 TJ an, was auch einen leichten Zuwachs an Kapazitäten bei "independent power producers" impliziert.

Übersicht E3: Erzeugung von elektrischer Energie aus erneuerbaren Energieträgern, in GWh

	1999	2010
Photovoltaik	3	7
Wind	70	1.670
Kleinwasserkraft	4.150	5.370
Feste Biomasse	100	760
Biogas	21	106
Deponiegas/Klärgas	138	228
Erzeugung, insgesamt	60.353	66.057
Anteile in %		
Kleinwasserkraft	6,9	8,1
Erneuerbare Energie	0,5	4,2

Die CO₂-Emissionen der Umwandlungsprozesse nehmen entsprechend zu, bis 2010 um ca. 3,2 Mio. t, wovon alles auf zusätzliche Emissionen der EVU (+1,5 Mio. t) und der industriellen Strom- und Wärmeerzeugung (+1,7 Mio. t) entfällt. Das bewirkt auch eine Steigerung des energetischen Gesamtverbrauchs und der CO₂-Emissionen insgesamt.

Übersicht E4: Gesamtverbrauch in TJ und CO₂-Emissionen in 1.000 t

	Gesamtverbrauch	CO ₂ -Emissionen
2000	1.165.401	60.292
2001	1.190.485	61.898
2002	1.210.347	62.627
2003	1.228.352	63.269
2004	1.246.754	63.928
2005	1.264.924	64.634
2006	1.279.604	65.111
2007	1.292.072	65.440
2008	1.302.705	65.599
2009	1.315.722	66.055
2010	1.327.352	66.215
2011	1.339.185	66.530
2012	1.351.219	66.842
2013	1.360.398	66.960
2014	1.371.398	67.172
2015	1.383.478	67.506
2016	1.394.437	67.781
2017	1.405.239	68.037
2018	1.416.932	68.341
2019	1.429.255	68.665
2020	1.443.251	69.263

Die ökonomische Entwicklung im "Baseline"-Szenario bezüglich der Entwicklung von BIP, Haushaltseinkommen und sektorialem realen Output (Bruttoproduktionswert) war der Ausgangspunkt für die Bestimmung der Energienachfrage. Weitere Schnittpunkte zwischen dem Energiesystem und dem ökonomischen System ergeben sich bei den Energiekosten und bei Output und Beschäftigung der Energieerzeuger in Österreich. Im "Baseline"-Szenario steigen die Energiekosten der österreichischen Wirtschaft bis 2020 geringfügig an; einen massiven Anstieg der Energiekosten verzeichnet der gewerbliche Verkehr.

Die heimische Produktion steigt im "Baseline"-Szenario in allen Bereichen der Energiewirtschaft außer bei Kohle an, am stärksten in der Gasversorgung. Aufgrund der schon in den historischen Daten beobachtbaren Produktivitätssteigerungen kommt es aber im "Baseline"-Szenario in allen Bereichen zu einem weiteren Abbau an Beschäftigung.

Übersicht E5: Bruttoproduktionswerte (real, Preise 1983) und Beschäftigung in der Energiewirtschaft im "Baseline"-Szenario (Veränderungsrate in %)

	Output			
	2000/2005	2005/2010	2010/2015	2015/2020
Kohle, Koks	-1,0	0,6	-0,3	0,0
Erdöl- und Erdgasgewinnung	0,4	1,4	2,3	1,0
Gasversorgung	3,6	1,8	2,9	1,7
Erdölverarbeitung	0,4	1,4	2,3	1,0
Elektrizitäts- und Wärmeversorgung	1,0	1,3	2,1	1,4

	Beschäftigung			
	2000/2005	2005/2010	2010/2015	2015/2020
Kohle, Koks	- 7,0	- 5,5	-10,3	- 6,0
Erdöl- und Erdgasgewinnung	- 0,1	0,9	1,4	0,5
Gasversorgung	0,5	- 1,3	- 2,2	- 1,4
Erdölverarbeitung	- 4,6	- 3,7	- 6,2	- 4,0
Elektrizitäts- und Wärmeversorgung	- 3,0	- 2,7	- 4,7	- 2,7

Für die Erstellung des "**Kyoto-Szenarios**" wurde von der vorliegenden Klimastrategie in der Fassung vom 13. März 2001 ausgegangen. Die Klimastrategie enthält als Ausgangspunkt ebenfalls ein Trendszenario und die Formulierung des Reduktionszieles für alle Treibhausgase um 13% gegenüber dem Niveau von 1990 bis zum Kyoto-Verpflichtungszeitraum 2008 bis 2012.

Das soll durch zahlreiche Einzelmaßnahmen in den Bereichen Gebäude, Elektrizität im Kleinverbrauch, Verkehr, Elektrizität und Wärme, Industrie, Landwirtschaft, Abfallwirtschaft und sonstige Gase erreicht werden. Die Maßnahmen sind auf den Kyoto-Verpflichtungszeitraum hin orientiert und laufen dann aus; permanente Effekte bleiben damit danach konstant. Diese Maßnahmen können nach der Stufe ihrer Wirkungsweise im Energiesystem klassifiziert werden in:

1. Reduktion von (redundanten) Energiedienstleistungen (z. B. Fahrleistungen im Verkehr, bessere Regelung der Raumtemperatur)
2. Effizientere Technologien im Endverbrauch (z. B. bei den Motoren der Fahrzeuge, bei der thermischen Gebäudequalität)
3. Effizientere Technologien bei der Energie-Transformation (z. B. durch Co-Generation, Wirkungsgradverbesserungen der Anlagen)
4. Verschiebung des Energie-Trägermixes (z. B. kohlenstoffärmerer und kohlenstofffreier Energie)

Die Maßnahmen wurden in DAEDALUS III implementiert und das Modell dann bis 2020 wie für das "Baseline"-Szenario gelöst. Da zu vermuten war, dass die Summe der einzeln quantifizierten Maßnahmen größere Wirkungen hat als die simultane Quantifizierung ("Kompensationseffekte"), wurden die Maßnahmenpakete einzeln und das gesamte "Kyoto"-Szenario isoliert mit DAEDALUS III berechnet.

Die Simulationen ergeben einen derartigen "Kompensationseffekt" im Ausmaß von 4,2 Mio. t, d. s. bezogen auf den Bruttoreduktionseffekt 25%. Die CO₂-Emissionen liegen im Jahr 2010 im "Kyoto"-Szenario bei ca. 53,5 Mio. t und somit um ca. 5,2 Mio. t über dem Zielwert von 48,3 Mio. t, der sich aufgrund einer Reduktion von 13% gegenüber dem Niveau von 1990 ergäbe. Der CO₂-Reduktionseffekt von 12,75 Mio. t setzt sich aus ca. 9,55 Mio. t im Endverbrauch und ca. 3,2 Mio. t im Umwandlungsbereich zusammen.

CO₂-Reduktion, in Mio. t

	DAEDALUS III	Klimastrategie
KYOTO-STRATEGIE, Einzelmaßnahmen	16,94	17,88
KYOTO-STRATEGIE, Gesamt	12,75	14,74
"Überschneidungen"	4,19	2,84

Übersicht E6: Energetischer Endverbrauch: INSGESAMT, in TJ: "Kyoto"-Szenario

	2000	2005	2010	2015	2020
Kohle	64.787	52.621	43.414	36.251	30.047
Öl, Brennstoffe	113.888	103.087	79.720	71.034	61.240
Öl, Treibstoffe	256.654	252.933	234.839	226.256	211.214
Gas	174.148	180.113	167.458	166.796	161.688
Elektrischer Strom	181.875	196.514	203.736	220.006	236.647
Fossile Energie	609.476	588.753	525.430	500.336	464.189
Biomasse	105.015	107.298	113.859	118.297	122.342
Fernwärme	42.075	51.696	62.578	66.367	74.298
Umgebungswärme	6.773	11.081	19.855	26.012	34.086
Wasserkraft	46	46	46	46	46
INSGESAMT	945.260	955.388	925.504	931.064	931.608
INSGESAMT, BASE	945.260	1.010.077	1.049.161	1.084.712	1.121.451

Übersicht E7: CO₂-Emissionen im energetischen Endverbrauch, in 1.000 t: "Kyoto"-Szenario

	2000	2005	2010	2015	2020
1 Eisen- und Nicht-Eisen-Metalle	7.356	7.239	7.194	7.114	7.030
2 Chemie	803	843	757	508	377
3 Stein- und Glaswaren	1.776	1.747	1.711	1.608	1.450
4 Nahrungs- und Genussmittel	734	746	746	717	663
5 Textilien, Bekleidung, Schuhe	283	206	165	125	86
6 Papier und Pappe, Druckerei	1.301	1.379	976	755	418
7 Maschinen, Elektro, Fahrzeuge	810	854	932	958	934
8 Sonstige Sachgüterproduktion	498	411	275	167	78
Industrie, insgesamt	13.561	13.425	12.755	11.952	11.035
Sonstige (DL + Haushalte)	13.522	11.936	9.179	8.554	7.821
Privater Verkehr	10.166	9.559	8.217	7.784	7.017
Gewerblicher Verkehr	2.352	2.550	2.496	2.344	2.101
Verkehr der Wirtschaftszweige	6.123	6.242	6.227	6.143	5.978
Verkehr, insgesamt	18.641	18.351	16.940	16.270	15.097
CO ₂ , ENDVERBRAUCH, insgesamt	45.724	43.712	38.873	36.776	33.953
CO ₂ , BASE	45.724	47.555	48.424	48.832	48.926

Übersicht E8: Erzeugung von elektrischer Energie aus erneuerbaren Energieträgern, in GWh: "Kyoto"-Szenario

	1999	2010
PV	3	7
Wind	70	1.670
Kleinwasserkraft	4.150	5.370
Feste Biomasse	100	1.700
Biogas	21	621
Deponiegas/Klärgas	138	318
Erzeugung, insgesamt	60.353	62.754
Anteile in %		
Kleinwasserkraft	6,9	8,6
Erneuerbare Energie	0,5	6,9

Übersicht E9: CO₂-Emissionen (Umwandlung und insgesamt), in 1.000 t: "Kyoto"-Szenario

	2000	2005	2010	2015	2020
Kokerei	365	349	347	340	335
Hochofen	78	88	98	102	106
Raffinerie	658	619	585	592	580
Fernwärme	1.548	1.375	1.003	1.039	1.133
Wärme Kraft, EVU	7.243	7.810	6.577	7.400	9.045
Wärme Kraft, Industrie	4.676	5.271	5.985	6.332	6.742
Umwandlungsprozesse	14.568	15.512	14.594	15.805	17.942
CO ₂ , Insgesamt	60.292	59.224	53.467	52.582	51.895
CO ₂ , BASE	60.292	64.634	66.215	67.506	69.263

Die ökonomische Entwicklung im "Kyoto"-Szenario ist aufgrund der Maßnahmen und ihrer Rückwirkungen nicht mehr die gleiche wie im "Baseline"-Szenario. Derartige Rückwirkungen von Ergebnissen aus dem Energiesystem in das ökonomische System sind mit den Energiekosten der Sektoren und der Haushalte, mit dem Output der entsprechenden Energiesektoren und mit den Veränderungen im energierelevanten Kapitalstock (Investitionen) verbunden. Durch die erfolgreiche Implementierung der Maßnahmen sinken die Energiekosten, dafür muss es aber zu Änderungen im Verhalten und/oder Änderungen im Einsatz der Technologien mit entsprechenden Investitionen (Substitution von Energiemengen ("energy flows") durch Kapital) kommen. Das wird eben durch die Implementierung der Maßnahmen erreicht, sodass von induziertem, energiesparendem technischen Fortschritt gesprochen werden kann (vgl. dazu: *Newell – Jaffe – Stavins, 1999*).

Zur Quantifizierung wurden die Ergebnisse anderer Studien zu den spezifischen Investitionskosten von Technologien herangezogen. Die zusätzlichen Investitionen werden nachfragewirksam und sind *nicht* mit den gesamtwirtschaftlichen Kosten der Implementierung der Szenarien gleichzusetzen. Da diese Investitionen jedoch ohne zusätzlichen Impuls wie im "Baseline"-Szenario nicht getätigt werden, sind Ressourcen dafür einzusetzen, die an anderer Stelle abgezogen werden müssen. Diese Umlenkung von Ressourcen entspricht den eigentlichen gesamtwirtschaftlichen Kosten der Änderungen im Einsatz der Technologien. Diese Kosten bestehen aus den Komponenten: (i) Anreizfinanzierungen für Investitionen, (ii) Überwindung von Barrieren (Impulsprogramme, Informations- und Schulungsprogramme), (iii) Vergütungen von Einspeisetarifen für erneuerbare Energie in der Stromerzeugung und wirken gesamtwirtschaftlich als Verringerung des verfügbaren Einkommens.

Dahinter steht, dass es zu höheren Steuereinnahmen oder Umschichtungen bei den Ausgaben der öffentlichen Hand kommen muss, um bei gegebenem Ziel für das staatliche Defizit zusätzliche Ausgaben tätigen zu können. Die Investitions- und Ausgabeneffekte wurden zusätzlich auch noch in ein Makromodell der österreichischen Wirtschaft eingesetzt, in dem der Einkommenskreislauf und

der öffentliche Sektor abgebildet sind. Dadurch wird sichtbar, wie die Investitionen bei gegebenen Kosten, die entweder das verfügbare Einkommen reduzieren oder zusätzliche Ausgaben der öffentlichen Hand darstellen, auf die gesamtwirtschaftliche Nachfrage wirken. Über den Modellblock für den öffentlichen Sektor werden die Rückflüsse von Steuereinnahmen dargestellt.

Die Abschätzung von Investitionen und Kosten für das "Kyoto"-Szenario ergibt (zu heutigen Preisen) jährliche Kosten von 16,7 Mrd. S (kumuliert 261 Mrd. S) und jährliche Investitionen von 26 Mrd. S (kumuliert 363 Mrd. S), sodass als gesamtwirtschaftlicher Impuls die Differenz von 9,3 Mrd. S resultiert. Außerdem ergeben sich bedeutende Absenkungen der Energiekosten gegenüber dem "Baseline"-Szenario, vor allem aus den Sektoren gewerblicher Verkehr und Haushalte, die im Jahr 2020 insgesamt ca. 19 Mrd. S ausmachen.

Die höheren Investitionen im "Kyoto"-Szenario sind teilweise nur bis 2010 wirksam, während die Absenkung des Energieverbrauches und damit der Kosten aufgrund der höheren Effizienz bis 2020 kontinuierlich steigt, sodass ab 2010 zunächst ein wesentlicher Teil des gesamtwirtschaftlich positiven Impulses wegfällt. Massiv rückläufig – bis zum Jahr 2020 um bis zu 30% gegenüber dem "Baseline"-Szenario – ist die Produktion und Beschäftigung in den Sektoren der Bereitstellung fossiler Energie im "Kyoto"-Szenario. Bis 2010 sind durch die höheren Anlageinvestitionen die Sektoren Metallerzeugnisse, Büromaschinen, Elektrotechnische Einrichtungen positiv betroffen, im gesamten Zeitraum profitiert die Bauwirtschaft von den höheren thermischen Sanierungsinvestitionen.

Leicht negativ betroffen sind Sektoren mit geringer Einkommenselastizität (Textil/Bekleidung, Nahrungsmittel). Insgesamt liegt der *Bruttoproduktionswert* unter jenem des "Baseline"-Szenarios, im Jahr 2020 um 2,3%. In fast allen Sektoren außerhalb der Energiewirtschaft steigt die Beschäftigung gegenüber dem "Baseline"-Szenario an; insgesamt liegt die Beschäftigung ca. um 0,6% bzw. um 20.000 bis 25.000 Personen über der im "Baseline"-Szenario.

Das Grundmuster der Ergebnisse bei der Umlenkung von Ressourcen vom Energiebereich in den Rest der Wirtschaft (motiviert durch CO₂-Emissionsreduktion) ist ein Rückgang von vorleistungintensiver Güternachfrage für Energie (weniger "throughput") und ein Anstieg von arbeitsintensiver Güternachfrage für Kapital (neue Technologien im Energiebereich). Das BIP (der *Nettoproduktionswert* der Sektoren) liegt im "Kyoto"-Szenario bis 2010 um ca. 1% über dem Niveau des "Baseline"-Szenarios und danach um ca. 0,6%.

Ein Großteil des Nachfragerückganges bei Energie betrifft importierte Vorleistungen, die im *Bruttoproduktionswert* enthalten sind, nicht aber im BIP. Die Berechnungen mit dem Makromodell ergeben aufgrund der positiven BIP-Effekte auch entsprechend höhere Einnahmen des Staates, die den eventuellen höheren Ausgaben im "Kyoto"-Szenario gegenzurechnen wären. Aufgrund der Anforderungen des EU-Stabilitätspaktes ist davon auszugehen, dass die "Kyoto"-Maßnahmen netto nicht zu höheren Staatsausgaben führen können und die zusätzlichen Steuereinnahmen daher voll budgetwirksam werden. Insgesamt sind bis zu 19 Mrd. S Absenkung des Nettodefizits im "Kyoto"-Szenario zu erwarten.

Übersicht E10: Steuereinnahmen im "Kyoto"-Szenario: Differenz zum "Baseline"-Szenario in Mio. S

	2005	2010	2015	2020
Indirekte Steuern	5.110	6.313	4.251	5.089
Direkte Steuern	4.700	5.806	3.910	4.680
Sozialversicherungsbeiträge	5.753	7.107	4.786	5.728
Steuern insgesamt	15.563	19.226	12.947	15.497

Übersicht E11: Bruttoproduktionswerte (real, Preise 1983) im "Kyoto"-Szenario: Differenz zum "Baseline"-Szenario in %

	2005	2010	2015	2020
Land- und Forstwirtschaft	0,0	0,0	0,0	0,0
Kohlebergbau	- 1,2	- 2,2	- 1,8	- 1,7
Erdöl- und Erdgasbergbau	- 8,0	-19,3	-23,5	-28,9
Gasversorgung	- 8,3	-18,6	-19,1	-20,2
Erdölverarbeitung	- 8,2	-19,5	-23,8	-29,1
Elektrizitäts- und Wärmeversorgung	- 2,4	- 5,0	- 3,5	- 2,9
Wasserversorgung	0,0	0,0	0,0	0,0
Eisen und Nicht-Eisen-Metalle	0,2	0,2	0,1	0,1
Stein- und Glaswaren, Bergbau	0,5	0,5	0,4	0,4
Chemie	0,8	0,8	0,5	0,5
Metallerzeugnisse	5,3	4,7	0,8	0,7
Maschinenbau	0,6	0,6	0,3	0,4
Büromaschinen	40,0	27,2	3,3	2,7
Elektrotechnische Einrichtungen	2,4	2,1	0,7	0,7
Fahrzeugbau	0,5	0,5	0,3	0,3
Nahrungs- und Genussmittel, Tabak	- 0,1	- 0,2	- 0,2	- 0,3
Textilien, Bekleidung, Schuhe	0,1	0,0	- 0,1	- 0,1
Papier und Pappe, Druckerei	1,1	1,0	0,8	0,7
Gummi- und Kunststoffwaren	0,3	0,2	- 0,0	- 0,0
Recycling	0,4	0,4	0,3	0,3
Sonstige Sachgüterproduktion	0,8	0,7	0,5	0,5
Bauwesen	3,3	3,4	2,7	2,4
Handel und Lagerung	0,5	0,5	0,3	0,4
Beherbergungs- und Gaststättenwesen	0,5	0,5	0,3	0,4
Straßen-, Bahn- und Busverkehr	0,3	0,4	0,2	0,3
Schifffahrt, Luftverkehr	1,0	1,0	0,6	0,6
Sonstiger Verkehr	0,5	0,5	0,3	0,4
Nachrichtenübermittlung	0,4	0,3	0,1	0,1
Geld- und Kreditwesen, Versicherungen	0,5	0,6	0,4	0,4
Sonstige marktmäßige Dienste	0,7	0,8	0,5	0,5
Nichtmarktmäßige Dienste	0,0	0,0	0,0	0,0
INSGESAMT	- 0,1	- 1,5	- 2,1	- 2,3

Übersicht E12: Unselbständig Beschäftigte im "Kyoto"-Szenario: Differenz zum "Baseline"-Szenario in Personen

	2005	2010	2015	2020
Land- und Forstwirtschaft	0	0	0	0
Kohlebergbau	- 4	- 6	- 3	- 2
Erdöl- und Erdgasbergbau	- 142	- 357	- 455	- 572
Gasversorgung	- 271	- 567	- 545	- 537
Erdölverarbeitung	- 140	- 278	- 281	- 280
Elektrizitäts- und Wärmeversorgung	- 558	- 995	- 600	- 440
Wasserversorgung	0	0	0	0
Eisen und Nicht-Eisen-Metalle	- 5	- 7	19	22
Stein- und Glaswaren, Bergbau	192	198	190	188
Chemie	136	125	152	203
Metallerzeugnisse	3.570	3.244	538	537
Maschinenbau	311	367	279	362
Büromaschinen	80	60	8	7
Elektrotechnische Einrichtungen	1.121	829	216	84
Fahrzeugbau	182	206	148	170
Nahrungs- und Genussmittel, Tabak	- 107	- 145	- 110	- 152
Textilien, Bekleidung, Schuhe	14	8	2	- 5
Papier und Pappe, Druckerei	271	399	657	890
Gummi- und Kunststoffwaren	50	34	12	10
Recycling	4	4	3	4
Sonstige Sachgüterproduktion	735	772	631	696
Bauwesen	9.294	11.107	9.519	9.052
Handel und Lagerung	1.735	2.086	1.477	1.642
Beherbergungs- und Gaststättenwesen	1.092	1.483	1.145	1.330
Straßen-, Bahn- und Busverkehr	353	407	278	316
Schifffahrt, Luftverkehr	63	73	50	56
Sonstiger Verkehr	42	75	81	91
Nachrichtenübermittlung	252	225	96	90
Geld- und Kreditwesen, Versicherungen	385	445	311	371
Sonstige marktmäßige Dienste	2.547	6.147	8.885	12.214
Nichtmarktmäßige Dienste	0	0	0	0
INSGESAMT	21.199	25.938	22.703	26.345

Der Entwurf des "**Nachhaltigkeitsszenarios**" orientiert sich an drei aktuellen internationalen Entwicklungen: (i) die Nachhaltigkeitsstrategie der Europäischen Union, (ii) globale Energieszenarien des United Nations Development Programme und des World Energy Council (WEC) und (iii) der "Third Assessment Report" des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Gemeinsamer Ausgangspunkt der Analysen für die Konzeption von *Sustainable Development* war die Überprüfung aller wirtschaftlichen Vorgänge darauf, ob diese nicht mit Nachteilen für die Lebenschancen nachfolgender Generationen verbunden sind. Zwei Empfehlungen resultieren daraus: Der Wohlstand einer Gesellschaft soll mit einer viel geringeren Energieintensität erreichbar sein und bei den Energieträgern ist ein kontrollierter Rückzug aus der Nutzung von fossiler Energie anzustreben.

Energie-Szenarien mit der Orientierung Nachhaltigkeit starten mit einem Blick auf technologische Optionen, die sowohl das Volumen an Energieflüssen als auch die Art dieser Energieflüsse verändern. Gesucht werden Technologien, die einen viel geringeren Energiebedarf mit nicht-fossilen Energieträgern abdecken. Solche Technologien sind für die wichtigsten Energie-Dienstleistungen im Bereich Wohnen und Mobilität durchaus absehbar.

Das vorliegende "Nachhaltigkeitsszenario" orientiert sich hauptsächlich an den von IIASA und dem WEC entwickelten Emissions-Szenarien (*Nakicenovic et al., 1998*). Darin wird am Beispiel der Energie die Frage einer globalen Nachhaltigkeitsstrategie in den drei Aspekten (ökonomisch, ökologisch, sozial) entworfen. Besondere Bedeutung haben dabei die Probleme der bestehenden Energiesysteme in den Entwicklungsländern bezüglich ökonomische und soziale Entwicklung und Gesundheit.

Das Leitbild "Nachhaltige Entwicklung" ist in *Nakicenovic et al. (1998)* in das Szenario C eingeflossen, das auch hier als Ausgangspunkt gedient hat. Die Operationalisierung von Nachhaltigkeit in dem hier für Österreich entworfenen Szenario besteht zunächst darin, Energiedienstleistungen in sozial verträglicher Form zu reduzieren. Das betrifft den Verkehrsbereich, die Haushaltsnachfrage nach elektrischer Energie und die Prozessenergie in der Industrie.

Einen weiteren Schwerpunkt des "Nachhaltigkeitsszenarios" bildet die beschleunigte Technologiediffusion. Das zugrundeliegende Paradigma ist das Verständnis von Nachhaltigkeit als Prinzip eines innovativen ökonomischen Entwicklungsmusters, in dem fast marktreife Technologien möglichst schnell in weite Bereiche diffundieren sollen. Dabei kommt den Null-Emission-Fahrzeugen und den Technologien der Strom- und Wärmeerzeugung (Ökostromerzeugung auf Basis von Windkraft und Photovoltaik) besondere Bedeutung zu. Aufgrund der allgemeinen Verbreitung von Cogeneration auf Basis von Brennstoffzellen kommt es in der Strom- und Wärmeerzeugung außerdem zu massiven "fuel-shift"-Effekten.

Übersicht E13: Energetischer Endverbrauch: INSGESAMT, in TJ: "Nachhaltigkeitsszenario"

	2000	2005	2010	2015	2020
Kohle	64.787	52.497	42.957	33.735	26.360
Öl, Brennstoffe	113.888	100.825	78.282	70.883	61.058
Öl, Treibstoffe	256.654	253.089	229.915	194.722	146.080
Gas	174.148	180.973	173.610	172.647	164.343
Elektrischer Strom	181.875	192.911	192.218	191.701	189.209
Fossile Energie	609.476	587.384	524.764	471.987	397.841
Biomasse	105.015	97.182	88.211	81.982	73.534
Fernwärme	42.075	50.220	57.720	57.132	58.160
Umgebungswärme	6.773	11.434	21.515	28.202	36.975
Wasserkraft	46	46	46	46	46
INSGESAMT	945.260	939.178	884.474	831.051	755.764
INSGESAMT, BASE	945.260	1.010.077	1.049.161	1.084.712	1.121.451

Übersicht E14: CO₂-Emissionen im energetischen Endverbrauch, in 1.000 t: "Nachhaltigkeitsszenario"

	2000	2005	2010	2015	2020
1 Eisen- und Nicht-Eisen-Metalle	7.356	7.231	7.024	6.594	5.997
2 Chemie	803	909	947	741	622
3 Stein- und Glaswaren	1.776	1.745	1.670	1.497	1.265
4 Nahrungs- und Genussmittel	734	746	746	717	663
5 Textilien, Bekleidung, Schuhe	283	206	165	125	86
6 Papier und Pappe, Druckerei	1.301	1.624	1.595	1.339	1.098
7 Maschinen, Elektro, Fahrzeuge	810	854	932	958	934
8 Sonstige Sachgüterproduktion	498	428	327	221	135
Industrie, insgesamt	13.561	13.743	13.405	12.192	10.800
Sonstige (DL + Haushalte)	13.522	11.468	8.671	8.302	7.701
Privater Verkehr	10.166	9.688	8.241	6.257	4.060
Gewerblicher Verkehr	2.352	2.477	2.244	1.791	974
Verkehr der Wirtschaftszweige	6.123	6.199	6.071	5.762	4.982
Verkehr, insgesamt	18.641	18.363	16.556	13.811	10.017
CO ₂ , ENDVERBRAUCH, insgesamt	45.724	43.574	38.632	34.305	28.518
CO ₂ , BASE	45.724	47.555	48.424	48.832	48.926

Übersicht E15: Erzeugung von elektrischer Energie aus erneuerbaren Energieträgern, in GWh:
"Nachhaltigkeitsszenario"

	1999	2010
PV	3	1.003
Wind	70	1.570
Kleinwasserkraft	4.150	5.370
Feste Biomasse	100	1.551
Biogas	21	567
Deponiegas/Klärgas	138	228
Erzeugung, insgesamt	60.353	59.461
Anteile in %		
Kleinwasserkraft	6,9	9,0
erneuerbare Energie	0,5	8,3

Übersicht E16: CO₂-Emissionen (Umwandlung und insgesamt), in 1.000 t:
"Nachhaltigkeitsszenario"

	2000	2005	2010	2015	2020
Kokerei	365	346	335	311	285
Hochofen	78	87	94	91	87
Raffinerie	658	609	560	516	442
Fernwärme	1.548	1.528	1.462	1.318	1.209
Wärmekraft, EVU	7.243	6.479	4.767	3.609	2.454
Wärmekraft, Industrie	4.676	5.184	5.643	5.456	5.247
Umwandlungsprozesse	14.568	14.233	12.859	11.302	9.724
CO ₂ , Insgesamt	60.292	57.807	51.491	45.607	38.242
CO ₂ , BASE	60.292	64.634	66.215	67.506	69.263

Der energetische Endverbrauch geht bis 2010 im "Nachhaltigkeitsszenario" ähnlich stark wie im "Kyoto"-Szenario zurück. Dadurch liegen auch die CO₂-Emissionen im energetischen Endverbrauch mit 38,6 Mio. t im Jahr 2010 ähnlich wie im "Kyoto"-Szenario (38,9 Mio. t). Bis 2020 gehen die Emissionen im energetischen Endverbrauch jedoch aufgrund der weiter wirkenden Nachhaltigkeitsstrategien auf 28,5 Mio. t zurück.

Die gesamten CO₂-Emissionen liegen ebenfalls 2010 ähnlich wie im "Kyoto"-Szenario (51,5 Mio. t; "Kyoto": 53,5 Mio. t), wiederum ist bis 2020 im "Nachhaltigkeitsszenario" ein weiterer Rückgang auf 38,2 Mio. t zu verzeichnen. Das entspricht einem Rückgang auf 63% des Niveaus der Emissionen im Jahr 2000. Auf der Aufkommenseite von elektrischer Energie kommt es zu einem massiven Zurückdrängen der kalorischen Erzeugung durch die Erzeugung aus Windkraft und Photovoltaik. Die Auswirkungen auf die kalorische Erzeugung werden noch verstärkt durch eine Abnahme der elektrischen Erzeugung insgesamt.

Der bedeutendere Unterschied im energetischen Endverbrauch zwischen "Kyoto"- und "Nachhaltigkeitsszenario" ("SUSTAIN") liegt daher im Verbrauch von elektrischer Energie und nicht so sehr im Verbrauch von fossiler Energie. Dadurch werden die CO₂-Reduktionen im "Nachhaltigkeitsszenario" im vorgelagerten Bereich der kalorischen Stromerzeugung mit einem gewissen "Multiplikator" aufgrund des Wirkungsgrades von unter 100% erreicht.

Das führt auch dazu, dass die Entwicklung beim energetischen Gesamt(brutto-)verbrauch ab 2010 zwischen "Kyoto"-Szenario und "Nachhaltigkeitsszenario" noch weiter auseinander läuft als beim energetischen Endverbrauch.

Abbildung E1: CO₂-Emissionen

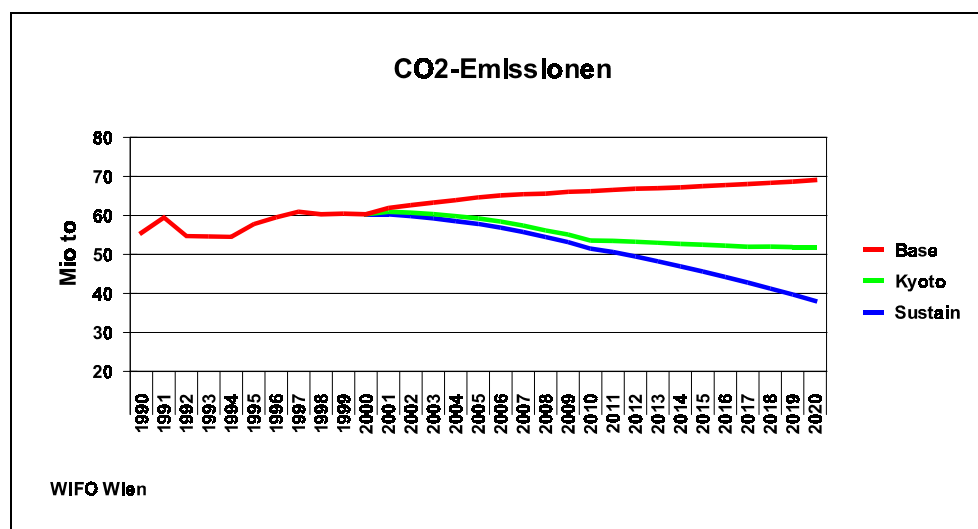


Abbildung E2: Energetischer Endverbrauch

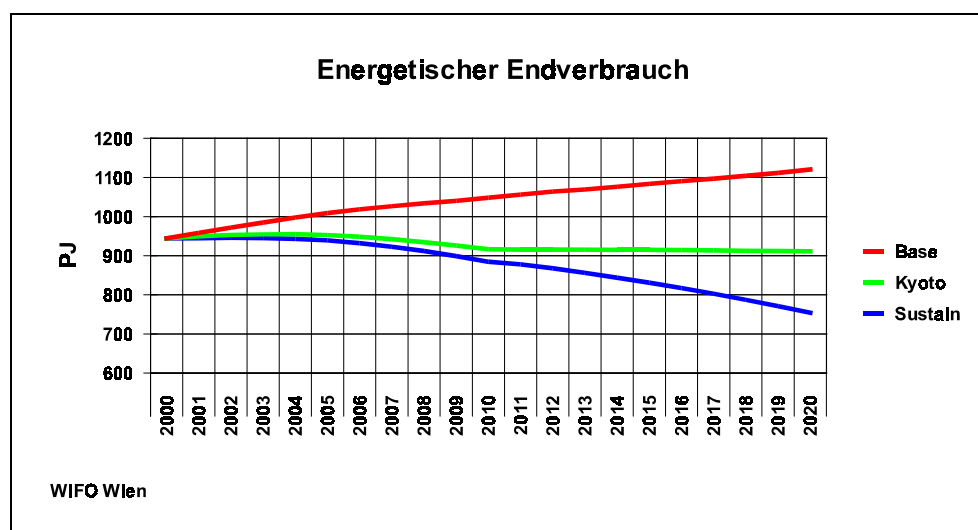


Abbildung E3: Energetischer Bruttoverbrauch

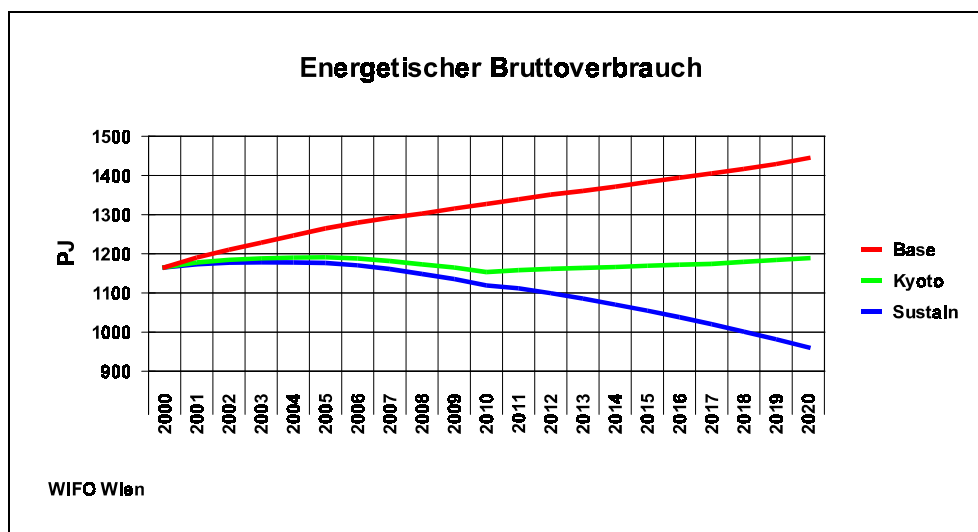


Abbildung E4: Fossiler Endverbrauch

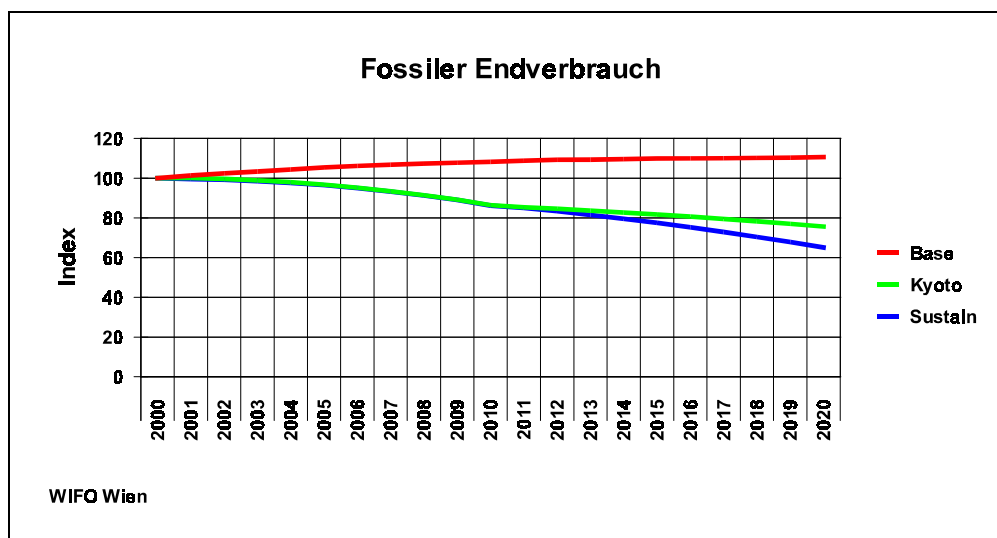
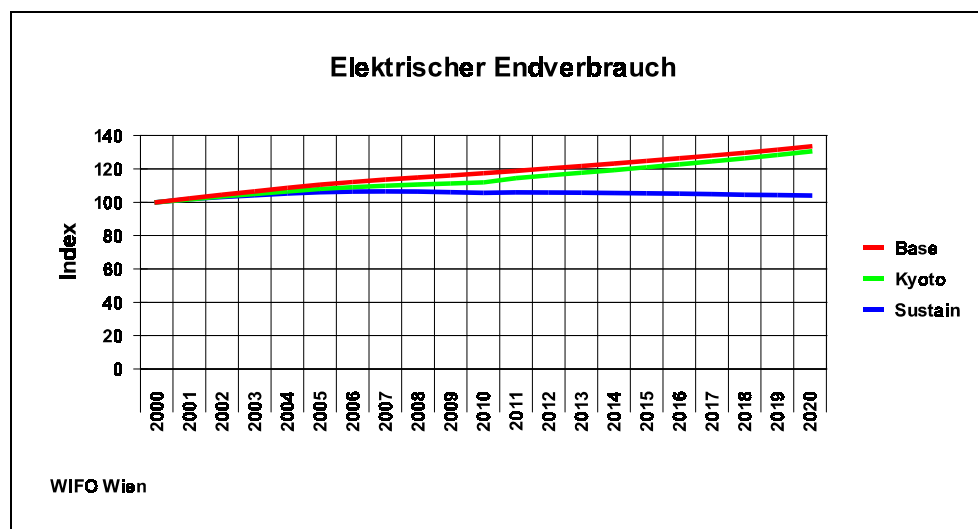


Abbildung E5: Elektrischer Endverbrauch



Im "Nachhaltigkeitsszenario" ergeben sich Kosten von 25,4 Mrd. S jährlich (kumuliert 450 Mrd. S) und jährliche Investitionen von ca. 37,9 Mrd. S (kumuliert 638 Mrd. S), sodass als gesamtwirtschaftlicher Impuls die Differenz von 12,5 Mrd. S wirksam wird, um ca. 3 Mrd. S mehr als im "Kyoto"-Szenario. Die Energiekosten sind wiederum erheblich niedriger als im "Baseline"-Szenario, vor allem in den Sektoren gewerblicher Verkehr und Haushalte.

Im Unterschied zum "Kyoto"-Szenario sind jedoch auch in den Grundstoffindustrien aufgrund des Umstieges auf alternative Rohstoffe erhebliche Energiekostensenkungen erkennbar. Für die Simulation wird die gesamte Kostensenkung wiederum annahmegemäß als Erhöhung des verfügbaren Einkommens wirksam. Alternativ dazu wäre denkbar gewesen, die Kostensenkungen als Erhöhung der preisbedingten Wettbewerbsfähigkeit zu verbuchen und die entsprechenden Nachfrageeffekte in den Grundstoffindustrien darzustellen. Im Pkw-Verkehr sind die Energiekosten aufgrund der geringen Preiselastizität bei Treibstoffen bei der erfolgten Steuererhöhung wiederum höher als im "Baseline"-Szenario, wobei die jährlichen Kostensenkungen bei höherem Ölpreis (nach 2015) entsprechend geringer sind.

Übersicht E17: Energiekosten im "Nachhaltigkeitsszenario": Differenz zum "Baseline"-Szenario in Mio. S

	2001	2005	2010	2015	2020
Eisen- und Nicht-Eisen-Metalle	0	- 10	- 225	- 745	- 1.608
Chemie	0	- 4	- 100	- 304	- 585
Stein- und Glaswaren	0	- 5	- 96	- 303	- 614
Papier und Pappe, Druckerei	0	- 10	- 239	- 788	- 1.577
Industrie, insgesamt	0	- 29	- 660	- 2.140	- 4.384
Gewerblicher Verkehr	- 128	- 318	- 849	- 3.281	-10.705
sonstiger Verkehr	1.944	8.469	13.376	16.390	11.624
Haushalte	- 2.059	- 9.391	-20.781	-28.929	-39.127
INSGESAMT	- 243	- 1.269	- 8.914	-17.960	-42.593

Die gesamtwirtschaftlichen Ergebnisse sind ähnlich wie im "Kyoto"-Szenario. Massiv rückläufig ist wiederum die Produktion in den Sektoren der Bereitstellung fossiler Energie im "Nachhaltigkeitsszenario", bis 2020 um bis zu 47% gegenüber dem "Baseline"-Szenario. Wie im "Kyoto"-Szenario sieht man bis 2010 die Auswirkungen der höheren Anlageinvestitionen (Metallerzeugnisse, Büromaschinen, Elektrotechnische Einrichtungen) und für den gesamten Zeitraum die Auswirkungen auf die Bauwirtschaft.

Insgesamt liegt der *Bruttoproduktionswert* unter jenem des "Baseline"-Szenarios, im Jahr 2020 um 4,6%. Die negativen Outputeffekte in den Energiesektoren übertragen sich wiederum analog zum "Kyoto"-Szenario voll auf die Beschäftigung mit einem proportionalen Rückgang. In den meisten anderen Sektoren steigt die Beschäftigung gegenüber dem "Baseline"-Szenario an; insgesamt liegt die Beschäftigung ca. um 1% über der im "Baseline"-Szenario, in absoluten Zahlen um 30.000 bis 40.000 Personen.

Das BIP (der *Nettoproduktionswert* der Sektoren) liegt im "Nachhaltigkeitsszenario" bis 2010 um ca. 1,4% über dem Niveau des "Baseline"-Szenarios und danach um ca. 1%.

Die Berechnungen mit dem Makromodell ergeben wiederum die entsprechend höheren Einnahmen des Staates von 20 bis 30 Mrd. S pro Jahr. Aufgrund der Anforderungen des EU-Stabilitätspaktes ist wiederum davon auszugehen, dass die Anreizfinanzierungen und sonstigen öffentlichen Kosten durch Budgetumschichtungen erreicht werden und die zusätzlichen Steuereinnahmen daher voll budgetwirksam werden.

Übersicht E18: Steuereinnahmen im "Nachhaltigkeitsszenario": Differenz zum "Baseline"-Szenario in Mio. S

	2005	2010	2015	2020
Indirekte Steuern	7.012	8.715	7.343	10.259
Direkte Steuern	6.449	8.015	6.754	9.435
Sozialversicherungsbeiträge	7.894	9.810	8.267	11.548
Steuern insgesamt	21.355	26.540	22.364	31.242

Übersicht E19: Bruttoproduktionswerte (real, Preise 1983) im "Nachhaltigkeitsszenario": Differenz zum "Baseline"-Szenario in %

	2005	2010	2015	2020
Land- und Forstwirtschaft	0,0	0,0	0,0	0,0
Kohlebergbau	- 2,2	- 6,2	-11,6	-18,8
Erdöl- und Erdgasbergbau	- 9,7	-23,0	-34,0	-46,9
Gasversorgung (1)	0,8	-12,0	-24,3	-37,8
Erdölverarbeitung	- 9,8	-23,1	-34,0	-46,9
Elektrizitäts- und Wärmeversorgung	- 4,1	-10,0	-15,6	-22,1
Wasserversorgung	0,0	0,0	0,0	0,0
Eisen und Nicht-Eisen-Metalle	0,2	0,2	0,2	0,2
Stein- und Glaswaren, Bergbau	1,1	1,0	0,9	1,0
Chemie	1,3	1,3	1,0	1,2
Metallerzeugnisse	6,5	5,8	2,4	2,4
Maschinenbau	0,8	0,8	0,5	0,9
Büromaschinen	49,4	33,7	10,9	8,9
Elektrotechnische Einrichtungen	2,8	2,5	1,2	1,4
Fahrzeugbau	0,6	0,6	0,4	0,6
Nahrungs- und Genussmittel, Tabak	- 0,2	- 0,3	- 0,3	- 0,6
Textilien, Bekleidung, Schuhe	0,1	0,1	- 0,1	- 0,1
Papier und Pappe, Druckerei	2,0	1,9	1,5	1,6
Gummi- und Kunststoffwaren	0,3	0,2	0,0	0,1
Recycling	0,5	0,5	0,4	0,6
Sonstige Sachgüterproduktion	1,3	1,2	1,0	1,2
Bauwesen	5,5	5,7	4,7	4,5
Handel und Lagerung	0,6	0,7	0,5	0,8
Beherbergungs- und Gaststättenwesen	0,6	0,7	0,5	0,8
Straßen-, Bahn- und Busverkehr	0,4	0,5	0,3	0,5
Schifffahrt, Luftverkehr	1,2	1,3	0,9	1,3
Sonstiger Verkehr	0,6	0,7	0,5	0,8
Nachrichtenübermittlung	0,4	0,4	0,2	0,4
Geld- und Kreditwesen, Versicherungen	0,7	0,7	0,5	0,8
Sonstige marktmäßige Dienste	0,8	0,9	0,7	0,9
Nichtmarktmäßige Dienste	0,0	0,0	0,0	0,0
INSGESAMT	0,2	- 1,6	- 3,4	- 4,6

Übersicht E20: Unselbständig Beschäftigte im "Nachhaltigkeitsszenario": Differenz zum "Baseline"-Szenario in Personen

	2005	2010	2015	2020
Land- und Forstwirtschaft	0	0	0	0
Kohlebergbau	- 7	- 16	- 22	- 26
Erdöl- und Erdgasbergbau	- 171	- 425	- 657	- 930
Gasversorgung (1)	25	- 365	- 693	- 1.003
Erdölverarbeitung	- 168	- 330	- 402	- 451
Elektrizitäts- und Wärmeversorgung	- 939	- 1.987	- 2.685	- 3.327
Wasserversorgung	0	0	0	0
Eisen und Nicht-Eisen-Metalle	- 5	- 12	11	- 11
Stein- und Glaswaren, Bergbau	425	424	406	405
Chemie	257	207	210	274
Metallerzeugnisse	4.397	4.008	1.663	1.701
Maschinenbau	383	465	382	674
Büromaschinen	97	73	26	22
Elektrotechnische Einrichtungen	1.278	958	332	92
Fahrzeugbau	226	260	199	308
Nahrungs- und Genussmittel, Tabak	- 131	- 185	- 161	- 322
Textilien, Bekleidung, Schuhe	17	9	1	- 13
Papier und Pappe, Druckerei	632	700	950	1.265
Gummi- und Kunststoffwaren	59	44	20	29
Recycling	5	6	5	8
Sonstige Sachgüterproduktion	1.282	1.297	1.109	1.369
Bauwesen	15.374	18.260	16.368	16.656
Handel und Lagerung	2.227	2.587	1.943	2.912
Beherbergungs- und Gaststättenwesen	1.409	1.843	1.502	2.353
Straßen-, Bahn- und Busverkehr	453	503	365	563
Schifffahrt, Luftverkehr	80	91	67	102
Sonstiger Verkehr	54	95	104	137
Nachrichtenübermittlung	307	287	149	244
Geld- und Kreditwesen, Versicherungen	476	565	438	740
Sonstige marktmäßige Dienste	3.128	7.326	10.637	16.336
Nichtmarktmäßige Dienste	0	0	0	0
INSGESAMT	31.169	36.685	32.268	40.108

2. Einleitung

Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit Energieverbrauchs- und Emissionsszenarien für Österreich bis zum Jahr 2020. Dabei wird besonderes Augenmerk auf eine detaillierte Darstellung des gesamten österreichischen Energiesystems auf disaggregierter Ebene gelegt. Die Grundlage aller durchgeführten Berechnungen bildet das nun in der dritten Ausbaustufe vorliegende Energiemodell des WIFO, DAEDALUS III, dessen Blöcke im Überblick in dieser Studie beschrieben werden. Die Grundphilosophie von DAEDALUS III besteht darin, in ökonometrischen Gleichungen den Einfluss von Technologien und Preisen auf die Energienachfrage gemeinsam und konsistent abzubilden.

Im Anschluss an die Modellbeschreibung werden die Rahmenbedingungen für ein "Baseline"-Szenario in Form von quantitativen Vorgaben zum Rohölpreis, zur Bevölkerungs- und Einkommensentwicklung und zum Entwicklungspfad bei Fernwärme und erneuerbarer Energie festgelegt. Dabei war **Ende Februar 2001** der **Redaktionsschluss** für alle noch zu berücksichtigenden nationalen und internationalen Quellen. Mit DAEDALUS III wird dann zunächst ein "Baseline"-Szenario bis 2020 berechnet.

Als Sensitivitätsanalysen dazu werden ein Szenario ohne weiteren Anstieg bei erneuerbarer Energie und ohne Erreichung der EIWOG-Ziele für Ökostrom, sowie ein Szenario mit hohen Stromimporten zur Deckung des Verbrauchswachstums gerechnet. Bezüglich der Erreichung des österreichischen "Kyoto-Ziels" wird ein "Kyoto"-Szenario auf Basis der österreichischen Klimastrategie zur Emissionsreduktion entworfen und quantifiziert. Dabei werden einerseits einzelne Maßnahmenpakete und andererseits alle Maßnahmen in einem Szenario berechnet. Ein Vergleich der Ergebnisse zeigt, dass die Addition der Emissionsreduktionen einzelner Maßnahmen den Effekt insgesamt überschätzt, da "Überschneidungseffekte" auftreten.

Darüber hinaus wird noch ein Szenario dargestellt, in dem unabhängig von Zielen der Emissionsreduktion die Integration von Nachhaltigkeit in die Wirtschaftspolitik analog zur Nachhaltigkeitsstrategie der Europäischen Union aufgezeigt wird ("Nachhaltigkeitsszenario"). Dieses Szenario orientiert sich an den von IIASA und dem World Energy Council entworfenen globalen Energieszenarien, die Nachhaltigkeitsstrategien auf globaler Ebene am Beispiel der Energie entwerfen.

Der wesentliche Unterschied zwischen dem Design des "Kyoto"-Szenarios und jenem des "Nachhaltigkeitsszenarios" liegt darin, dass in ersterem die Maßnahmen auf die "Kyoto Zielperiode 2008/2012" gerichtet sind und danach großteils wegfallen. Das führt dazu, dass nur bis dahin erreichte Steigerungen der Energieeffizienz oder Erhöhungen des Anteils erneuerbarer Energieträger bis 2020 weiterwirken. Im Gegensatz dazu ist das "Nachhaltigkeitsszenario" auf eine grundsätzliche Neuorientierung des Energiesystems entsprechend dem Prinzip "nachhaltiger Entwicklung" hin orientiert und setzt daher langfristig wirkende Veränderungen in Gang. Bis zur "Kyoto Zielperiode 2008/2012" besteht kein wesentlicher Unterschied in den Ergebnissen beider Szenarien.

Sowohl das "Kyoto"-Szenario als auch das "Nachhaltigkeitsszenario" werden abschließend einer ökonomischen Evaluierung unterzogen. Dabei wird berücksichtigt, dass die Forcierung neuer Technologien erheblichen Investitionsbedarf mit sich bringt, der wiederum nur durch Änderungen im Anreizsystem erfolgen kann.

Als Kosten der Erreichung der Emissionsreduktionsziele werden jene Eingriffe quantifiziert, die diesen Umstieg auf neue Technologien hervorbringen müssen, vermindert um die geringeren Ausgaben für Energie. Die Wirkungsweise der Maßnahmen lässt sich im wesentlichen als Verringerung von Energieeinsatz durch vermehrten Kapitaleinsatz beschreiben. Der vermehrte Kapitaleinsatz ruff makroökonomische Impulse hervor, deren Auswirkungen mit dem disaggregierten, ökonometrischen Makromodell MULTIMAC III quantifiziert werden.

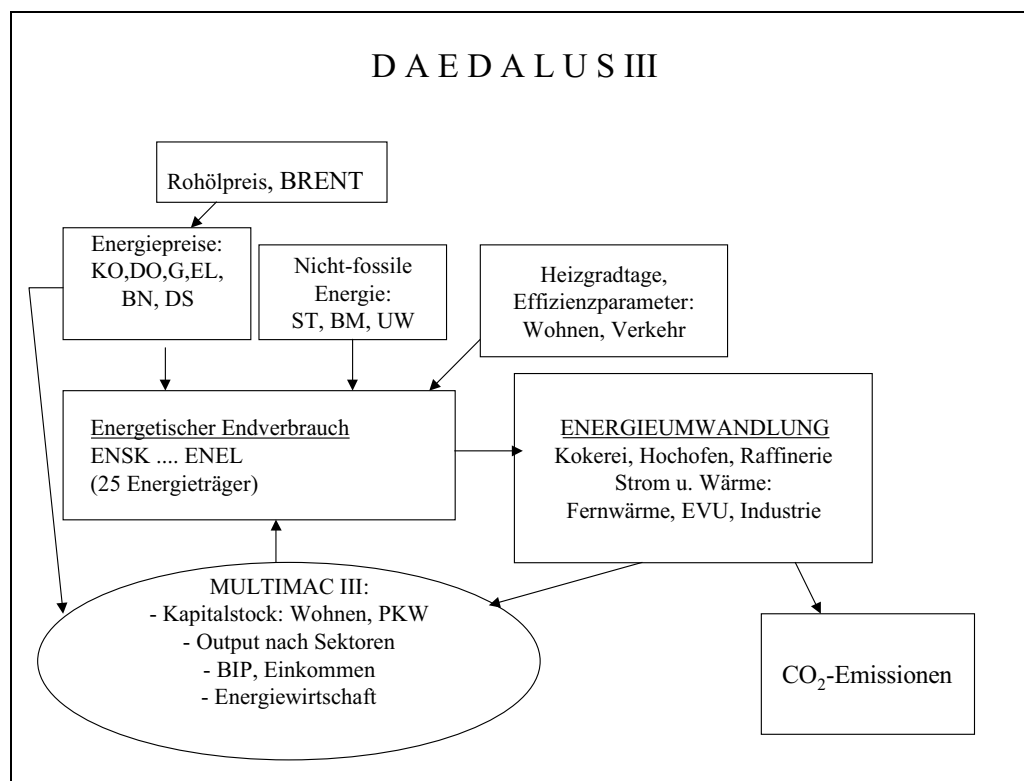
3. Methodik: Das Energiemodell DAEDALUS III

DAEDALUS III geht über das Anwendungsgebiet rein ökonomischer Energiemodelle des Endverbrauches sowie rein technologisch orientierter Modelle des Energiesystems hinaus und versucht in gewissem Sinn eine Synthese aus beiden Ansätzen innerhalb eines ökonometrischen Ansatzes. Technologische Strukturmodelle werden häufig mit linearer Programmierung erweitert, sodass die Kosten der Wahl eines gewissen Technologiesets berechnet werden können. Derartige Modelle haben ihren Schwerpunkt meist in dem Bereich des Energiesystems, in dem ein überschaubares Set von Technologien existiert; das ist hauptsächlich die Strom- und Wärmeerzeugung.

Für den Bereich des energetischen Endverbrauches sind diese Ansätze entweder nicht voll ausformuliert (siehe E.V.A., 1998) oder – wie das deutsche IKARUS-Modell – sehr umfangreich und erfordern in Anwendung und update einen überaus hohen Ressourcenbedarf. Der eigentliche kritische Punkt besteht jedoch darin, dass die kostenoptimale Lösung der Modelle in einem gewissen Basisjahr meist nicht mit den beobachtbaren Daten übereinstimmt. Die dem beobachtbaren Verhalten zugrundeliegende ökonomische Rationalität ist durch unterschiedliche Faktoren limitiert und entspricht daher meist nicht dem Optimum der linearen Programmierung.

Die sehr restriktiven Annahmen der linearen Programmierung sind in DAEDALUS III durch flexible ökonometrische Spezifizierungen ersetzt, die die tatsächlich zu erwartenden Verbrauchsreaktionen aufgrund von beobachtetem Verhalten in der Vergangenheit abbilden. Gleichzeitig kann auch ein gewisser Technologiebestand vorgegeben werden, was auch die Vorgabe gewisser Qualitäten des Kapitalstocks (Fahrzeuge, Gebäude) und gewisser Einsatzmengen der technologisch determinierten Energieträger (Biomasse und Fernwärme) impliziert. Diese Informationen können z. B. aus energetischem Expertenwissen gewonnen werden. Der Zweck dieser Spezifizierung liegt darin, in Simulationen die Auswirkungen von energie- oder umweltpolitischen Maßnahmen mit direkten Auswirkungen bei diesen beiden Energieträgern (z. B.: Forcierung von Biomassetechnologien) quantifizieren zu können, da diese dann wirklich exogen sind.

Abbildung 1: Blockschema von DAEDALUS III



Die erste Darstellung des Energiemodells DAEDALUS findet sich in *Kratena (1999A)*. Das Modell wurde inzwischen in mehreren Stufen erweitert und angewendet (*Kratena, 1999B, Kratena – Schleicher, 1999A*); momentan liegt die dritte Stufe (DAEDALUS III) vor, mit der Modellprognosen und -simulationen ausgeführt werden können (*Kratena – Schleicher, 2000*).

DAEDALUS III lässt sich grob in ein (Teil-)Modell für die einzelnen Energiepreise, eines für den energetischen Endverbrauch und eines für die Energieumwandlung aufspalten.

Das Teilmodell für die Energiepreise wird im wesentlichen vom Rohölpreis bestimmt, sodass die Übertragung der Veränderungen des Rohölpreises auf die einzelnen Energiepreise in den entscheidenden Parametern eingefangen werden muss. Dazu wird auch teilweise auf die Methodik anderer österreichischer Studien zur Bildung von Energiepreisen in Österreich zurückgegriffen (*Puwein – Wüger, 1999*).

Ein wesentlicher Aspekt von DAEDALUS III besteht in der Darstellung der Wechselwirkung zwischen der gesamten Endnachfrage nach Energie und dem ökonomischen System unter Berücksichtigung der wichtigsten Einflussfaktoren:

- Outputwachstum
- Energiepreise
- Kapitalakkumulation (Wohnungen, Fahrzeuge)
- Heizgradtage.

Die Wechselwirkungen bestehen in beiden Richtungen, was ein besonderer Vorteil für Modellsimulationen (z. B. thermische Gebäudesanierung) sein dürfte.

DAEDALUS III ist eingebettet in ein multisektorales Modell der österreichischen Wirtschaft, wobei einzelne Modellteile die Schnittstellen darstellen. Dadurch werden möglichst viele Einflussfaktoren endogen im Modell erklärt und möglichst wenig muss durch Annahmen komplettiert werden. Es gibt daher ökonomische Variable, die Einflussfaktoren der Energienachfrage sind, jedoch im ökonomischen Modellteil endogen bestimmt werden, und zwar teilweise in Abhängigkeit von Variablen in DAEDALUS III.

Das betrifft die Kapitalstöcke (Pkw-Bestand, Wohnungsbestand), die von Variablen aus einem "Baseline"-Szenario des multisektoralen Modells (verfügbares Einkommen, Wirtschaftswachstum nach 32 Wirtschaftszweigen) und die Energiepreise bestimmt werden. Zusätzlich wirken darauf auch noch exogene Annahmen (Bevölkerungsentwicklung, Sanierungsrate von Gebäuden). Im allgemeinen wurde jedoch versucht, mit möglichst wenig exogenen Annahmen das Auslangen zu finden und möglichst viele Einflussfaktoren des Energieverbrauches im Modell selbst zu erklären.

Im energetischen Endverbrauch werden in DAEDALUS III 13 Sektoren unterschieden, von denen einer der Haushaltssektor ist und in denen jeweils die Nachfrage nach Treibstoffen (mit Ausnahme des Sektors 9: Straßen-, Bahn- und Busverkehr) nicht enthalten ist.

Für den Pkw-Verkehr und für den Haushaltssektor wurden in DAEDALUS III gegenüber früheren Modellversionen wesentliche Verbesserungen und Erweiterungen erreicht. Die Treibstoffnachfrage wird dann wieder den einzelnen Energieträgern zugebucht, sodass volle Konsistenz mit der Darstellungsweise der österreichischen Energiebilanzen gegeben ist.

Zusätzlich wird auch der Umwandlungssektor detailliert im Rahmen eines Input-Output-Modells in DAEDALUS III integriert. Innerhalb dieses Input-Output-Modells werden die Technologien der Strom- und Wärmeenergieerzeugung ökonometrisch modelliert, wobei wiederum den Energiepreisen hohe Bedeutung zukommt.

3.1 Energiepreise und exogener Energieeinsatz in DAEDALUS III

Für die Energiepreise der aggregierten Energieträger Kohle, Ölprodukte (ohne Treibstoffe), Gas (Naturgas, Gichtgas, Kokereigas) und elektrische Energie in der Sachgütererzeugung wurden Glei-

chungen geschätzt, die die kurzfristige Dynamik und die Abhängigkeit der Energiepreise vom Rohölpreis der Sorte Brent beschreiben. Die Preise für die Dienstleistungssektoren und die Haushalte werden dann über eigene Gleichungen an die Sachgüterpreise gekoppelt. Darin kommt zum Ausdruck, dass die Preise für die Sachgütererzeugung Erzeugerpreise mit nur geringen Spannen ("Großhandelspreise") sind, während die Preise für Haushalte und Dienstleistungen Erzeugerpreise inklusive höherer Verteilerspannen sind.

Die Logik der Ankoppelung der einzelnen Energiepreise an den Rohölpreis der Sorte Brent ist darin begründet, dass einerseits Weltmarktpreise – das betrifft Kohle und Naturgas – aufgrund von weltweiten Substitutionsmöglichkeiten auf der Nachfrageseite oder aufgrund der Bezugsverträge direkt mit dem Rohölpreis variieren und andererseits – das betrifft Ölprodukte und elektrische Energie – aus Energieumwandlungsvorgängen stammen, für die wiederum der Rohölpreis bzw. der Kohle- und Naturgaspreis die entscheidende Variable sind.

Für den zweiten Fall gibt es in der Literatur unterschiedliche Philosophien der Modellierung, nämlich jene der Analyse der direkten Korrelation von Input- und Outputpreisen mit teilweise sehr anspruchsvollen ökonometrischen Methoden (vgl. dazu: *Puwein – Wüger, 1999*) und die dort angegebene Literatur), sowie jene der Ableitung der Outputpreise aus einer die Kosten beschreibenden Produktions- bzw. Kostenfunktion der Umwandlungssektoren (vgl. dazu: *Considine (2000)*, und das PRIMES-Modell). Für die vorliegende Studie wurde der erste Weg gewählt¹⁾.

Bezüglich der Treibstoffpreise wurden auch die Ergebnisse der bisher umfangreichsten Untersuchung zum österreichischen Kraftstoffmarkt (*Puwein – Wüger, 1999*) berücksichtigt. Darüber hinaus wurde bei den Treibstoffen nicht nur der Übertragungskoeffizient des Rohölpreises auf den Nettopreis für Treibstoffe ökonometrisch geschätzt, sondern auch der (statistisch signifikante) negative Einfluss der Steuerbelastung (Mineralölsteuer/Bruttopreis) auf den Nettopreis. Darin kommt zum Ausdruck, dass Steuerbelastungen zumindest teilweise symmetrisch auf den Nettopreis "rückgewälzt" werden, d. h. dass Steuererhöhungen zum Teil niedrigere Nettopreise bewirken.

Betrachtet man bei den Ergebnissen lediglich die für langfristige Energieszenarien relevanten langfristigen Elastizitäten der Preise der einzelnen Energieträger auf den Rohölpreis für Brent, dann sieht man eine klare Abstufung zwischen Ölprodukten, Gas und Kohle und entsprechend noch geringeren Elastizitäten bei den Treibstoffen. Letzteres Ergebnis stimmt gut mit den Ergebnissen von *Puwein – Wüger (1999)* überein und ist vereinbar mit der geringeren Bedeutung des Rohölpreises für die Gesamtkosten des Treibstoffhandels.

¹⁾ Für einen weiteren Ausbau von DAEDALUS ist geplant, die Preisgleichungen für Ölprodukte und für elektrische Energie aus Kostenfunktionen und Marktformen für diese Produkte abzuleiten.

Übersicht 1: Elastizitäten der Energiepreise (langfristig) auf den Rohölpreis (BRENT):

<i>Sachgütererzeugung</i>	
Kohle	0,32
Ölprodukte	0,58
Gas	0,38
Elektrische Energie	0,10
<i>Treibstoffe</i>	
Superbenzin (netto)	0,26
Diesel (netto)	0,39

Die Preise der aggregierten Energieträger Kohle, Ölprodukte, Gas (Naturgas, Gichtgas, Kokereigas) und elektrische Energie für die einzelnen 13 Sektoren werden von den Preisen der Sachgütererzeugung und von Dienstleistungen/Haushalte über fixe "spreads" abgeleitet, in die die in den historischen Daten enthaltene Preisdifferenzierung eingeht. Aus diesen einzelnen Preisen werden dann für jeden Sektor i aggregierte Preise für fossile Energie, $PEFO_i$, und für Energie insgesamt, $PETO_i$, als mit den Mengen gewichtete Preisindizes gebildet:

$$(1) \quad PEFO_i = \sum w_{ji} PE_{ji} \quad ; \quad j = \text{Kohle, Öl, Gas (Naturgas, Gichtgas, Kokereigas)}$$

$$(2) \quad PETO_i = \sum w_{to,i} PE_{ki} + SD_i \quad ;$$

$k = \text{Kohle, Öl, Gas (Naturgas, Gichtgas, Kokereigas), elektrische Energie}$

mit den entsprechenden Mengenanteilen:

- $w_{j,i}$: Anteil von Kohle, Öl und Gas an der Summe von Kohle, Öl und Gas
- $w_{to,i}$: Anteil von Kohle, Öl, Gas und elektrischer Energie am energetischen Endverbrauch insgesamt.

Die statistische Differenz SD_i kommt dadurch zustande, dass die sonstige Energie und die entsprechenden Preise in (2) nicht explizit berücksichtigt sind.

Ursprünglich wurde in DAEDALUS die Gesamtnachfrage nach Energie mithilfe von Translog-Funktionen auf die einzelnen Energieträger aufgespalten, wobei die Einsatzmengen der beiden Energieträger Fernwärme und Biomasse als fixe Faktoren behandelt wurden (zur Ableitung von kurzfristigen Kostenfunktionen mit quasi – fixen Faktoren siehe Morrison (1990) und Berndt – Kolstad – Lee, 1993). Die Mengen-Anteile als fixe Faktoren bestimmten in dieser ersten Version zusammen mit den Preisen der variablen Faktoren die Durchschnittskosten. Die Schattenpreise der fixen Faktoren konnten direkt aus der partiellen Ableitung der Durchschnittskostenfunktion nach den Mengen-Anteilen der fixen Faktoren berechnet werden.

Diese Spezifizierung von DAEDALUS ermöglichte die direkte Ableitung des Effektes der Einsatzmengen von Biomasse und Fernwärme auf den sonstigen Energieeinsatz aufgrund der geschätzten

Modellparameter. Außerdem erlaubte dieser Ansatz die Berechnung der "Schattenkosten" energiepolitischer Maßnahmen, die eine Veränderung der Anteile der Einsatzmengen der fixen Faktoren am gesamten energetischen Endverbrauch zum Ziel haben (z. B. Steigerung des Biomasse-Anteils). Die Möglichkeit, das alles direkt aus den geschätzten Parametern ableiten zu können, wurde mit zusätzlichen Restriktionen für die ökonometrische Schätzung erkauff.

In DAEDALUS III wurde nun ein Modell entworfen, das einerseits auch die Berechnung der "Schattenkosten" energiepolitischer Maßnahmen wie eine Veränderung des Biomasse-Anteils erlaubt, gleichzeitig aber für die ökonometrische Schätzung weniger Restriktionen auferlegt. Der wesentliche Punkt dabei ist die Annahme einer Substitutionselastizität von eins zwischen fossiler Energie einerseits und Biomasse und Fernwärme andererseits innerhalb des Bündels von nichtelektrischer Energie.

Diese Annahme kann über die Definitionsgleichungen in das Modell eingebaut werden und "belastet" die ökonometrischen Schätzungen nicht. Diese Annahme hat andererseits den Nachteil, dass sie nur bei Anwendungsarten von Biomasse und fossil mit gleichem Nutzenergie-Wirkungsgrad korrekt ist. Das Modell würde jedoch auch von unterschiedlichen Substitutionselastizitäten für Simulationen erlauben, die bewirkten, dass nicht gleich viel fossile Energie verdrängt wird wie an Biomasse und Fernwärme dazukommt.

Die wesentlichen Definitionsgleichungen in DAEDALUS III lauten für jeden Sektor i des energetischen Endverbrauches:

$$(3) \quad \text{ENTO}_i = \text{ENEL}_i + \text{ENNE}_i$$

$$(4) \quad \text{ENFO}_i = \text{ENNE}_i - \text{ENBM}_i - \text{ENST}_i$$

Der gesamte energetische Endverbrauch eines Sektors, ENTO_i , ist die Summe des Verbrauches von elektrischer, ENEL_i , und nichtelektrischer Energie, ENNE_i . Für diesen gesamten Endverbrauch werden Einzelgleichungen geschätzt, die Aufteilung in elektrische und nicht-elektrische Energie erfolgt in separaten Gleichungen.

Der fossile Energieeinsatz eines Sektors, ENFO_i , ist aufgrund der unterstellten Substitutionselastizität von eins gegeben als Differenz zwischen dem Bündel "nichtelektrisch" und dem energetischen Endverbrauch für Biomasse (ENBM_i) und Fernwärme (ENST_i).

Sowohl in der ursprünglichen Spezifizierung von Biomasse und Fernwärme als quasi-fixe Faktoren als auch in der nunmehr vorliegenden bleibt das Problem, die exogenen Einsatzmengen in der Zukunft bestimmen zu können. Dabei ergeben sich zwei relevante Punkte, die in geeigneter Weise zu lösen sind: (i) Trends zur Bestimmung dieser Faktoren so zu quantifizieren, dass sie auf die Einsatzmengen umlegbar werden und (ii) den Einfluss der Preise auf diese beiden Energieträger vor allem auch für Simulationen nicht ganz zu vernachlässigen.

3.2 Energetischer Endverbrauch in DAEDALUS III

Im energetischen Endverbrauch ohne Treibstoffe wird ein einheitlicher Modelltyp für die Sektoren der Sachgütererzeugung (Sektoren 1 bis 8) und für die Dienstleistungen (Sektor 11 und 12), sowie mit leichter Modifikation (inklusive Treibstoffe) für den gewerblichen Verkehr (Sektor 9 und 10) gewählt. Völlig unterschiedlich davon und noch detaillierter wird die Nachfrage des Haushaltssektors (Sektor 13) und die durch Pkw determinierte Treibstoffnachfrage modelliert. Die Nachfrage nach den aggregierten Energieträgern Kohle, Öl, Gas (Naturgas, Gichtgas, Kokereigas) wird mit sektoralen Subanteilen auf die disaggregierten Energieträger der österreichischen Energiebilanzen aufgeteilt.

3.2.1 Energienachfrage und elektrische Energie

In DAEDALUS war der Energiekoeffizient (gesamte Energienachfrage eines Sektors/Bruttoproduktionswert eines Sektors zu konstanten Preisen) ursprünglich hauptsächlich vom Kapitalkoeffizienten abhängig (vgl: *Kratena, 1999*), darin sollte in den Kapitalgütern inkorporierte Technologie ("embodied technical change") eines Modells mit variablen und quasi-fixen Faktoren zum Ausdruck kommen.

Die aktuelle Datenlage zu den sektoralen Investitionen und zum sektoralen Kapitalstock erfüllt jedoch die Anforderungen eines derartigen Ansatzes nicht, sodass nun eine dynamische Spezifizierung für den Energiekoeffizienten gewählt wurde, die die Ableitung unterschiedlicher kurz- und langfristiger Reaktionen erlaubt und somit implizit die in der Energieökonomie akzeptierte Hypothese eines Zeit brauchenden Anpassungsprozesses enthält. Dabei wurden ARDL-(AutoRegressive Distributed Lag)Spezifizierungen folgender Funktionsform gewählt:

$$(5) \ln(\text{ENTO}_i/\text{QA}_i) = F(\ln(\text{QA}_i), \ln(\text{PETO}_i), \ln \mathbf{Z}_i)$$

mit QA_i als dem realen BPW (Bruttoproduktionswert) eines Sektors. Der gesamte Energiepreis PETO_i bleibt auch weiterhin ein wesentlicher Einflussfaktor, der Vektor \mathbf{Z}_i enthält andere sektoral unterschiedlich wichtige Variable zur Erklärung des Energieverbrauches (Heizgradtage, Dummy-Variable).

Für den Haushaltssektor wird der Energieverbrauch ohne Treibstoffe direkt an die Wohnnutzfläche gekoppelt. Generell wird der Wohnungsbestand in drei Bauperioden (vor 1944, 1945/1980, nach 1981) aufbauend auf den Daten der Häuser- und Wohnungszählungen des STATISTIK ÖSTERREICH als Anknüpfungspunkt für die Energienachfrage des Haushaltssektors verwendet.

Für den Wohnungsbestand insgesamt wurde ein "stock-adjustment"-Modell konstruiert, wie es in ähnlicher Form schon in früheren WIFO-Studien zur Abschätzung des künftigen Wohnungsbedarfes verwendet wurde (*Czerny et al., 1997*). Diese Modelle unterstellen einen Anpassungsprozeß des tatsächlichen an den gewünschten Kapitalstock. Dabei ist der gewünschte Kapitalstock von verschiedenen Faktoren (Preise, Einkommen, Output usw.), in einer Variable \mathbf{Z} zusammengefasst, ab-

hängig. Man kann diesen gewünschten Kapitalstock dann einsetzen und erhält die *stock-adjustment*-Gleichung (siehe Czerny *et al.*, 1997, Anhang A):

$$(6) \ln(DW_t) - \ln(DW_{t-1}) = \alpha_K + \gamma_K \ln(Z) - \tau_1 \ln(DW_{t-1}) + \tau_2 (\ln(DW_{t-1}) - \ln(DW_{t-2}))$$

mit DW als dem Wohnungsbestand insgesamt. In diesem Fall wurden zwei Variable für Z verwendet, nämlich die Wohnbevölkerung und das verfügbare Einkommen der Haushalte.

Der gesamte Wohnungsbestand wird dann unter der Annahme von absolut konstanten Abschreibungen für den Altbestand, mit denen die Entwicklung der Vergangenheit fortgeschrieben wird, auf den Wohnungsbestand nach den drei Bauperioden aufgeteilt. Die durchschnittliche Nutzfläche pro Bauperiode stellt eine zusätzliche exogene Variable für das Modell dar. Das erlaubt die Berechnung der Nutzfläche insgesamt nach Bauperioden, die als Indikator für die Energie-Dienstleistungen gesehen werden kann.

Als zusätzliche exogene Variable benötigt man die "Effizienzparameter" für Gebäude aus unterschiedlichen Bauperioden. Diese Effizienzparameter (kWh/m^2) erfassen die thermische Gebäudequalität in drei Bauperioden (vor 1944, 1945/1980, nach 1981).

Zur Ermittlung dieser Effizienzparameter standen ein Datenstock der BUWOG zu den tatsächlichen Verbräuchen von über 100 Mehrgeschossobjekten aus der Bauperiode ab 1955 und Daten des Oberösterreichischen Energiesparverbandes zum Energieverbrauch von Einfamilienhäusern zur Verfügung. Beide Datensätze wurden mit den Gewichten von Mehrgeschossbauten und Einfamilienhäusern im gesamten Gebäudebestand zusammengewichtet, wodurch die durchschnittlichen Effizienzparameter erhalten wurden.

Die Gleichung für den Haushaltssektor hat dann folgende Form:

$$(5a) \ln(ENTO_i) = F(\ln(\sum_{\tau} \text{EFF}_{\tau} * \text{NF}_{\tau}), \ln(\text{PETO}_i), \ln Z_i)$$

mit i : Haushalte und τ : Bauperiode

wobei EFF die Effizienzparameter und NF die entsprechenden Nutzflächen sind.

Im Pkw-Verkehr wurde vom Datenstock des Verkehrsmodells der TU Graz ausgegangen. Der Fahrzeugbestand wird wie der Wohnungsbestand in einer *stock-adjustment*-Gleichung bestimmt, dabei erwies sich jedoch nur der Anpassungsterm erster Ordnung als signifikant:

$$(7) \ln(\text{FA}_t) - \ln(\text{FA}_{t-1}) = \alpha_K + \gamma_K \ln(\Theta) - \tau_1 \ln(\text{FA}_{t-1})$$

Die Variable Θ hat hier ebenfalls zwei Ausprägungen, nämlich den realen privaten Konsum (der vom verfügbaren Einkommen abhängt) und den Durchschnittspreis für Treibstoffe (gewichtet mit Diesel- und Benzin-Verbrauchsanteilen). Letzteres bewirkt eine Rückwirkung der Veränderung bei den Treibstoffpreisen auf die Akkumulation von Fahrzeugen. Ein weiterer wichtiger Schritt ist die Aufteilung des gesamten Fahrzeugbestandes auf Benzin-Pkw, Diesel-Pkw und sonstige Pkw (Elektro-

und Solarmobile, Flüssiggas-Pkw). Die sonstigen Pkw werden völlig exogen festgelegt und müssten in Zukunft auch Pkw mit Brennstoffzelle enthalten. Der Anteil der Diesel-Pkw wurde mithilfe einer logistischen Funktion angenähert, die ebenfalls zur Prognose verwendet werden kann.

Die Energienachfrage des Pkw-Verkehrs wurde dann für Benzin (BN) und Diesel (DS) getrennt in Form des jährlichen Verbrauches pro Fahrzeug (FA) geschätzt. Dieser jährliche Verbrauch ist das Produkt von Durchschnittsverbrauch pro 100 km (AVBN, AVDS) des Verkehrsmodells der TU Graz und der Anzahl der gefahrenen Kilometer ist. Letztere wurde nicht explizit in das Modell eingeführt, sondern als von den Preisen (PEBN, PEDS) abhängig spezifiziert und in die ursprüngliche Gleichung substituiert, woraus sich ergibt:

$$(5b) \ln(ENBN/FABN) = F(\ln(AVBN), \ln(PEBN))$$

$$(5c) \ln(ENDS/FADS) = F(\ln(AVDS), \ln(PEDS))$$

Die wesentliche Neuerung in DAEDALUS III gegenüber früheren Modellversionen besteht darin, dass die Nachfrage nach elektrischer Energie nicht mehr in einem Bündel mit Kohle, Ölprodukten und Gas mit entsprechenden Substitutionseffekten erklärt wird, sondern, dass elektrische Energie auf höherem Aggregierungsniveau als eigener Energieträger behandelt wird, der gegen alle anderen Energieformen substituiert werden kann.

Für alle Sektoren wurden Funktionen zur Erklärung des Anteils elektrischer Energie an der Gesamtenergie geschätzt, und zwar einmal in logarithmischer Form (6(a)) und einmal in semilogarithmischer Form (6(b)) in Anlehnung an das "Almost Ideal Demand System" von Deaton, Muellbauer (vgl. dazu: *Kratena – Wüger, 1998*). Diese Spezifizierung hat den Vorteil, dass alle Elastizitäten nicht konstant, sondern indirekt proportional zum Anteil $ENEL_i/ENTO_i$ sind. Für das Modell wurden dann jeweils die Gleichungsformen mit dem höheren Erklärungsgrad ("equation fit") ausgewählt.

$$(6a) \ln(ENEL_i/ENTO_i) = F(\ln(ENTO_i), \ln(PEEL_i/PEFO_i), \ln Z_i)$$

$$(6b) ENEL_i/ENTO_i = F(\ln(ENTO_i), \ln(PEEL_i/PEFO_i), \ln Z_i)$$

3.2.2 Substitution zwischen fossilen Energieträgern

Bei der Aufspaltung der fossilen Energie wurde in DAEDALUS III nun von Translog-Funktionen mit Fernwärme und Biomasse als fixe Faktoren auf Generalized Leontief Funktionen mit lediglich den variablen Faktoren Kohle, Ölprodukte (ohne Treibstoffe), Gas (Naturgas, Gichtgas, Kokereigas) umgestellt. Die ursprüngliche Generalized Leontief-Kostenfunktion geht auf *Diewert (1971)* zurück. Die variablen Gesamtkosten für fossile Energie in jedem Sektor, ECFO, hängen vom Output (der Gesamtmenge fossiler Energie, ENFO) und den Preisen ab.

Daraus lassen sich Nachfragefunktionen für Kohle, Ölprodukte und Gas in Form der Mengenteile ENKO/ENFO, ENDO/ENFO und ENGA/ENFO ableiten, die jeweils von den relativen Preisen abhängen. Teilweise mussten Parameterrestriktionen vorgegeben werden, um statistisch signifikante, negative Eigenpreiselastizitäten zu erhalten.

Die aus der Generalized Leontief-Kostenfunktion abgeleiteten Nachfragegleichungen für Kohle, Ölprodukte (ohne Treibstoffe) und Gas (Naturgas, Gichtgas, Kokereigas) haben folgende Form:

(8)

$$\text{ENKO/ENFO} = \alpha_{\text{KO}} + \beta_{\text{KO,DO}}(\text{PDO/PKO})^{1/2} + \beta_{\text{KO,G}}(\text{PG/PKO})^{1/2} + \beta_{\text{KO,t}}t^{1/2} + \gamma_{\text{KO,t}}t$$

$$\text{ENDO/ENFO} = \alpha_{\text{DO}} + \beta_{\text{KO,DO}}(\text{PKO/PDO})^{1/2} + \beta_{\text{DO,G}}(\text{PG/PDO})^{1/2} + \beta_{\text{DO,t}}t^{1/2} + \gamma_{\text{DO,t}}t$$

$$\text{ENG/ENFO} = \alpha_{\text{G}} + \beta_{\text{KO,G}}(\text{PKO/PG})^{1/2} + \beta_{\text{DO,G}}(\text{PDO/PG})^{1/2} + \beta_{\text{G,t}}t^{1/2} + \gamma_{\text{G,t}}t$$

Zusätzlich zu den Preisen bestimmt auch ein deterministischer Trend t die Entwicklung der Energieträger. Die Parameterrestriktionen sind hier bereits in Form der sich in den einzelnen Gleichungen wiederholenden Parameter $\beta_{\text{KO,DO}}$, $\beta_{\text{DO,G}}$ und $\beta_{\text{KO,G}}$ vorgegeben.

3.3 Energetischer Gesamtverbrauch und CO₂-Emissionen

Die Technologien der Umwandlungsvorgänge im Energiebereich werden mit unterschiedlichen Methoden modelliert. Die Gesamtstruktur der Energieumwandlung ist in DAEDALUS III durch ein *Input-Output-Modell der Energieumwandlung* (vgl.: Lager – Musil – Skolka, 1983, Miller – Blair, 1985) gegeben, was auch den Konnex zur Energiebilanz und zur Berechnung der energetisch verursachten CO₂-Emissionen ergibt (für eine detaillierte Beschreibung, siehe Kratena, 1999A). Das Input-Output-Modell gibt somit den Rahmen der Definitionsgleichungen vor und kann als offenes Modell gesehen werden, in dem bei gegebener Endnachfrage und gegebenen Strukturen auf der Output- und Inputseite die Gesamtnachfrage berechnet werden kann.

Eine zweite Stufe dieses Modells besteht in der Modellierung der die Struktur und die Technologie der Energiewirtschaft abbildenden Koeffizienten, sodass diese variabel gestaltet werden. Die Wahl der Technologie der Umwandlungsvorgänge hängt dann bei gegebenen Endnachfragepreisen von den jeweiligen Erzeugungskosten ab. Es gibt für Österreich derartige Modelle des Energiesystems (z. B. MESSAGE, siehe dazu E.V.A., 1998), in denen die Methode der linearen Optimierung innerhalb gegebener Technologie-Kataloge angewandt wird.

In DAEDALUS III wird demgegenüber das Konzept von Input-Output-Modellen mit variablen technischen Koeffizienten weiterverfolgt, wo Produktionsfunktionen, die Substitution zulassen, in eine Input-Output-Struktur eingebaut werden, wodurch ein einem Allgemeinen Gleichgewichtsmodell sehr ähnliches Modell entsteht.

Das Input-Output-Modell der Energieumwandlung unterscheidet *Umwandlungsvorgänge der Energieumwandlung* und *Energieträger*, die in diesen Umwandlungsvorgängen produziert und wiederum verbraucht werden. Die Umwandlungsvorgänge sind: Kokerei, Hochofen, Raffinerie, Fernwärme, Wärmekraft (EVU) und Wärmekraft (Industrie). Bei diesen Umwandlungsvorgängen wird der für die Umwandlung relevante Energieverbrauch, an den mit den entsprechenden Emissionsfaktoren die CO₂-Emissionen angehängt werden können, erhoben.

Das bedeutet, dass die CO₂-Prozessemissionen, die in ebendiesen gleichen Sektoren entstehen (Raffinerie, Hochofen, Kokerei) nicht Gegenstand des Modells sind, was wiederum dem Konzept der Energiebilanz und der Erhebung der energetisch bedingten CO₂-Emissionen entspricht. Bei der Kokerei wird der Steinkohleeinsatz zur Verkokung und Erzeugung von Kokereigas als CO₂-relevanter Brennstoffeinsatz erfasst. Beim Hochofen wird dem Ausstoß an Gichtgas ein "hypothetischer" Brennstoffeinsatz von Koks zugerechnet, der restliche Kokeinsatz wird der Erzreduktion zugeschlagen und ist in der Energiebilanz im energetischen Endverbrauch des Sektors Eisen und NE-Metalle enthalten.

Im Bereich der Stromerzeugung kommt den exogen vorzugebenden "Market-shares"-Koeffizienten große Bedeutung zu, d. h. wie die heimische Erzeugung in Wasserkraft, Wärmekraft (Industrie) und Wärmekraft (EVU) aufgespalten wird. Die Use Matrix des Systems enthält den Energieinput in Umwandlungsvorgängen nach Energieträgern und hat als Zeilensumme den Umwandlungseinsatz. Daraus lässt sich die Matrix der technischen Koeffizienten berechnen, die die Umwandlungstechnologien beschreibt. Die Koeffizienten dieser Matrix können dargestellt werden als inverse Wirkungsgrade (1/Wirkungsgrad). Die kombinierte Erzeugung von Strom und Wärme (KWK) kann nur über das Input-Output-Modell als Kuppelproduktion beschrieben werden. Die Darstellung von KWK als eigener Prozess ist durch das Konzept der Energiebilanz nicht möglich, es kann lediglich die Produktion von Strom und Wärme in einem Umwandlungsvorgang und der Input von Brennstoffen für beides modellmäßig dargestellt werden.

Die beiden zentralen Gleichungen (in Matrizen Schreibweise) beschreiben den Umwandlungseinsatz, $U(e)$, die inländische Erzeugung nach Energieträgern, $QD(e)$ und nach Umwandlungsvorgängen $QA(m)$:

$$(9) A(e,m) * QA(m) = U(e)$$

$$(10) C(m,e) * QD(e) = QA(m)$$

Dabei ist $C(m,e)$ die "Market shares"-Matrix und $A(e,m)$ die Matrix der technischen Koeffizienten mit jeweils (m) Umwandlungsvorgängen und (e) Energieträgern.

Eine Vertiefung des Input-Output-Modells im Sinne eines Modells mit endogenen Koeffizienten von $A(e,m)$ erfolgt in DAEDALUS III im Bereich der Stromerzeugung. Dabei werden wie in Considine (2000) aus einer Generalized Leontief-Kostenfunktion abgeleitete Nachfragefunktionen verwendet. Die Anteile von Kohle, Öl und Gas am Input der kalorischen Stromerzeugung werden daher ana-

log zu Gleichung (8) bestimmt, zusätzlich zum deterministischen Trend t hat auch der Kapitalstock (Engpassleistung in MW) einen Einfluss, was Größenvorteile messen soll.

Der energetische Endverbrauch stammt aus dem in den Abschnitten 1.1. und 1.2. beschriebenen Modellblock. Die Importe sind durch exogene Importanteile gegeben, die Lagerveränderungen durch exogene Lagerquoten. Aus dem energetischen Endverbrauch und dem nach Umwandlungsvorgängen berechneten Saldo aus Umwandlungseinsatz und Umwandlungsausstoß lassen sich die energetisch bedingten CO₂-Emissionen berechnen.

Die Darstellung der CO₂-Emissionen erfolgt im energetischen Endverbrauch nach Sektoren und im Umwandlungseinsatz nach den Umwandlungsvorgängen. Hier ist nochmals darauf hinzuweisen, dass diese energetisch bedingten CO₂-Emissionen nicht direkt mit der Emissionsinventur des Umweltbundesamtes (UBA) verglichen werden können (siehe *Ritter – Poupa – Waitz, 2001*). Die energetisch bedingten CO₂-Emissionen machen nur einen Teil der gesamten CO₂-Emissionen aus und die zugrundeliegenden statistischen Einheiten sind grundsätzlich verschieden zwischen der Energiebilanz und der Emissionsinventur. Letztere orientiert sich an Anlagen, die nach dem SNAP-Code erfasst werden, während die Energiebilanz am Energieeinsatz der Betriebe der Konjunkturerhebung (früher: Industriestatistik) anknüpft. Die Emissionsinventur erfasst sektoral sowohl energetisch bedingte als auch prozessbedingte CO₂-Emissionen.

Die österreichische Energiebilanz kommt dem IPCC-Konzept der nationalen Nichterfassung der durch den internationalen Flugverkehr verursachten CO₂-Emissionen dadurch entgegen, dass lediglich 10% des im Inland in Verkehr gebrachten Flugtreibstoffes als emissionsrelevant angesetzt wird. Dieser Anteil beruht auf Auswertungen der Flugcontrol GmbH und repräsentiert den Anteil des nationalen Flugverkehrs.

3.4 Datengrundlagen für DAEDALUS III

Das Kernstück des Datensatzes für DAEDALUS III sind die sektoralen Energieeinsätze in Mengen- und Werteinheiten, die im wesentlichen von STATISTIK AUSTRIA und vom WIFO selbst stammen.

Die sektoralen Energieeinsätze in Mengeneinheiten basieren auf den Energiebilanzen von WIFO und Statistik Austria, wobei zunächst von den revidierten Energiebilanzen 1993/1999 von Statistik Austria ausgegangen wurde (siehe *Bittermann, 2000*). In diesen wurde das Konzept gegenüber früheren Energiebilanzen vor allem bei erneuerbarer Energie geändert und darüber hinaus wurden auch Zusatzinformationen, die in Pilotstudien z. B. zur Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in Statistik Austria gewonnen wurden, eingearbeitet. Das betrifft wiederum hauptsächlich erneuerbare Energieträger. Das WIFO hat dann im weiteren, soweit Daten detailliert dafür vorliegen, diese Änderungen auf die ursprünglichen WIFO-Energiebilanzen 1970/1992 angewandt und diese neu be-

rechnet. Dadurch entstand ein gemeinsam akkordierter Datenstock der aggregierten Energiebilanzen für die gesamte Periode 1970/1999²⁾.

Für die sektoralen Energiebilanzen in NACE basierten Wirtschaftszweigen standen von Statistik Austria Daten für 1996/1999 zur Verfügung. Aus den Ergebnissen der Nichtlandwirtschaftlichen Bereichszählung 1955 war darüber hinaus der Energieeinsatz in Betriebssystematik 1968 (BS68) und in NACE verfügbar, woraus eine Umschlüsselungsmatrix erstellt werden konnte. Diese Matrix wurde im WIFO auf den ursprünglichen Datensatz der sektoralen Energiebilanzen 1970/1995 von Statistik Austria, die BS 68 basierte Wirtschaftszweige enthalten, angewandt. Für die Periode 1993 bis 1995 wurde der dabei entstehende Datenstock nochmals in Kooperation zwischen Statistik Austria und WIFO auf Plausibilität geprüft. Das Gesamtergebnis sind sektorale Energiebilanzen von 1970/1999 in der Gliederung von NACE basierten Wirtschaftszweigen.

Das neue Konzept der aggregierten Energiebilanzen (Bittermann (2000)) trennt im industriellen Bereich detailliert zwischen den Energieträgern "brennbare Abfälle" und "biogene Brenn- und Treibstoffe". Im Bereich der erneuerbaren Energieträger wird weiters unterschieden zwischen Wind und Photovoltaik einerseits (auch um die Erreichung der EIWOG-Ziele statistisch überprüfbar zu machen, siehe *Bittermann, 2000*) und dem zusammengefassten Energieträger "Umgebungswärme" andererseits. Dieser Energieträger enthält: Wärme aus Wärmepumpen, thermische Solarenergie und Geothermie. Bei diesen Komponenten ist wiederum genau zwischen der Verbuchung einzelner Teile im energetischen Endverbrauch und im Umwandlungseinsatz zu unterscheiden.

Thermische Solarenergie und Wärme aus Wärmepumpen wird vollständig dem energetischen Endverbrauch zugerechnet, bei der Wärme aus Wärmepumpen wird der entsprechende Verbrauch von elektrischer Energie abgeschätzt und vom energetischen Endverbrauch in den Verbrauch des Sektors Energie/Zeile "Elektrischer Strom" umgebucht. Bei Geothermie-Kraftwerken wird Geothermie (= Energieträger "Umgebungswärme") als Umwandlungseinsatz zur Erzeugung von Wärme (= Energieträger "Fernwärme") eingesetzt. Diese Konzepte der Energiebilanz sind bei der Berücksichtigung der Forcierung von erneuerbarer Energie in einzelnen Szenarien jeweils immer mit zu bedenken.

Bei den sektoralen Energieeinsätzen in Werteinheiten standen als Quellen Vollerhebungen von Statistik Austria in der sektoralen Gliederung der Energiebilanz (für die Basisjahre 1983, 1985 und 1988), sowie eine laufende Zeitreihe von durchschnittlichen Energiepreisen für die Sachgütererzeugung und die Verbraucherpreise (VPI) für Energie zur Verfügung.

²⁾ Dieser Datenstock steht in Form von Excel-Files auf Datenträger zur Verfügung und kann beim WIFO bezogen werden.

Aus den Vollerhebungen der Basisjahre wurden sektorale Preisunterschiede ("spreads") bei den Energiepreisen berechnet, überdies wurden Trends der Veränderung dieser "spreads" abgeleitet. Diese Informationen zu den "spreads" wurden mit den laufenden Zeitreihen der Preisinformationen für die Sachgütererzeugung und die privaten Verbraucher verknüpft. Die Verbraucherpreisveränderungen wurden dabei auf die Haushalte und den Dienstleistungssektor angewandt, die Preisveränderungen in der Sachgütererzeugung auf die Industrie-Sektoren und die kalorische Stromerzeugung.

4. Annahmen für das "Baseline"-Szenario

Im Folgenden werden die wesentlichen Annahmen für die Festlegung der exogenen Variablen für DAEDALUS III dargestellt und begründet. Dabei wird weitestgehend auf zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie publizierte Literatur und die Expertise der österreichischen Energiewirtschaft zurückgegriffen³⁾ und der Versuch unternommen, aus mehreren gleich wahrscheinlichen Entwicklungspfaden für Rahmenbedingungen die Auswahl gewisser Entwicklungspfade für ein "Baseline"-Szenario zu begründen. Die Auswahl der Annahmen ist taxativ, d. h. alle sonstigen in Abschnitt 3 präsentierten Ergebnisse sind durch das Modell endogen generiert und nur von den in diesem Abschnitt dargestellten Annahmen abhängig. Eine Evaluierung der Ergebnisse kann daher immer nur unter Berücksichtigung dieses Aspektes vorgenommen werden.

4.1 Energiepreise und nicht fossile Energie im Endverbrauch

Der erste Schritt zur Bestimmung des energetischen Endverbrauches in DAEDALUS besteht in der Ermittlung der Preispfade für Kohle, Öl, Gas und elektrischen Strom jeweils für die 8 Sektoren der Sachgütererzeugung und für die Dienstleistungen und Haushalte andererseits.

Diese 4 Preise für jeweils beide Obergruppen von Sektoren (Sachgütererzeugung, Dienstleistungen/Haushalte) werden dann mithilfe von konstanten Faktoren ("spreads"), die die sektorale Preisdifferenzierung messen, auf die einzelnen Sektoren aufgeteilt. Direkt exogen ist lediglich der Rohölpreis für Brent. Für das "Baseline"-Szenario stellt sich daher zunächst die Frage, welchen Preispfad man mittelfristig beim Rohölpreis für realistisch hält.

Als zentrale Faktoren für die Entwicklung der Ölpreise lassen sich identifizieren:

1. Spekulative Bewegungen auf den Ölmärkten
2. Die Marktmacht der OPEC
3. Reaktionsmuster des Nicht-OPEC-Angebotes
4. Mittelfristige Entwicklung der Reserven

Diese Faktoren wirken alle auf der Angebotsseite, was darin begründet ist, dass die Nachfrage kurzfristig relativ unelastisch reagiert. Zur Analyse der spekulativen Bewegungen wäre der Spotmarkt im Vergleich zum Futures-Markt zu untersuchen und das Verhalten neu am Welt-Ölmarkt auftretender Akteure (US-amerikanische Pensionsfonds) zu betrachten. Die spekulativen Bewegungen der letzten Jahre sind hauptsächlich im Bereich der Lagerhaltungspolitik der Erdölverarbeiter zu finden und haben – gegeben eine gewisse OPEC Politik – starke kurzfristige Schwankungen der

³⁾ Die Autoren möchten sich an dieser Stelle für wertvolle Informationen von Herrn Ing. Ernst (OMV), von Mitarbeitern des Fachverbandes der Erdölindustrie, des Fachverbandes der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen und der Verbundgesellschaft herzlich bedanken.

Kapazitätsauslastung und der Margen für Raffinerien zur Folge gehabt. Insofern kann die Beurteilung eines Teiles der Marktbeobachter, dass die Entwicklungen auf den Produktenmärkten den Ölpreis determiniert haben, geteilt werden.

Der Rohölpreis für Brent (Österreich) ist im Jahresdurchschnitt 2000 bei ca. 28,4 \$ je Barrel gelegen. Es zeigt sich, dass für eine über einige Wochen hinausgehende Einschätzung der Entwicklung der Ölpreise eine Einschätzung des Zusammenwirkens des Angebots der OPEC mit allen anderen Anbietern entscheidend ist.

Der neueste "World Energy Outlook 2000" der IEA geht langfristig von einem nicht unbeträchtlichen Wachstum der weltweiten Nachfrage nach Erdöl aus (1,9% pro Jahr im Durchschnitt der Periode 1997 bis 2020). Dieses Wachstum findet hauptsächlich in Ostasien, China und Lateinamerika statt, die Bedeutung des Erdöls für den Weltenergieverbrauch bleibt damit mit ca. 40% Anteil konstant. Die wesentliche Entwicklung, die die IEA mittelfristig auf der Angebotsseite erwartet, ist ein Rückgang der Nicht-OPEC-Produktion ab 2010.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Produktion in Nordamerika schon derzeit rückläufig ist und in Europa schon vor 2010 rückläufig sein wird. Zusätzliches Angebot im Nicht-OPEC-Bereich kommt aus den Transformationsländern und Lateinamerika. Das impliziert, dass im Nicht-OPEC-Bereich insgesamt betrachtet einerseits keine wesentlichen, neuen ausbeutbaren Reserven entdeckt werden und alte Ölfelder zunehmend unergiebig werden.

Die durch geologische Determinanten gestützte Theorie des Angebotes an Rohöl orientiert sich am Modell der "Hubbertschen Glockenkurve" (siehe dazu: *Schindler – Zittel, 2000*). Diese Theorie geht vom Potential eines einzelnen Ölfeldes aus. In der Praxis sind es jedoch noch andere Faktoren, die das tatsächliche Angebot bestimmen, nämlich die ökonomische determinierten Investitionen in Exploration und die technologischen Fortschritte in der Exploration. Gerade letztere haben dazu geführt, dass die Kostenkurve der Ölexploration mittelfristig sinkt. Der "potential output" des Welt-Ölmarktes ist daher nicht einfach als Summe der "Hubbertschen Glockenkurven" der einzelnen Ölfelder gegeben. Vielmehr muss insgesamt ein absinkender Ast der gesamten Kurve angenommen werden, der durch Entdeckung neuer Ölreserven gestreckt wird und der von der tatsächlichen Ausbeutung und Exploration abhängt (vgl. dazu: *Knoedel, 2000*).

Entscheidend für den Welt-Ölmarkt ist die Frage, wann das Produktionsmaximum des Nicht-OPEC-Bereiches erreicht ist und in welchem Ausmaß die Produktion danach zurückgeht. Das wird unter Geologen diskutiert, wobei die "pessimistische" Perspektive (*Campbell, 1997*) davon ausgeht, dass schon im Jahr 2001 dieses Produktionsmaximum erreicht ist.

Die andere Perspektive wird durch den neuesten "World Energy Outlook" der IEA repräsentiert. Darin wird die Angebotsseite nicht ausschließlich von der Reservenlage, sondern auch von ökonomischen Faktoren bestimmt. Steigende Produktion wird im neuesten "World Energy Outlook" der IEA außerhalb von Nordamerika und Europa erwartet, vor allem in den Transformationsländern.

Auswirkungen auf die Politik der OPEC sind erst dann zu erwarten, wenn die Erwartungen der Erreichung des Produktionsmaximums außerhalb der OPEC in das Bewusstsein der Marktteilnehmer vorgedrungen sind. Zusammen mit dieser Entwicklung wird ein anderer wichtiger psychologischer Schwellenwert für die OPEC Politik erreicht, nämlich ein Marktanteil von 50%. Gemäß IEA wird das nach 2010 eintreten. Gleichzeitig unterstellt die IEA, dass der Marktanteil danach weiter bis auf 54% ansteigen wird.

Diese von der IEA prognostizierte Entwicklung impliziert bereits eine gewisse OPEC Politik, die insgesamt im Zeitraum 1997 bis 2020 eine starke Ausweitung des OPEC Angebotes um jährlich durchschnittlich 3,2% bedeutet. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob das einer "optimalen" Politik im Sinne der Maximierung der Erlöse aus der Erdölförderung entspricht. Es ist plausibel anzunehmen, dass in einem Welt-Ölmarkt, in dem der jährliche Rückgang der Förderung im Nicht-OPEC-Bereich und die Nachfrageelastizitäten bekannt sind, die OPEC die Strategie eines Monopolisten zur Maximierung der Erlöse anstreben wird.

Massive Steigerungen des OPEC Marktanteils in einem Szenario mit rückläufiger Nicht-OPEC-Förderung (im IEA "World Energy Outlook" die Periode 2010 bis 2020) erscheinen somit nicht plausibel, was auch den moderaten Preisfad im "World Energy Outlook" in Frage stellt.

Aus einer anderen Perspektive werden die auf globalen Angebots- und Nachfrageentwicklungen beruhenden Prognosen des Rohölpreises ("consensus forecasts") z. B. von der Goldman Sachs Energy Group kritisiert. Ein Vergleich der Ergebnisse derartiger Angebots-/Nachfrage-Prognosen mit der tatsächlichen Entwicklung zeigt, dass die Prognosen einen starken "bias" haben, d. h. in Phasen hoher Ölpreise wird das künftige Preisniveau überschätzt. Goldman Sachs Energy Group zeigen, dass in den letzten 15 Jahren der Trend der *realen* Ölpreise besser durch die Entwicklung der Kostenkurve der Exploration erklärt wird. Die Ausschläge des Rohölpreises können dadurch jedoch überhaupt nicht erklärt werden und die Trendbereinigung einer derart volatilen Zeitreihe wie des Ölpreises ist kein einfaches Unterfangen. Ein ökonomischer Faktor, der zusätzlich zu berücksichtigen wäre, ist das Zusammenspiel des OPEC und des Nicht-OPEC-Angebots.

Bezüglich der Verwendung der aktuellen Kurse auf den Futures-Märkten für Rohöl stellt sich die Frage der Verwendbarkeit im Sinne der Prognosefähigkeit in der Vergangenheit. Ein Blick auf die Entwicklung von Futures und aktuellem Preis in den letzten zehn Jahren zeigt jedenfalls, dass die Futures-Märkte auch nicht in der Lage sind, die hohe Volatilität des Rohölpreises zu erklären. Die momentane Entwicklung auf den Futures-Märkten lässt kurzfristig ein Preisniveau von 25 \$ pro Barrel erwarten.

Das Szenario des "World Energy Outlook" der IEA kann somit im Sinne eines mittleren Preispfades als Basis für ein "Baseline"-Szenario für Österreich dienen. Die Beobachtung der mittelfristigen Kostenkurve der Exploration – wie von der Goldman Sachs Energy Group vorgeschlagen – sowie die Betrachtung der Futures-Märkte scheint kaum geeignet, die durch die Strategie der Marktteure erfolgenden Preisbewegungen zu erklären. Nimmt man gewisse Zeitabschnitte aus der ge-

samtlichen historischen Zeitreihe heraus, dann scheinen diese Methoden den mittelfristigen Trend besser zu erklären als die auf Angebots- und Nachfragebetrachtung beruhenden "consensus forecasts" der IEA. Diese weisen – wie auch die IEA selbst in ihrem jüngsten World Energy Outlook zeigt – einen eindeutigen "bias" zugunsten der letzten Beobachtung auf, d. h. dass eine in einer Hochpreisphase erstellte Prognose die Preisentwicklung eher überschätzt.

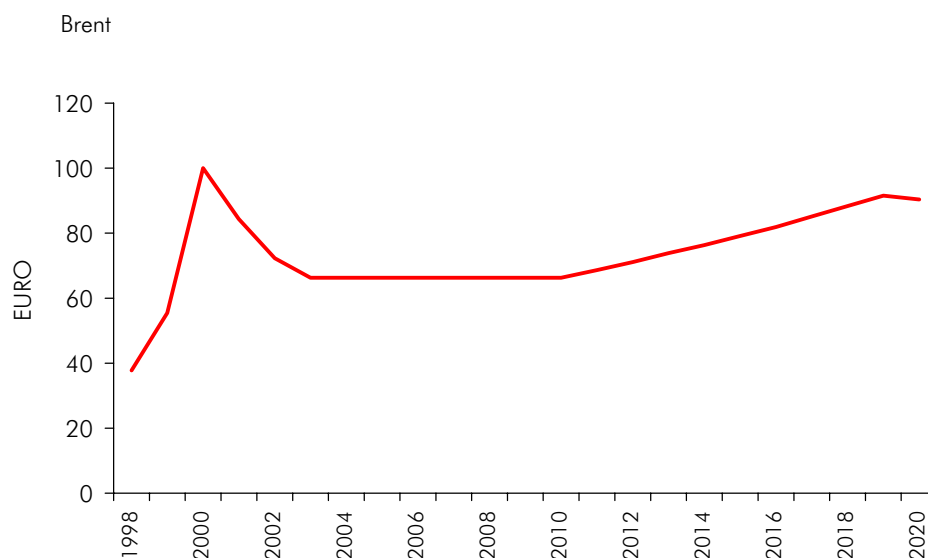
In der langfristigen Entwicklung unterstellt aber auch die IEA, dass die OPEC ihre marktbeherrschende Stellung bei hohen Marktanteilen und rückläufigem Angebot des Nicht-OPEC-Bereiches kaum ausnützen wird, was nur bedingt ökonomisch rationales Verhalten unterstellt. Diese Einschätzungen sprechen für das Szenario des "World Energy Outlook" der IEA als "mittlere" Variante.

Die Preisentwicklung im "World Energy Outlook" in \$ von 1990 wurde unter der Annahme eines Euro/Dollar-Kurses von 1 ab 2002 und einer Inflationsrate, wie sie dem Durchschnitt seit dem EU-Beitritt Österreichs entspricht (1,3%) in Euro von 1990 pro Barrel umgerechnet. Analog zu den Annahmen des "World Energy Outlook" sinkt der Ölpreis somit zunächst auf 16,5 € real (Basis 1990; entspricht einem nominellen Preisniveau von 21,2 \$) und steigt nach 2010 kontinuierlich bis 2020 auf ein Niveau von 22,5 € real (Basis 1990; entspricht einem nominellen Preisniveau von 36 \$) an. Kurzfristig (für 2001) wird aufgrund der Aussagen von Marktbeobachtern in Österreich noch von einem etwas höheren Ölpreisniveau ausgegangen; die 21 € real (Basis 1990) pro Barrel im Jahr 2001 entsprechen einem nominellen Preisniveau von 25 \$ pro Barrel zum gegenwärtigen Wechselkurs.

Übersicht 2: Entwicklung des Rohölpreises im "Baseline"-Szenario

	BRENT in Euro (1990)/bbl
1998	9,4
1999	13,8
2000	24,9
2001	21,0
2002	18,0
2003	16,5
2004	16,5
2005	16,5
2006	16,5
2007	16,5
2008	16,5
2009	16,5
2010	16,5
2011	17,1
2012	17,7
2013	18,4
2014	19,0
2015	19,7
2016	20,4
2017	21,2
2018	22,0
2019	22,8
2020	22,5

Abbildung 2: Entwicklung des Rohölpreises im "Baseline"-Szenario



Bei *allen* Energiepreisen wird die für 2000 im Verbraucherpreisindex enthaltene Information genutzt. Diese Entwicklungen enthalten bereits Effekte der Liberalisierung des Strommarktes für die Industrie und teilweise auch für die Haushalte. Zusätzliche Liberalisierungseffekte waren daher erst ab 2001 einzubauen. Für die Liberalisierung des österreichischen Strom- und Gasmarktes wurden die Ergebnisse der Modellgleichungen überschrieben, um Preissenkungseffekte des Liberalisierungsprozesses einzubauen. Das betrifft den Strompreis für Haushalte und den Gaspreis für Haushalte und Sachgütererzeugung. Subtrahiert man den quantitativ vorgegebenen Preiseffekt der Liberalisierung von den Veränderungsdaten der Ergebnisse im Baseline-Szenario, dann erhält man die "hypothetische" Preisveränderung ohne Liberalisierung.

Bei der Berechnung der Liberalisierungseffekte auf die Preise wurde folgendermaßen vorgegangen: Bei Gas wurde der Preiseffekt einfach mit $-2,5\%$ für die Haushalte und -5% für die Sachgütererzeugung angenommen⁴⁾. Nach 2001 folgt der Gaspreis für beide Verbrauchergruppen wieder der im Anhang dargestellten Preisgleichung.

Bei elektrischer Energie geht es darum, den kurzfristigen Liberalisierungseffekt für 2001 und den weiteren Preisverlauf in einem liberalisierten Markt zu bestimmen. Aufgrund der dann beschlossenen Voll liberalisierung wurden im WIFO intern Berechnungen durchgeführt, um den Preiseffekt für die Haushalte abschätzen zu können. Dabei wurde von den regionalen Verbrauchspreisen nach Landesversorgungsgebieten und den entsprechenden Netznutzungsgebühren ausgegangen, um den

⁴⁾ Die Lösung des Modells inklusive Liberalisierungseffekte erfolgt iterativ, in diesem Fall wurde abgebrochen, wenn die Preiseffekte $-6,8\%$ statt -7% und $-4,9\%$ statt -5% erreicht hatten.

aktuellen impliziten Erzeugerpreis im Haushaltssektor zu berechnen. Es wurde in Anlehnung an Angaben der Verbundgesellschaft angenommen, dass dieser Erzeugerpreis bei Voll liberalisierung um 15 bis 20 g/kWh auf maximal 45 g/kWh sinken werde. Daraus errechneten sich dann Preissenkungseffekte zwischen 8% und 13%.

Etwas weniger eindeutig lässt sich die Frage nach dem mittelfristigen Preispfad in einem liberalisierten Markt für Elektrizität beantworten. In der Literatur finden sich Ansätze, die sich mit verschiedenen preisrelevanten Aspekten im Zuge von Liberalisierung befassen und die hier in Form einer Synthese zusammengeführt werden sollen. Das prinzipielle Problem besteht darin, ein klares Bild von jenem Prozess zu zeichnen, der als Folge des "Liberalisierungsschocks" einsetzt.

Ganz kurzfristig ist ja davon auszugehen, dass Preiseffekte im Vorfeld oder zeitgleich mit dem Datum der Liberalisierung Unternehmensstrategien zur Verhinderung des Einstieges neuer Anbieter in den Markt darstellen und daher überzogen sind. Nach ein oder zwei Jahren setzt jedoch bereits ein Anpassungsprozeß der betroffenen Unternehmen ein, der Elemente von Steigerungen der Kosteneffizienz und aktive Unternehmensstrategien zur Umgehung des Wettbewerbs beinhalten kann. Dabei ist es besonders wichtig, zwischen dem Prozess der Marktöffnung einerseits und der aktiven Wettbewerbspolitik andererseits zu unterscheiden. Die relevante Marktform für Österreich (österreichische und deutsche Anbieter) stellt jedenfalls eine oligopolistische Marktform dar.

Andersson – Bergman (1995) zeigen für das Beispiel der schwedischen Voll liberalisierung, wie die Preise in Abhängigkeit von den Unternehmensstrategien im Oligopol differieren mit entsprechend diametral entgegengesetzten Ergebnissen, nämlich einmal mit gemäßigt niedrigeren Preisen (ca. –15%) und einmal mit massiv höheren Preisen (+36%). Das Ergebnis wird durch die stark konzentrierte Marktmacht auf der Anbieterseite in Schweden mit dem Unternehmen Vattenfall determiniert, das im Falle der Voll liberalisierung möglicherweise den billig zu erzeugenden Strom aus Wasserkraft und Kernenergie außerhalb des geöffneten Marktes (Exporte) absetzt. Es ist zu überlegen, inwieweit in diesem Aspekt Parallelen zur Situation der Verbundgesellschaft in Österreich bestehen. Die wichtigste Bedeutung für die Ergebnisse kommt der nationalen Wettbewerbspolitik und der Preiselastizität der Nachfrage (auch gemessen durch die Bereitschaft der Kunden, den Versorger zu wechseln) zu.

Considine (2000) zeigt mit einem Modell für die fossilen Stromerzeuger in den USA, dass in einem liberalisierten Markt bei "economies of scale" und Unterinvestition mittelfristig Anreize für Fusionen zur Konsolidierung des Sektors bestehen. Diese Konsolidierung geht wiederum Hand in Hand mit steigender Marktmacht, ein Aspekt, der weiter steigende Preise für elektrische Energie in den USA erwarten lässt. *Haas et al. (2000)* zeigen ebenfalls, wie sich der Erzeugerpreis (Großhandelspreis) für elektrische Energie mittelfristig wieder dem Niveau vor Liberalisierung annähern könnte, wobei die wesentlichen Argumente wiederum Unternehmensstrategien zur Wettbewerbsvermeidung (mergers & acquisitions) sind. Für verschiedene Szenarien von Marktformen und Regulierungsregimen

erhalten *Haas et al.* (2000) aber jedenfalls eine Preiskurve, die ein kurzfristiges Minimum im Zeitpunkt der Liberalisierung aufweist und danach wieder ansteigt.

Aus den angeführten Studien wurde der Schluss gezogen, dass nach den erfolgten kurzfristigen Liberalisierungseffekten jedenfalls wieder ein Prozess der steigenden Marktmacht mit Einschränkung der Erzeugungskapazitäten zu erwarten ist. Hier wurde angenommen, dass dieser Gegeneffekt sich auf die Perioden 2002 bis 2005 verteilt und ca. die Hälfte des Preiseffektes der Liberalisierung bei den Haushalten wieder wettmacht; für die Sachgütererzeugung wurde angenommen, dass der Preiseffekt der Liberalisierung permanent ist.

Übersicht 3: Preiseffekte der Energiemarkt-Liberalisierung (in %)

	2001	2002
Strompreis, Haushalte	-9,0	-
Gaspreis, Haushalte	-	-2,5
Gaspreis, Sachgütererzeugung	-	-5,0

Über die Entwicklung der nicht fossilen, exogenen Energieträger Biomasse und Fernwärme im Endverbrauch müssen ebenfalls Annahmen getroffen werden. Dabei sind soweit verfügbar Quellen heranzuziehen, die die Infrastruktur, die die langfristigen Trends bestimmt, mittelfristig vorausschätzen. Gleichzeitig muss abgeschätzt werden, in welchem Ausmaß die Entwicklung der Infrastruktur allein bereits den Verbrauch bestimmt.

Bei Fernwärme ist ein kontinuierlich steigender Anteil am Endverbrauch zu beobachten, wobei seit 1984 auch Biomasse-Heizwerke in der Energiebilanz erfasst werden. Für den Prognosezeitraum ist der Anteil aufgrund der Ausbaupläne der traditionellen Fernwärmewirtschaft und des Verbandes der Biomasse-Heizwerk-Betreiber fortzuschreiben. Gleichzeitig ist in diesem Bereich zu berücksichtigen, dass die Ausbaupläne lediglich die Infrastruktur bestimmen und ein gewisses Anschlusspotential generieren, das dem tatsächlichen Verbrauch zugeführt werden kann. Für die Relation dieser beiden Größen zueinander konnten von der Fernwärmewirtschaft keine konkreten Angaben gemacht werden. Für die vorliegende Studie wurde jedoch davon ausgegangen, dass ein höherer Ölpreis bei gleichem Ausbauplan einen höheren aktuellen Fernwärmeverbrauch generiert.

Bezüglich der Entwicklung der erneuerbaren Energieträger wird in Abstimmung mit den Ergebnissen eines Projektes der TU Wien (*Haas et al.*, 2001) zu einem "Business as Usual"-Szenario für erneuerbare Energieträger bis 2010 vorgegangen. Die darin enthaltenen Daten müssen gemäß der Struktur von DAEDALUS III in Verbrauch erneuerbarer Energie im Endverbrauch und zusätzlicher Umwandlungseinsatz erneuerbarer Energie aufgeteilt werden.

Im "Baseline"-Szenario wird bezüglich der Biomasse im Endverbrauch in allen Sektoren im wesentlichen von einer Fortsetzung der Trends ausgegangen. Das bedeutet im Bereich der Sachgüter (Papier, Holz, Chemie) ein im wesentlichen mit dem Outputniveau steigendes Verbrauchsniveau. Das deckt sich mit der Entwicklung von Einzelanlagen mit Hackschnitzel und Rinde in der Studie der TU Wien (*Haas et al*, 2001). Bei den Haushalten wurde ebenfalls in Übereinstimmung mit *Haas et al.* (2001) ein weiterer Rückgang der mit Biomasse befeuerten Einzelöfen angenommen. Gleichzeitig steigt im "Baseline"-Szenario die Anzahl der Pelletsheizungen an.

Das Tempo dieses Anstieges wird bestimmt durch die Geschwindigkeit der Diffusion dieser noch neuen Technologie und der Wettbewerbsfähigkeit gegenüber Heizsystemen mit Heizöl extra-leicht und Erdgas für Einfamilienhäuser. Letztere hängt hauptsächlich vom Preisniveau bei Ölprodukten und vom Erdgaspreis und damit bei gegebener Energiebesteuerung vom Rohölpreis ab. In Übereinstimmung mit den spezifischen Annahmen über diese Faktoren mit der Studie von *Haas et al.* (2001) wurde im "Baseline"-Szenario ein Rückgang der Biomasse im Endverbrauch in den Haushalten zwischen 2000 und 2010 um ca. 5.000 TJ angenommen.

Gleichzeitig kommt es zu einem Anstieg der Nachfrage nach Wärme aus erneuerbaren Energieträgern. Das betrifft zunächst Nahwärme aus Biomasse (Nahwärmenetze) und zusätzlich ausgekoppelte Nahwärme aus kombinierter Wärme- und Stromerzeugung aus Biomasse (Biomasse-KWK). Die entsprechenden Daten für den Zuwachs bis 2010 stammen aus *Haas et al.* (2001). Für den Endverbrauch waren diese Entwicklungen im Nahwärmebereich aus Biomasse nur insofern zu berücksichtigen, als sie durch den Gesamtwachstum an Fernwärme jedenfalls abgedeckt sein müssen, was bereits in einem ersten Schritt als erfüllt angesehen werden konnte.

Zusätzlicher Endverbrauch von erneuerbaren Energieträgern ist für die in *Haas et al.* (2001) enthaltenen Zuwächse bei Geothermie, Solarthermie und Wärmepumpen zu berücksichtigen. Das fließt beim Energieträger Umgebungswärme in das vorliegende "Baseline"-Szenario ein und wird entsprechend der Verteilung in den historischen Daten auf Dienstleistungen und Haushalte verteilt.

Übersicht 4: Erneuerbare Energie im energetischen Endverbrauch bis 2010

ENDVERBRAUCH, Zuwachs bis 2010
in GWh

Nahwärme Biomasse	1.300
Fernwärme, Geothermie	300
Fernwärme Biomasse KWK	220
Solarthermie	580
Wärmepumpe	800
Fernwärme	1.820
Umgebungswärme	1.380

Q: *Haas et al.* (2001).

Photovoltaik und Windenergie werden hier bereits als eigener Energieträger der zu 100% in den Umwandlungseinsatz geht adäquat der Wasserkraft ausgewiesen, d. h. der Input dieser Energieträger entspricht dem daraus erzeugten Strom, Umwandlungsverluste treten keine auf. Diese beiden Energieformen sind daher nicht mehr – wie in den Energiebilanzen bisher – unter Umgebungswärme subsummiert, sondern wie in *Bittermann* (2000) isoliert dargestellt.

Übersicht 5: Nichtfossile Energie nach Sektoren, in TJ

	2000	2005	INDUSTRIE 2010	2015	2020
Fernwärme	5.324	6.568	8.180	10.277	12.258
Biomasse	24.260	28.867	34.087	40.533	46.186
	2000	2005	Dienstleistungen 2010	2015	2020
Fernwärme	21.425	23.685	23.750	24.114	26.950
Umgebungswärme	2.557	3.263	4.165	5.315	6.784
Biomasse	7.869	8.795	9.317	9.929	10.888
	2000	2005	HAUSHALTE 2010	2015	2020
Fernwärme	15.326	18.767	20.871	23.215	26.962
Umgebungswärme	4.189	5.527	7.293	9.622	12.696
Biomasse	72.886	70.811	68.158	64.792	61.428

4.2 Ökonomische Rahmenbedingungen

Die wesentlichen ökonomischen Rahmenbedingungen stammen aus einer mittelfristigen Prognose mit dem Modell MULTIMAC III des WIFO (*Biffi – Kratena, 2000*). Diese Prognose umfasst 32 Wirtschaftszweige. Die Ergebnisse wurden – soweit das möglich war – mit Experten diskutiert und mit anderen sektoralen Einzelprognosen abgestimmt. Das WIFO nimmt außerdem als Mitglied eines Netzwerkes europäischer Forschungsinstitutionen an der Erstellung der jährlichen Publikation EUROPEAN SECTORAL PROSPECTS für alle EU-Länder teil, in deren Rahmen ebenfalls sektorale Prognosen für Österreich (derzeit bis 2004) erarbeitet werden.

Im folgenden sind die für den Energieverbrauch besonders relevanten Outputveränderungen der Sachgütererzeugung dargestellt. Die Veränderungsdaten implizieren weiterhin massive Strukturveränderungen in der österreichischen Wirtschaft.

Übersicht 6: Bruttoproduktionswert (zu Preisen 1983) der Sachgütererzeugung

Veränderungsrate in %

	2000/2005	2005/2010	2010/2015	2015/2020
Eisen und Nicht-Eisen-Metalle	+ 1,4	+ 1,0	+ 0,9	+ 0,8
Stein- und Glaswaren	+ 0,7	+ 0,4	+ 0,1	- 4,2
Chemie	+ 3,3	+ 1,9	+ 1,1	+ 1,1
Metallerzeugnisse	+ 1,2	+ 0,4	± 0,0	- 3,0
Maschinenbau	+ 1,5	- 0,8	- 2,7	- 1,3
Büromaschinen	+17,8	+ 9,3	+ 7,8	+ 6,6
Elektrotechnische Einrichtungen	+ 4,5	+ 3,4	+ 3,1	- 0,1
Fahrzeugbau	+ 2,9	+ 2,2	+ 2,1	+ 6,1
Nahrungs- und Genussmittel, Tabak	+ 0,2	± 0,0	- 0,3	- 0,6
Textilien, Bekleidung, Schuhe	- 3,1	- 4,7	- 6,8	-10,5
Papier und Pappe, Druckerei	+ 4,2	+ 3,4	+ 3,3	+ 3,3
Gummi- und Kunststoffwaren	+ 1,0	- 0,2	- 1,6	- 1,8
Sonstige Sachgüterproduktion	+ 3,3	+ 2,5	+ 2,2	+ 5,0

Die sich aus dieser Prognose mit MULTIMAC III ergebende Entwicklung des realen Bruttoinlandsproduktes (BIP) als Summe der Wertschöpfung aller Wirtschaftszweige (ohne Mehrwertsteuer und Importabgaben) ist in Übersicht 7 dargestellt. Die entsprechende BIP-Veränderungsrate lässt sich nur bedingt mit jener der kurzfristigen gesamtwirtschaftlichen Prognose des WIFO vom Dezember 2000 vergleichen.

Übersicht 7: BIP ohne Steuern (zu Preisen 1983)

		WIFO-Prognose	
1999	1.787.832	2,9	2,8
2000	1.857.278	3,9	3,3
2001	1.905.888	2,6	2,6
2002	1.950.170	2,3	2,8
2003	1.989.522	2,0	
2004	2.031.278	2,1	
2005	2.073.650	2,1	
2006	2.116.287	2,1	
2007	2.159.286	2,0	
2008	2.202.738	2,0	
2009	2.246.822	2,0	
2010	2.291.408	2,0	
2011	2.336.560	2,0	
2012	2.382.328	2,0	
2013	2.428.750	1,9	
2014	2.475.858	1,9	
2015	2.523.680	1,9	
2016	2.572.378	1,9	
2017	2.621.760	1,9	
2018	2.671.835	1,9	
2019	2.725.000	2,0	
2020	2.779.500	2,0	

Die Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung, die der WIFO-Prognose vom Dezember 2000 zugrunde liegen, sind nach dem ESGV 1995 erstellt mit der Realrechnung zu Preisen 1995. Dennoch zeigt sich in der kurzen Frist (bis 2002) kein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Prognosen.

Bezüglich der Bevölkerungsentwicklung wurde von der mittleren Variante der neuen Bevölkerungsvorschau von STATISTIK AUSTRIA bis 2020 ausgegangen (*Statistische Nachrichten*, 12/2000). Diese weist ein etwas höheres Bevölkerungswachstum aus als zuletzt (in der Version vom Mai 2000), das wiederum um 2010 mit ca. 8.000 Personen Zuwachs pro Jahr ein Minimum erreicht und danach wieder auf beinahe 10.000 Personen Zuwachs pro Jahr ansteigt. Dieser Entwicklungspfad hat direkte Auswirkungen auf den Pfad des gesamten Wohnungsbestandes.

Neben den allgemeinen ökonomischen Rahmenbedingungen mussten auch noch Annahmen im Bereich des Wohnungsbestandes und zur Veränderung der Effizienz des Kapitalstockes in den Bereichen "Wohnen" und "Pkw-Verkehr" getroffen werden. Beim Wohnungsbestand wird im wesentlichen eine Fortsetzung des Trends bezüglich Abschreibung des Altbestandes und Erhöhung der durchschnittlichen Nutzfläche im Neubau angenommen.

Übersicht 8: Entwicklung der Wohnbevölkerung (in 1.000)

1999	8.092
2000	8.110
2001	8.123
2002	8.136
2003	8.148
2004	8.158
2005	8.168
2006	8.178
2007	8.186
2008	8.195
2009	8.203
2010	8.211
2011	8.219
2012	8.228
2013	8.236
2014	8.245
2015	8.254
2016	8.263
2017	8.272
2018	8.282
2019	8.291
2020	8.300

Für die Effizienzparameter des Wohnungsbestandes (siehe Abschnitt 1.2.1.) wurden Annahmen über die Entwicklung bis 2020 getroffen. Der Datensatz des Oberösterreichischen Energiesparverbandes bot Anhaltspunkte für die Effizienzparameter des mittleren Gebäudebestandes

(1945/1980) vor und nach Sanierung. Generell finden sich in verschiedenen Quellen Anhaltspunkte dafür, dass der Stand der Technik im Wohnbau eine Verringerung des (technologisch bedingten) spezifischen Energieverbrauches auf 60 kWh/m² erlaubt. Dieser Wert wurde noch durch Zuschätzungen für den Warmwasserverbrauch und sonstige Verluste auf ca. 80 kWh/m² angehoben und als der relevante Zielwert für Neubau und Sanierung festgesetzt.

In diesem Sinne wurden dann unter der Annahme einer Sanierungsrate von 0,5% die Effizienzparameter für die Bauperioden "1945 bis 1980" und "ab 1981" bis 2020 fortgeschrieben. Im Modell wird der Endverbrauch des Haushaltssektors durch die Effizienzparameter, die Heizgradtage und die Energiepreise (Nutzerverhalten) bestimmt.

Übersicht 9: Thermische Gebäudequalität (kWh/m²) unter der Annahme einer thermischen Sanierungsrate von 0,5% im Bestand 1945/1980

	Sanierete Gebäude		kWh / m ²	
	In %	Vor 1944	1945/1980	Nach 1981
1999	0,100	200	217	129
2000	0,105	200	216	127
2001	0,110	200	216	125
2002	0,115	200	215	122
2003	0,120	200	214	120
2004	0,125	200	214	118
2005	0,130	200	213	116
2006	0,135	200	213	113
2007	0,140	200	212	111
2008	0,145	200	211	109
2009	0,150	200	211	106
2010	0,155	200	210	104
2011	0,160	200	209	102
2012	0,165	200	209	100
2013	0,170	200	208	97
2014	0,175	200	207	96
2015	0,180	200	207	96
2016	0,185	200	206	96
2017	0,190	200	205	96
2018	0,195	200	205	96
2019	0,200	200	204	96
2020	0,205	200	203	96

Bezüglich des technisch determinierten durchschnittlichen Flottenverbrauches pro km bis 2020 wurden die Daten des Baseline-Szenarios der TU Graz verwendet. Beim Anteil der Dieselfahrzeuge wurde die logistische Funktion derart fortgeschrieben, dass der Dieselanteil im Bestand nicht auf über 50% ansteigen wird. Das folgt der Überlegung, dass sich mittelfristig eine neue, attraktive Generation von Benzinmotoren durchsetzen wird.

Übersicht 10: Flottenverbrauch, Pkw (2000 = 100)

	Diesel	Benzin
2000	100,0	100,0
2001	96,2	100,0
2002	96,2	96,4
2003	96,2	96,4
2004	92,3	96,4
2005	92,3	92,9
2006	92,3	92,9
2007	92,3	89,3
2008	88,5	89,3
2009	88,5	85,7
2010	88,5	85,7
2011	88,5	82,1
2012	84,6	82,1
2013	84,6	82,1
2014	84,6	78,6
2015	80,8	78,6
2016	80,8	78,6
2017	80,8	75,0
2018	80,8	75,0
2019	76,9	75,0
2020	76,9	71,4

4.3 Wärme- und Stromerzeugung

4.3.1 Liberalisierung der Energiemärkte

Die Liberalisierung des Elektrizitätsmarktes wirkt im Umwandlungsmodell von DAEDALUS III auf folgende Variablen: Importquote für elektrischen Strom, kalorische Engpassleistung und Brennstoffeinsatz (Stilllegung von kalorischen Kapazitäten).

Für die Nettoimportquote wurde angenommen, dass es von der derzeitigen Situation eines hohen Exportüberschusses (2,6% des inländischen Gesamtverbrauches), der auf die besonders günstige Wasserführung 1999 und 2000 zurückzuführen ist, ausgelöst durch die Voll liberalisierung des Elektrizitätsmarktes zu einem Importüberschuss kommt. Dieser Importüberschuss erreicht zunächst 3% des inländischen Gesamtverbrauches und geht ab 2004 wieder kontinuierlich bis 2010 auf 2% zurück. Im gesamten Zeitraum des "Baseline"-Szenarios bleibt Österreich damit ein Nettoimporteur von elektrischer Energie, was einen wesentlichen Strukturbruch mit der historischen Entwicklung bedeutet.

Die Höhe des Importüberschusses von 2% bis 3% determiniert zusammen mit der Entwicklung der Erzeugung aus Wasserkraft und Wind, wie viel elektrische Energie bei gegebenem Verbrauch aus kalorischer Erzeugung (aus den Umwandlungsvorgängen: EVU, FWVU und Industrie) aufgebracht

werden muss. Die Annahmen zu den Importen stehen im Einklang mit einer neuen Untersuchung (Hoster, 1999), in der die Auswirkungen der Liberalisierung im Elektrizitätsmarkt auf die regionale Struktur der Elektrizitätserzeugung und den internationalen Handel mit elektrischer Energie quantifiziert werden. Darin wird im wesentlichen das Ergebnis einer älteren EU-Studie bestätigt, dass nur zu Beginn der Liberalisierung eine starke Intensivierung des Außenhandels mit Strom stattfindet. Mittelfristig nehmen die Importquoten der Hochpreisländer wieder ab, da die entsprechenden Maßnahmen zur Kostensenkung bei der inländischen Erzeugung greifen.

Für den Einfluss der Liberalisierung auf die Entwicklung der Engpassleistung wurden nur sehr geringe Auswirkungen angenommen, da Stilllegungen von gewissen kalorischen Kapazitäten auf der anderen Seite durch zusätzliche kalorische Kapazitäten ergänzt werden müssen, um bei gegebener Importquote und Wasserkrafterzeugung die steigende heimische Endnachfrage befriedigen zu können.

Es wurden Annahmen der Stilllegung von Kapazitäten zur kalorischen Stromerzeugung getroffen, dabei wurde aber nicht der volle (rechnerische) Effekt der Verringerung der Höchstlast auf die Engpassleistung übertragen. Voll wirken die expliziten Annahmen der Stilllegung von kalorischen Kapazitäten im "Baseline"-Szenario auf den Brennstoffeinsatz. Kurzfristig als stillgelegt behandelt werden im "Baseline"-Szenario einerseits die kalorischen Kraftwerke der Verbundgesellschaft: St. Andrä, Korneuburg und Zeltweg. Für das Kraftwerk Voitsberg wird angenommen, dass der Betrieb bis inklusive 2003 aufrecht bleibt.

In DAEDALUS III wird der Brennstoffeinsatz für Kohle, Öl und Gas in Abhängigkeit von den relativen Preisen, Trends und der Engpassleistung pro Erzeugungseinheit ("Economies-of-Scale"-Effekte) bestimmt. Der aggregierte Energieträger Kohle wird dann in einem zweiten Schritt auf Steinkohle und Braunkohle aufgeteilt. Das impliziert zu einem gewissen Grad, dass stillgelegte Braunkohle durch Steinkohle substituiert wird. Der "Subanteil" von Braunkohle am Kohle-Aggregat geht annahmegemäß bis 2004 auf Null zurück, jener von Steinkohle steigt auf 100% (von derzeit ca. 80%). Der Gesamtwirkungsgrad für Wärme und Strom bzw. der dem Strom zurechenbare Wirkungsgrad steigt im Zeitraum bis 2020 nur noch ganz geringfügig an.

Übersicht 11: Stilllegung von thermischen Kapazitäten

Kraftwerk	Höchstlast In MW (1)	Jahreserzeugung In GWh (2)	Brennstoffeinsatz zur Stromerzeugung, in TJ			
			Steinkohle	Braunkohle	Heizöl	Naturgas
St. Andrä	118	80	825		40	
Korneuburg	272	91				824
Zeltweg	135	123	1.200	67	5	
Voitsberg	338	1.069		10.628	39	
SUMME	863	1.363	2.025	10.695	84	824

Q: Für Daten: BLV (1995). – (1) in MW. – (2) In GWh.

In DAEDALUS III wird der gesamte Bereich der Energieumwandlung in einem Make-Use-System einer Input-Output-Tabelle dargestellt. Für die Erzeugung von elektrischer Energie und Wärme bedeutet das, dass beide Energieträger von den "Umwandlungsvorgängen" (=Aktivitäten) EVU (kalorisch), FWVU und Industrie produziert werden, die entsprechenden Technologien sind in Brennstoffeinsatz pro Outputseinheit ("technische Koeffizienten") eines Umwandlungsvorganges determiniert.

Weitere wichtige Parameter für die Entwicklung der Strom- und Wärmeerzeugung sind die "Marktanteile" der einzelnen Umwandlungsvorgänge am Aufkommen von elektrischer Energie und Wärme. Bei Wärme wurde diesbezüglich für das "Baseline"-Szenario keine Veränderung über den gesamten Zeitraum angenommen. Im wesentlichen teilen sich die EVU und FWVU den Wärmemarkt, der Beitrag der Industrie ist gering, da diese die produzierte Wärme hauptsächlich als Prozesswärme verwendet und kaum außerhalb des Unternehmens kommerziell verwertet⁵⁾.

Bezüglich der Marktanteile von elektrischer Energie wird angenommen, dass sich für Industrie und FWVU nichts ändert. Der Pfad der Erzeugung aus Wasserkraft und Wind stellt eine exogene Vorgabe des "Baseline"-Szenarios dar. Im wesentlichen sind es die Revitalisierung von Kleinwasserkraftwerken, Effizienzsteigerungen in bestehenden Wasserkraftwerken und der in der Studie von *Haas et al.* (2001) berechnete Pfad der Windenergie (s. nächsten Abschnitt), die diesen Pfad determinieren.

Der Marktanteil der Wasserkraft ergibt sich aus dieser absoluten Vorgabe zusammen mit der endogen im Modell determinierten gesamten Elektrizitätserzeugung. Das Residuum ist dann der Marktanteil der kalorischen Erzeugung der EVU. Für den Zeitraum des "Baseline"-Szenarios muss angenommen werden, dass darin nicht nur die derzeitige (öffentliche) Energieerzeugung enthalten ist, sondern auch neue Anbieter ("independent power producer"), die mittelfristig in einem liberalisierten Markt auftreten werden.

Diesbezüglich steht die Annahme dahinter, dass nach Ausschöpfung der Importe Österreich als Standort für kalorische Erzeugung mittelfristig nicht wesentlich unattraktiver ist als die benachbarten EU-Länder (was im Zeitraum des "Baseline"-Szenarios auch die osteuropäischen Länder erfasst). Dabei wurde zusätzlich angenommen, dass die Importquote nicht unbegrenzt ansteigt, sondern eine Saldodrehung auf +2% bis +3% eine Obergrenze darstellt, die sich auch aus den Rechnungen von *Hoster* (1999) herauslesen lässt.

⁵⁾ Es kann umgekehrt auch diskutiert werden, ob das Konzept der Energiebilanz produzierte Wärme oder – wie derzeit – nur gehandelte Wärme erfassen soll. Derzeit findet sich der Brennstoffinput für die erzeugte Prozesswärme der Industrie im energetischen Endverbrauch, beim umgekehrten Konzept wären die Umwandlungsvorgänge für Wärme höher.

Übersicht 12: Exogene Parameter für die Strom- und Wärmeerzeugung

	Wärme-Marktanteil in % EVU	FWVU	Nettoimportquote In % Elektrische Energie
2000	42,5	45,8	-2,6
2001	42,5	45,8	3,0
2002	42,5	45,8	3,0
2003	42,5	45,8	3,0
2004	42,5	45,8	2,8
2005	42,5	45,8	2,6
2006	42,5	45,8	2,4
2007	42,5	45,8	2,2
2008	42,5	45,8	2,2
2009	42,5	45,8	2,1
2010	42,5	45,8	2,0
2011	42,5	45,8	2,0
2012	42,5	45,8	2,0
2013	42,5	45,8	2,0
2014	42,5	45,8	2,0
2015	42,5	45,8	2,0
2016	42,5	45,8	2,0
2017	42,5	45,8	2,0
2018	42,5	45,8	2,0
2019	42,5	45,8	2,0
2020	42,5	45,8	2,0

4.3.2 Potentiale für erneuerbare Energie

Zunächst muss einmal der Pfad der Erzeugung aus Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaik determiniert werden, die hier in einem Energieträger zusammengefasst werden⁶⁾.

Für die Wasserkraft wurde für den Zeitraum bis 2020 ein Erzeugungskoeffizient von eins (durchschnittliche Wasserführung der Flüsse) angenommen. Die Jahre 1999 und 2000 waren durch stark überdurchschnittliche Wasserführung gekennzeichnet; im Jahr 2000 ist die Erzeugung aus Wasserkraft auf 154.108 TJ angestiegen. Danach sinkt aufgrund der Annahme eines Erzeugungskoeffizienten von 1 die Wasserkrafterzeugung kurzfristig wieder unter das Niveau des Jahres 1999.

⁶⁾ Bis zur Bilanzversion 2000 von STATISTIK AUSTRIA waren Windenergie und Photovoltaik bei Umgebungswärme im Endverbrauch enthalten, nun sind sie als Umwandlungseinsatz = Erzeugung als eigener Energieträger aufgeführt. In DAEDALUS III wurde diese Änderung nur insofern berücksichtigt, als es sich auch um Umwandlungseinsatz handelt, der aber mit der Wasserkraft gemeinsam verbucht wird.

Mittelfristig ist zu berücksichtigen, dass es zu einer Revitalisierung der Kleinwasserkraft (gemäß den Zielsetzungen des Elektrizitätsliberalisierungsgesetzes) kommt. Weiters sind Annahmen zu treffen, wie das im Elektrizitätsliberalisierungsgesetz festgeschriebene Ziel des Anteils elektrischer Energie (Abgabe an Letztverbraucher) aus Ökoanlagen von 1% im Jahr 2001 und 4% im Jahr 2007 erreicht werden soll. Diese Annahmen werden den Ergebnissen der Studie von *Haas et al.* (2001) entnommen. Darin sind für Revitalisierung von Kleinwasserkraft und Windenergie erhebliche Zuwächse im Aufkommen enthalten, die in DAEDALUS III entsprechend analog zur Wasserkrafterzeugung (nicht kalorische Erzeugung mit Umwandlungseinsatz = Erzeugung) verbucht wurden.

Darüber hinaus wurden wie schon beim Endverbrauch die entsprechenden Änderungen bei Wärmeerzeugung und KWK in Ansatz gebracht. Die Erzeugung aus erneuerbarer Energie verdrängt annahmegemäß fossile Erzeugung. Zunächst wurde festgelegt, welche erneuerbare Art der Erzeugung jeweils in welchem Prozess von DAEDALUS III wirkt. Dafür wurde folgende Struktur gewählt:

FWVU: Geothermie, Nahwärme aus Biomasse

EVU, kalorisch: Deponiegas/Klärgas – KWK

Industrie: Biomasse – KWK, Biogas – KWK

In jedem dieser Umwandlungsvorgänge wurde jeweils wiederum angenommen, dass jener fossile Energieträger mit dem derzeit höchsten Anteil am Umwandlungseinsatz durch erneuerbare Energie verdrängt wird. Das ist im Bereich der FWVU das Heizöl, bei der kalorischen Erzeugung der EVU die Steinkohle und bei der industriellen KWK das Naturgas. Die Erzeugungsdaten mussten weiters in Inputdaten des Umwandlungseinsatzes umgerechnet werden, dafür wurden die Daten aus *Haas et al.* (2001) selbst oder (wenn nicht vorhanden) aus den Energiebilanzen bekannte Wirkungsgrade verwendet. Der zusätzliche Output an Wärme und Strom und der zusätzliche Input an erneuerbarer Energie wurden dann auf den Zeitraum bis 2010 verteilt und in marginale technische Koeffizienten umgewandelt.

Die durchschnittlichen technischen Koeffizienten im Umwandlungsblock von DAEDALUS III werden dann durch die marginalen technischen Koeffizienten bis 2010 entsprechend geändert und die fossilen Inputs entsprechend reduziert. Nach 2010 bleiben die technischen Koeffizienten aus erneuerbarer Energie konstant. Das bedeutet bei einem Anstieg kalorischer Stromerzeugung auch einen Anstieg im Einsatz erneuerbarer Energie. Bei Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaik läuft die Entwicklung nach 2010 ebenfalls ähnlich weiter bis 2020.

Übersicht 13: Erzeugung aus erneuerbarer Energie (in GWh), Zuwachs bis 2010

	Strom	Wärme
Stromerzeugung		
Photovoltaik	4	
Wind	1.600	
Kleinwasserkraft	1.220	
Wärmeerzeugung		
Nahwärme Biomasse		1.300
Geothermie		300
KWK		
Feste Biomasse	660	220
Biogas	85	41
Deponiegas/Klär gas	90	40

Q: Haas et al. (2001).

5. Ergebnisse des "Baseline"-Szenarios

5.1 Energiepreise und Kapitalstock

Die Energiepreise werden ohne Veränderung der Steuerpolitik im wesentlichen vom Rohölpreis entsprechend der kurz- und langfristigen Elastizitäten bestimmt. In einem ersten Schritt wurde die Prognosequalität der Energiepreisgleichungen von DAEDALUS III für das Jahr 2000 getestet. Dabei zeigten sich befriedigende Ergebnisse bei den Treibstoffen und akzeptable Ergebnisse bei Kohle und Gas. Die Preisentwicklung bei Ölprodukten im Jahr 2000 wird in DAEDALUS III massiv unterschätzt, was auch zum Ausdruck bringt, dass Sondereffekte auf den Produktenmärkten teilweise die Entwicklung des Rohölpreises bestimmt haben.

Bei elektrischer Energie würde DAEDALUS III für 2000 ebenfalls Preiserhöhungen prognostizieren, da Preissenkungen der Landesgesellschaften durch das Modell nicht erklärt werden können und umgekehrt ein steigender Rohölpreis ceteris paribus den Strompreis erhöht. Die Residuen der Preisgleichungen in DAEDALUS III wurden dann derart angepasst, dass ungefähr die tatsächlichen Daten des Jahres 2000 nachgebildet werden können.

Zu unterscheiden ist bezüglich der Preisentwicklung im "Baseline"-Szenario der Zeitraum bis 2010, in dem der Rohölpreis zunächst zurückgeht (bis 2002) und dann konstant bleibt und der Zeitraum danach mit permanent steigendem Rohölpreis. Wie zu erwarten, ist der direkteste Einfluss des Rohölpreises auf den Preis der Ölprodukte und der Treibstoffe zu sehen, beide Preise sinken bis 2010 ständig. Der Gaspreis wird kurzfristig von der Liberalisierung beeinflusst und steigt danach auch schon im Zeitraum bis 2010 um ca. 0,5% an. Deutlich anders entwickelt sich der Kohlepreis, der im gesamten Zeitraum fast überhaupt nicht ansteigt.

Beim Preis für elektrische Energie sind bis 2010 Sondereffekte der Liberalisierung zu erwarten mit anfänglichen Preisrückgängen und anschließenden höheren Preissteigerungen mit der Zielsetzung der Unternehmen, die Preisrückgänge teilweise wettzumachen. Nach 2010 steigt der Preis für elektrische Energie etwas stärker als der Kohlepreis. Insgesamt ergibt sich für die fossile Energie, dass Ölprodukte mittelfristig billiger werden, der Kohlepreis konstant bleibt und der Gaspreis ansteigt.

Übersicht 14: Veränderungsrate der Energiepreise (Dienstleistungen, Haushalte, Treibstoffe)

	Kohle	Ölprodukte	Gas	Elektrische Energie	Benzin	Diesel
2000	2,9	41,0	4,8	-0,5	18,3	23,3
2001	0,7	-8,0	1,5	-5,9	-5,6	-5,7
2002	0,4	-6,2	-2,3	-0,9	-4,1	-4,2
2003	0,2	-4,8	0,9	-0,7	-3,1	-3,2
2004	0,3	-3,1	0,7	-0,6	-1,4	-1,4
2005	0,2	-2,0	0,6	0,1	-1,0	-0,9
2006	0,2	-1,2	0,5	2,6	-0,7	-0,5
2007	0,1	-0,7	0,4	2,5	-0,5	-0,3
2008	0,1	-0,4	0,4	2,4	-0,3	-0,1
2009	0,1	-0,1	0,3	2,4	-0,2	0,0
2010	0,1	0,0	0,3	0,1	-0,1	0,1
2011	0,2	0,5	0,5	0,1	0,4	0,7
2012	0,2	0,7	0,6	0,4	0,5	0,8
2013	0,2	0,9	0,7	0,4	0,6	0,9
2014	0,2	1,1	0,7	0,4	0,6	1,0
2015	0,2	1,1	0,8	0,4	0,6	1,1
2016	0,3	1,2	0,8	0,4	0,7	1,1
2017	0,3	1,2	0,8	0,4	0,7	1,1
2018	0,3	1,3	0,8	0,4	0,7	1,2
2019	0,3	1,3	0,9	0,4	0,7	1,2
2020	0,1	0,9	0,6	0,4	0,1	0,4

Abbildung 2: Energiepreise für fossile Energie im "Baseline"-Szenario

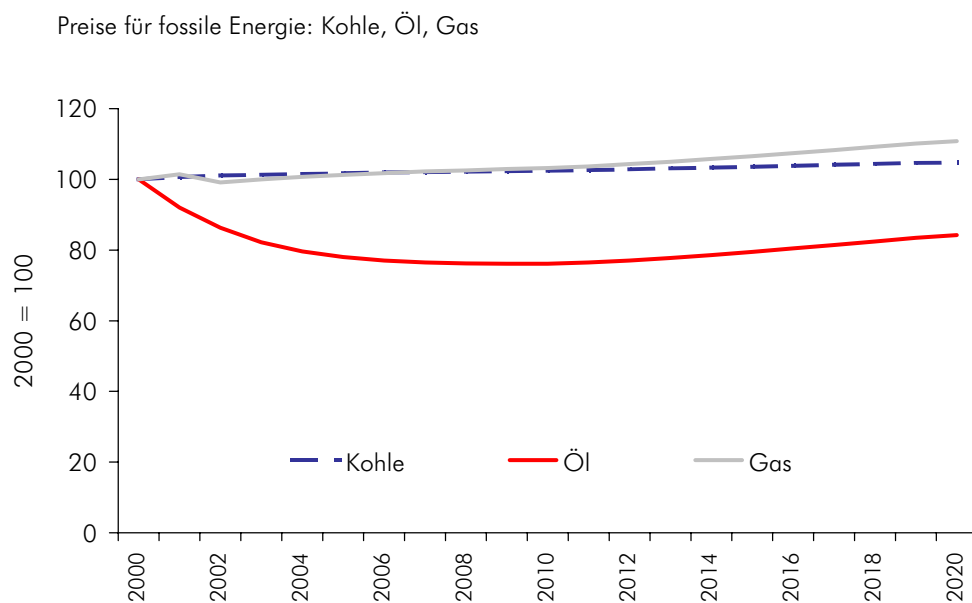


Abbildung 3: Treibstoffpreise im "Baseline"-Szenario

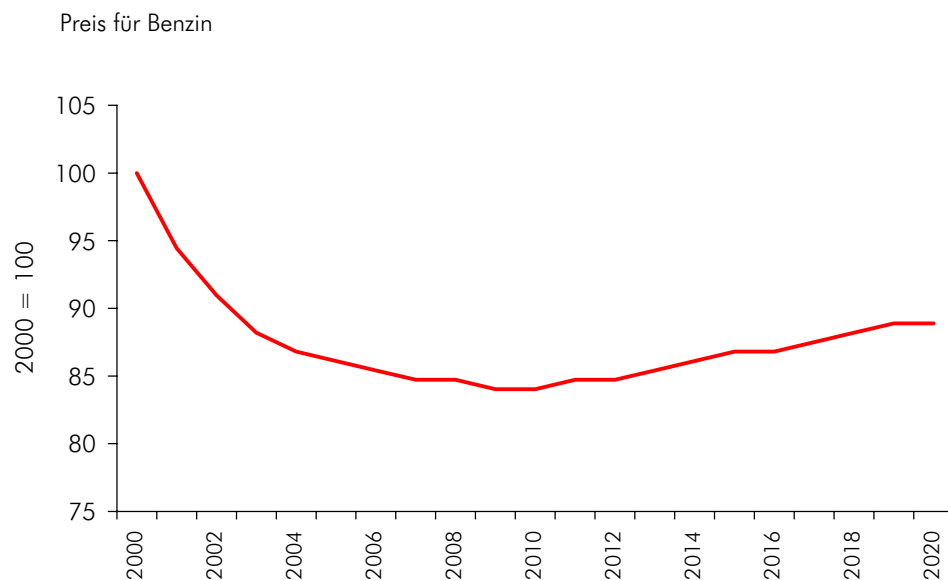
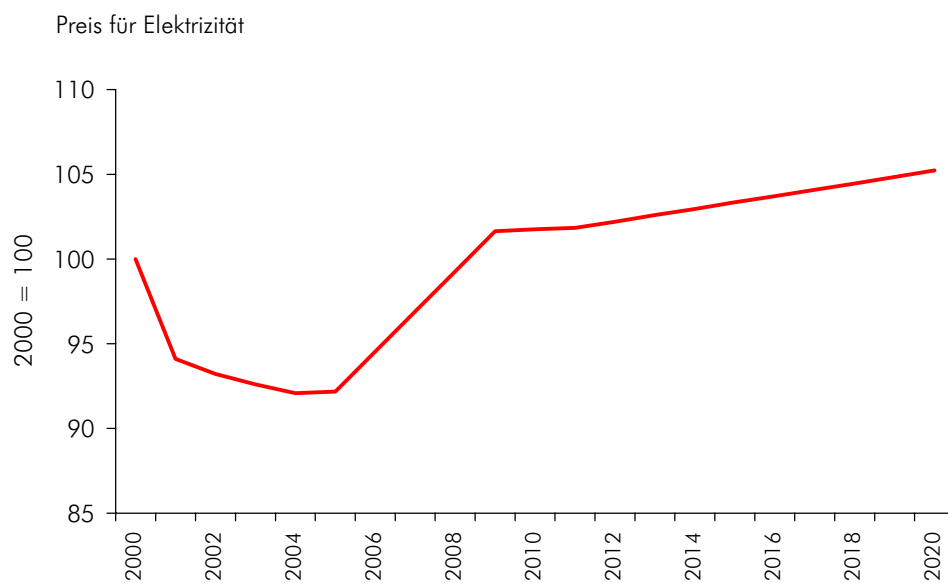


Abbildung 4: Preis für elektrische Energie im "Baseline"-Szenario



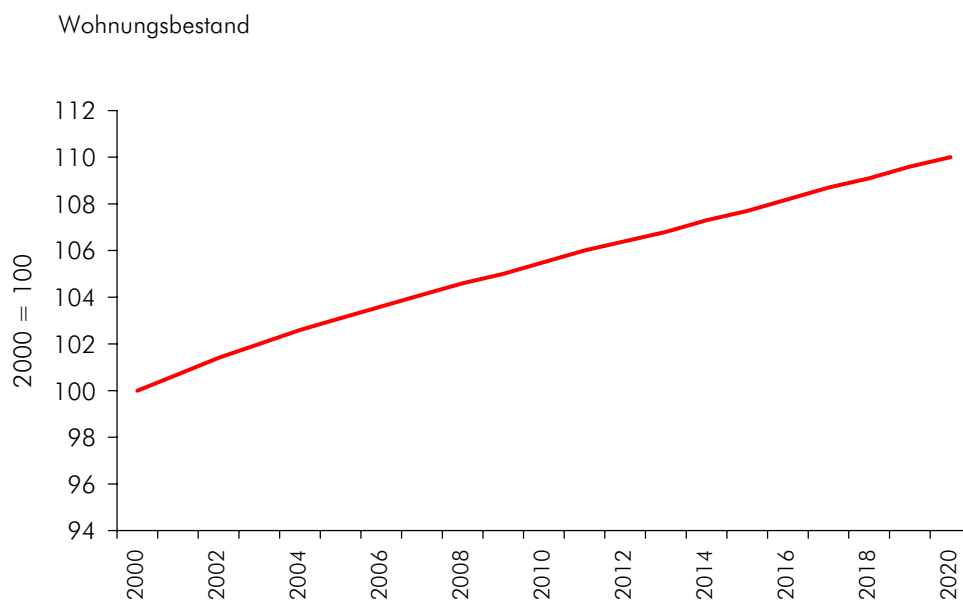
Der Wohnungsbestand ist mittelfristig vor allem an die Bevölkerungsentwicklung gekoppelt. Der Zuwachs im Neubau geht von derzeit ca. 40.000 Einheiten mittelfristig auf ca. 30.000 zurück.

Unter Berücksichtigung der Abschreibungen ist der Nettozuwachs im Wohnungsbestand entsprechend geringer und beträgt mittelfristig nur ca. 15.000 Einheiten.

Übersicht 15: Wohnungsbestand

	Vor 1944	1945/1980	Nach 1981	INSGESAMT	Zuwachs Neubau	Nettozuwachs
2000	914,0	1.473,0	873,4	3.260,4		
2001	904,0	1.467,0	912,0	3.283,0	38,6	22,6
2002	894,0	1.461,0	951,4	3.306,4	39,4	23,4
2003	884,0	1.455,0	986,6	3.325,6	35,2	19,2
2004	874,0	1.449,0	1.021,7	3.344,7	35,1	19,1
2005	864,0	1.443,0	1.054,8	3.361,8	33,1	17,1
2006	854,0	1.437,0	1.087,6	3.378,6	32,8	16,8
2007	844,0	1.431,0	1.119,4	3.394,4	31,8	15,8
2008	834,0	1.425,0	1.150,9	3.409,9	31,5	15,5
2009	824,0	1.419,0	1.181,9	3.424,9	31,0	15,0
2010	814,0	1.413,0	1.212,8	3.439,8	30,9	14,9
2011	804,0	1.407,0	1.243,5	3.454,5	30,7	14,7
2012	794,0	1.401,0	1.274,1	3.469,1	30,6	14,6
2013	784,0	1.395,0	1.304,6	3.483,6	30,5	14,5
2014	774,0	1.389,0	1.335,3	3.498,3	30,7	14,7
2015	764,0	1.383,0	1.366,0	3.513,0	30,7	14,7
2016	754,0	1.377,0	1.396,8	3.527,8	30,8	14,8
2017	744,0	1.371,0	1.427,8	3.542,8	31,0	15,0
2018	734,0	1.365,0	1.458,8	3.557,8	31,0	15,0
2019	724,0	1.359,0	1.489,9	3.572,9	31,1	15,1
2020	714,0	1.353,0	1.521,0	3.588,0	31,1	15,1

Abbildung 5: Wohnungsbestand im "Baseline"-Szenario



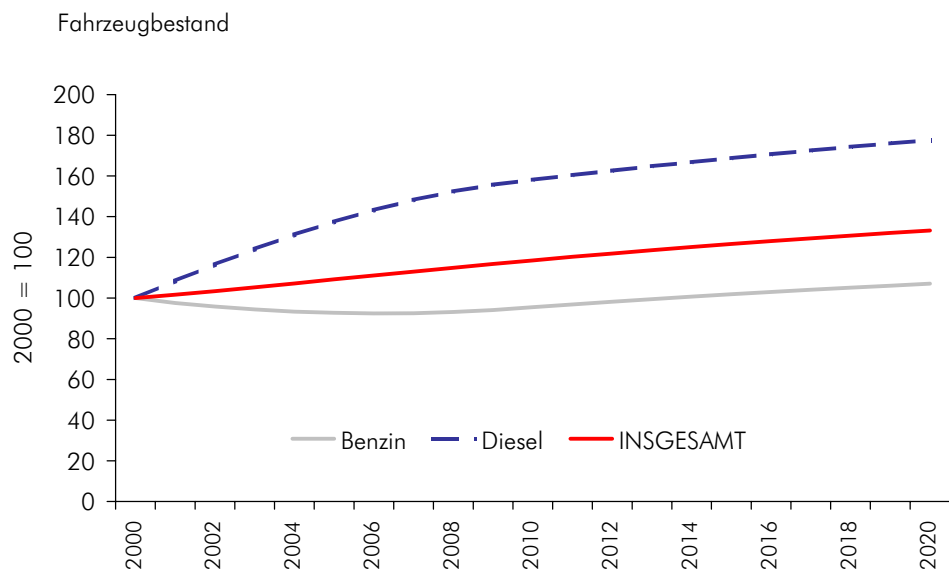
Der Pkw-Bestand wird neben der Einkommensentwicklung im wesentlichen von den Treibstoffpreisen bestimmt. Dadurch werden andere Aspekte des Gesamtpreises des Pkw-Gebrauchs ausgeblendet, die jedoch vor allem kurzfristig eine Rolle spielen dürften. Daher wurde versucht, diese zusätzlichen Kosten in Treibstoffpreisäquivalente umzurechnen. Der Pkw-Bestand insgesamt steigt im "Baseline"-Szenario bis 2010 weiterhin um mehr als 70.000 Einheiten pro Jahr, danach geht der Zuwachs auf ca. 60.000 Einheiten pro Jahr zurück.

Die Pkw-Dichte steigt damit weiter von derzeit 0,5 Pkw pro Kopf auf 0,65 Pkw pro Kopf. Die "sonstigen" Pkw umfassen alle Elektro-, Hybrid- und Gas-Pkw; diese Gruppe expandiert im "Baseline"-Szenario moderat von derzeit 200 auf über 6.000 Fahrzeuge. Bezüglich des Dieselanteils wirkt die vorgegebene Grenze von 50%, der sich der Dieselanteil in Form einer logistischen Kurve nähert, nach 2010 wächst der Diesel- und Benzin-Pkw-Bestand in etwa gleich.

Übersicht 16: Pkw-Bestand

	Benzin	Diesel	Sonstige	INSGESAMT	Pkw/Kopf	Veränderung, Bestand
2000	2.545.774	1.481.020	197	4.026.991	0,50	
2001	2.485.781	1.604.961	219	4.090.961	0,50	63.970
2002	2.438.525	1.723.928	248	4.162.701	0,51	71.740
2003	2.402.678	1.836.770	284	4.239.732	0,52	77.031
2004	2.376.318	1.941.324	330	4.317.972	0,53	78.240
2005	2.359.487	2.036.542	385	4.396.414	0,54	78.442
2006	2.352.446	2.121.459	454	4.474.359	0,55	77.945
2007	2.355.596	2.195.189	538	4.551.323	0,56	76.964
2008	2.369.433	2.256.928	640	4.627.001	0,56	75.678
2009	2.394.489	2.305.938	766	4.701.193	0,57	74.193
2010	2.431.312	2.341.535	919	4.773.766	0,58	72.572
2011	2.466.687	2.375.772	1.106	4.843.565	0,59	69.799
2012	2.500.635	2.408.673	1.334	4.910.642	0,60	67.078
2013	2.533.183	2.440.275	1.612	4.975.070	0,60	64.428
2014	2.564.385	2.470.641	1.952	5.036.977	0,61	61.907
2015	2.594.294	2.499.832	2.365	5.096.490	0,62	59.513
2016	2.622.977	2.527.931	2.869	5.153.777	0,62	57.287
2017	2.650.486	2.555.006	3.484	5.208.976	0,63	55.199
2018	2.676.870	2.581.127	4.233	5.262.230	0,64	53.254
2019	2.702.175	2.606.368	5.147	5.313.690	0,64	51.460
2020	2.727.435	2.631.758	6.260	5.365.453	0,65	51.763

Abbildung 6: Fahrzeugbestand im "Baseline"-Szenario



5.2 Energetischer Endverbrauch

In der Industrie und den Dienstleistungen bestimmt die Entwicklung des Produktionswertes zusammen mit der Verbesserung der Energie-Effizienz den sektoralen Verbrauchspfad. Zusätzlich wirkt auch noch der Gesamtpreis(-index) für Energie. Bei den Anpassungsprozessen wird berücksichtigt, dass diese Zeit benötigen, da erst über die Einführung neuen Kapitalstocks dauerhafte Verbesserungen in der Energie-Effizienz erreichbar sind.

Der Anteil von elektrischer Energie in den einzelnen Sektoren hängt von den relativen Preisen und Trends ab, wobei bei gegebenem Gesamtverbrauch und gegebenem Verbrauch an Biomasse und Fernwärme elektrische Energie das Bündel an fossiler Energie verdrängt.

Innerhalb des Bündels fossiler Energie kommt es teilweise zu massiven, sektoral aber sehr unterschiedlichen Substitutionsprozessen, determiniert durch Trends und Preisbewegungen. Der energetische Endverbrauch der Industrie insgesamt steigt bis 2010 kumuliert um ca. 10% an, was vor allem in Steigerungen bei Biomasse, Fernwärme und Gas zum Ausdruck kommt.

Im gewerblichen Verkehr wächst der Verbrauch an elektrischer Energie kaum, während der Verbrauch der Ölprodukte sich bereits bis 2010 kumuliert um über 60% erhöht. Darin kommt zum Ausdruck, dass der Zuwachs im Güterverkehr vornehmlich auf der Straße vor sich geht und andererseits auch im Bahnverkehr bezüglich des Energieverbrauches "leere Kapazitäten" vorhanden sind, sodass der Energieverbrauch nicht voll auf Zuwächse des Verkehrsaufkommens reagiert. Der Verkehr der Wirtschaftszweige wächst etwas geringer als der gewerbliche Verkehr.

Bei den Dienstleistungen expandiert sowohl der gesamte Verbrauch als auch der Verbrauch an fossiler Energie, was im wesentlichen auf das Verbrauchswachstum bei Gas zurückzuführen ist. Im nichtfossilen Bereich wächst vor allem der Verbrauch an elektrischer Energie.

Übersicht 17: Energetischer Endverbrauch: Produktion und gewerblicher Verkehr (TJ)

	2000	2005	INDUSTRIE 2010	2015	2020
Kohle	50.600	43.903	39.284	33.730	27.781
Ölprodukte	24.110	26.360	25.667	24.112	24.269
Gas	104.949	117.395	125.719	126.107	121.696
Fossile Energie	179.659	187.658	190.670	183.949	173.745
Elektrischer Strom	73.620	77.540	80.177	82.483	86.480
Biomasse	24.260	28.867	34.087	40.533	46.186
Fernwärme	5.324	6.568	8.180	10.277	12.258
INSGESAMT	282.863	300.632	313.114	317.241	318.669
			GEWERBLICHER VERKEHR		
	2000	2005	2010	2015	2020
Kohle	48	23	3	3	3
Ölprodukte	33.987	42.980	55.396	70.155	87.504
Gas	1.205	1.263	1.438	1.717	2.220
Fossile Energie	35.240	44.266	56.837	71.875	89.728
Elektrischer Strom	18.336	21.357	23.918	26.293	28.435
Biomasse	72	91	83	79	78
Fernwärme	1.891	2.175	2.105	2.090	2.108
INSGESAMT	55.539	67.889	82.944	100.337	120.349
			VERKEHR der WIRTSCHAFTSZWEIGE		
	2000	2005	2010	2015	2020
Benzin	4.499	4.401	4.306	4.213	4.122
Diesel	74.004	78.632	83.550	88.465	93.425

Der energetische Endverbrauch der Haushalte insgesamt geht bis 2020 im Baseline-Szenario leicht zurück, da im Neubau wesentlich niedrigere spezifische Energieverbräuche zur Anwendung kommen als im Durchschnittsbestand. Die Sanierung hat demgegenüber nur geringe Effekte. Der Verbrauch an elektrischer Energie steigt zugleich an, sodass fossile Energie zurückgedrängt wird. Das wirkt sich vor allem in sinkendem Kohle- und Ölverbrauch aus, während die Nachfrage nach Gas mittelfristig noch ansteigt (bis 2005) und dann leicht zurückgeht.

Übersicht 18: Energetischer Endverbrauch: Haushalte und Pkw-Verkehr, in TJ

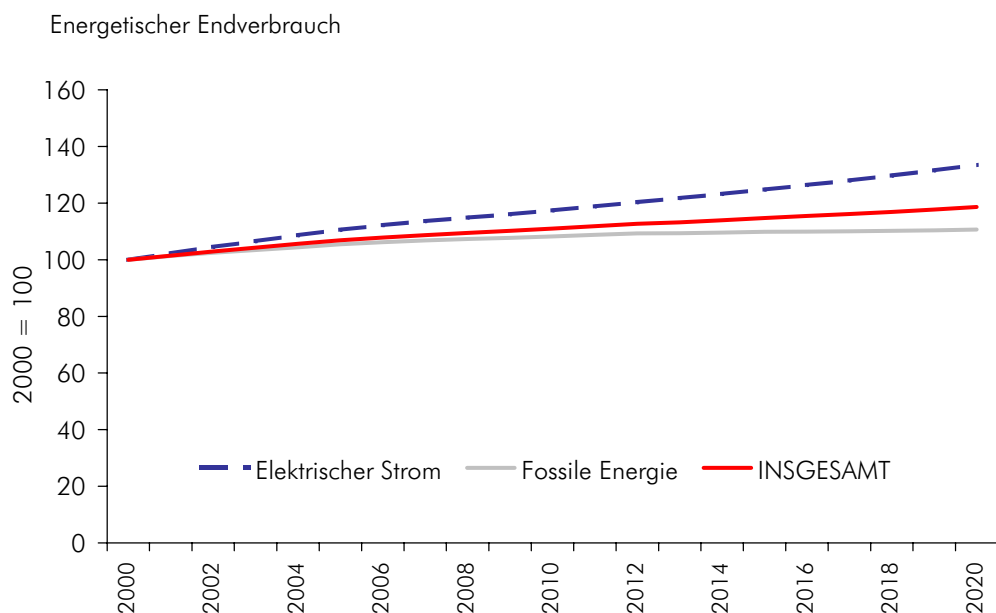
	2000	2005	Haushalte 2010	2015	2020
Kohle	13.099	9.798	6.881	4.895	3.566
Ölprodukte	53.677	51.940	43.990	37.720	32.957
Gas	44.000	48.295	45.648	43.347	41.886
Fossile Energie	110.776	110.033	96.519	85.963	78.408
Elektrischer Strom	42.477	47.353	50.876	54.685	59.069
Biomasse	72.886	70.811	68.158	64.792	61.428
Fernwärme	15.326	18.767	20.871	23.215	26.962
Umgebungswärme	4.189	5.527	7.293	9.622	12.696
INSGESAMT	245.653	252.491	243.716	238.277	238.563
			Pkw-Verkehr 2010	2015	2020
Benzin	77.960	68.354	66.823	66.299	64.483
Diesel	52.370	65.214	70.455	69.758	66.887

Im Pkw-Verkehr kommt es bis 2010 weiter zu einer Verdrängung von Benzinverbrauch durch höheren Dieserverbrauch, danach sinkt der Verbrauch beider Produkte leicht. Ein Vergleich mit dem Baseline-Szenario der TU Graz zeigt, dass der Dieserverbrauch bis 2010 gut übereinstimmt, während bis dahin der Benzinverbrauch im hier vorliegenden Baseline-Szenario etwas stärker zurückgeht.

Übersicht 19: Energetischer Endverbrauch: INSGESAMT, in TJ

	2000	2005	2010	2015	2020
Kohle	64.787	54.762	47.207	39.667	32.389
Öl, Brennstoffe	113.888	118.836	113.290	107.652	100.982
Öl, Treibstoffe	256.654	272.430	290.574	305.689	320.205
Gas	174.148	196.504	208.636	216.773	220.724
Fossile Energie	609.476	642.532	659.707	669.781	674.299
Elektrischer Strom	181.875	201.175	213.531	227.016	242.867
Biomasse	105.015	108.473	111.561	115.254	118.501
Fernwärme	42.075	49.020	52.801	57.606	66.171
Umgebungswärme	6.773	8.832	11.515	15.009	19.567
Wasserkraft	46	46	46	46	46
INSGESAMT	945.260	1.010.077	1.049.161	1.084.712	1.121.451

Abbildung 7: Energetischer Endverbrauch im "Baseline"-Szenario



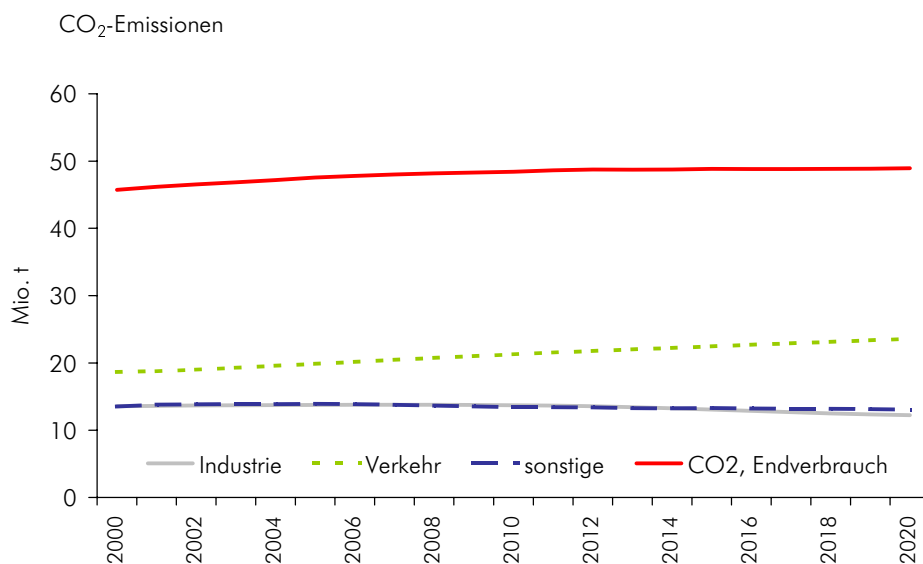
Das Gesamtbild des energetischen Endverbrauchs ist geprägt von hohen Zuwächsen bei Treibstoffen, Gas und elektrischer Energie. Die Brennstoffe unter den Ölprodukten stagnieren in etwa und Kohle verliert weiter an Bedeutung. Biomasse steigt kaum an, Fernwärme etwas stärker. Insgesamt ergibt sich, dass ein wesentlich geringerer Zuwachs bei fossiler Energie als beim Endverbrauch insgesamt hauptsächlich durch Verlagerung in die elektrische Energie erreicht wird; in geringerem Ausmaß auch durch Verlagerung in die Fern- und Umgebungswärme.

Daraus resultiert ein Anstieg der durch den Endverbrauch verursachten CO₂-Emissionen bis 2010 um ca. 2,7 Mio. t. Im sektoralen Detail erkennt man konstante Emissionen der Industrie insgesamt und leicht rückläufige Emissionen der Haushalte. Der Anstieg der Emissionen geht somit auf die Entwicklung in folgenden Sektoren zurück: Dienstleistungen, privater Verkehr und gewerblicher Verkehr. In dem Ausmaß, in dem elektrischer Strom fossile Energie verdrängt, kommt es auch zu einer potentiellen Verdrängung von CO₂-Emissionen, deren Ausmaß von der Art der Aufbringung (Wasserkraft, Windkraft, kalorisch) dieser zusätzlichen elektrischen Energie abhängt.

Übersicht 20: CO₂-Emissionen im energetischen Endverbrauch, in 1.000 t

	2000	2005	2010	2015	2020
1 Eisen- und Nicht-Eisen-Metalle	7.356	7.239	7.194	7.114	7.030
2 Chemie	803	909	967	781	667
3 Stein- und Glaswaren	1.776	1.747	1.711	1.608	1.450
4 Nahrungs- und Genussmittel	734	746	746	717	663
5 Textilien, Bekleidung, Schuhe	283	206	165	125	86
6 Papier u. Pappe, Druckerei	1.301	1.627	1.664	1.539	1.283
7 Maschinen, Elektro, Fahrzeuge	810	853	931	958	933
8 Sonstige Sachgüterproduktion	498	428	327	221	135
Industrie, insgesamt	13.561	13.757	13.704	13.063	12.248
12 sonstige Dienstleistungen	5.635	6.264	6.821	7.500	7.859
Privater Verkehr	10.166	10.418	10.708	10.612	10.247
Gewerblicher Verkehr	2.352	2.977	3.727	4.625	5.743
Verkehr der Wirtschaftszweige	6.123	6.477	6.853	7.229	7.609
Verkehr, insgesamt	18.641	19.872	21.287	22.466	23.598
Haushalte	7.886	7.663	6.612	5.803	5.222
CO ₂ , ENDVERBRAUCH	45.724	47.555	48.424	48.832	48.926

Abbildung 8: CO₂-Emissionen im energetischen Endverbrauch



Ein häufig verwendetes Maß für die Energieeffizienz ist die Maßzahl Energieeinheit pro BIP-Einheit. Der in DAEDALUS III verwendete Ansatz beschreibt die Energieeffizienz und ihre Entwicklung auf disaggregierten Niveau, da das allein den Strukturen des Energiesystems adäquat ist. Dennoch

lässt sich auch aus den Ergebnissen von DADALUS III die aggregierte Maßzahl für die Effizienz als "Konsistenzprüfung" errechnen. In der Periode bis 2010 verbessert sich diese Maßzahl um ca. 1% pro Jahr, was auch dem Durchschnitt nach dem Ölpreisrückgang 1986 entspricht. Durch den angenommenen moderaten Anstieg des Rohölpreises nach 2010 beschleunigt sich das aggregiert gemessene Effizienzwachstum leicht.

Übersicht 21: Energieeffizienz im energetischen Endverbrauch (Energieeinheit pro BIP-Einheit (real zu Preisen 1983))

	TJ/Mio. Euro	Veränderungsrate in %
2000	7,00	
2001	6,93	-1,1
2002	6,86	-0,9
2003	6,82	-0,7
2004	6,76	-0,8
2005	6,70	-0,9
2006	6,63	-1,1
2007	6,55	-1,2
2008	6,46	-1,3
2009	6,38	-1,3
2010	6,30	-1,2
2011	6,22	-1,2
2012	6,15	-1,2
2013	6,06	-1,4
2014	5,99	-1,3
2015	5,91	-1,2
2016	5,84	-1,3
2017	5,76	-1,3
2018	5,69	-1,2
2019	5,59	-1,8
2020	5,52	-1,2

5.3 Umwandlungseinsatz und energetischer Gesamtverbrauch

Die Ergebnisse für den Endverbrauch zeigen einen bedeutenden Anstieg der Nachfrage nach elektrischer Energie. Die Nettoimporte von elektrischer Energie steigen im "Baseline"-Szenario kurzfristig ebenfalls an.

Der Anstieg im heimischen Wärmeaufkommen spiegelt sich aufgrund fast konstanter "Marktanteile" in einer fast ebenso hohen relativen Steigerung der Erzeugung der Fernwärmeversorgungsunternehmen wider. Der Brennstoffeinsatz steigt proportional dazu an (es wurden in diesem Bereich keine spezifischen Annahmen über die Erhöhung der Wirkungsgrade getroffen).

In der Fernwärmewirtschaft ist der Brennstoffeinsatz über die bis 2020 fixen Koeffizienten des Input-Output-Modells mit der Erzeugung verbunden, sodass es nicht zu preisabhängigen Substitutionseffekten zwischen den Brennstoffen kommt. In diesem Bereich wirken jedoch die Annahmen zur erneuerbaren Energie aus *Haas et al. (2001)*.

Betrachtet man die Erzeugungsseite für elektrische Energie, dann muss man sich zunächst den "Basisjahreffekt" im Jahr 2000 bezüglich der Wasserkrafterzeugung vergegenwärtigen. Dieser macht ca. 7.000 TJ aus, d. h. um ca. 7.000 TJ wäre die kalorische Erzeugung der EVU *ceteris paribus* höher, wenn 2000 ein Jahr mit durchschnittlicher Wasserführung gewesen wäre. Der Anstieg des Verbrauches an elektrischer Energie wird im "Baseline"-Szenario zu einem beträchtlichen Teil aus zusätzlichen Importen gespeist.

Die kalorische Erzeugung der EVU steigt bis 2010 auf ca. 55.000 TJ, wobei von dem entsprechenden Anstieg um 14.000 TJ ca. die Hälfte aufgrund des "Basisjahreffektes" abzuziehen ist. Hier ist die kalorische Erzeugung von elektrischer Energie der EVU gesondert dargestellt, da sie das Residuum im Modell bildet, der fehlende Rest zur Gesamterzeugung stammt aus der industriellen Stromerzeugung und der Stromerzeugung der FWVU.

Der Pfad der nichtkalorischen Erzeugung wird bestimmt durch die bereits oben beschriebenen Annahmen: durchschnittliche Wasserführung, Revitalisierung von Kleinwasserkraft, Effizienzsteigerung durch Anlagentausch und die Windkraftentwicklung und Photovoltaik(PV)-Entwicklung aus *Haas et al. (2001)*.

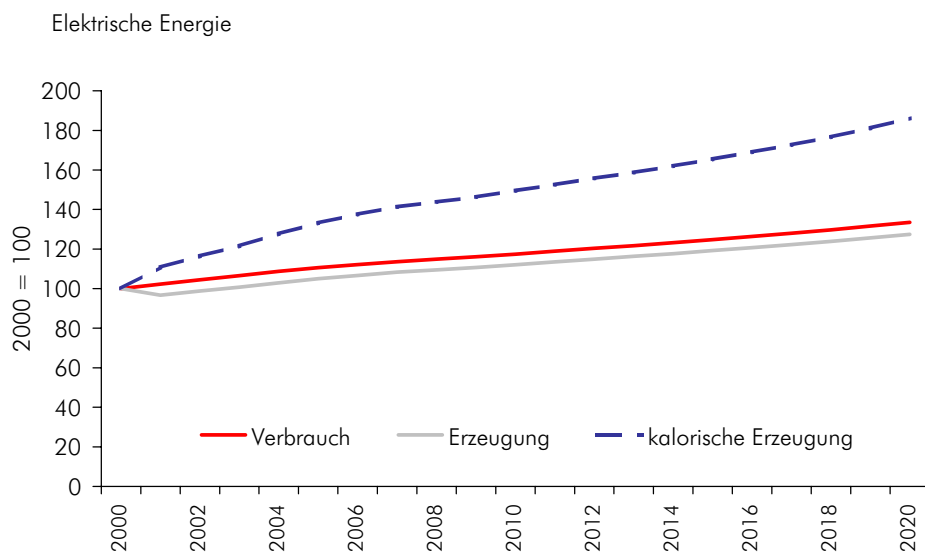
Bei durchschnittlicher Wasserführung erreicht die Erzeugung aus Wasserkraft erst 2013 wieder den "Rekordwert" des Jahres 2000. Der Anstieg der kalorischen Erzeugung bis 2020 auf über 70.000 TJ impliziert auch einen leichten Zuwachs an Kapazitäten bei "independent power producers", wie er in anderen europäischen Ländern im Gefolge von Liberalisierung und Privatisierung beobachtet wurde.

Übersicht 22: Erzeugung von elektrischer Energie, in TJ

	Erzeugung	Wasser, Wind, PV	Davon Wind, PV	Kalorisch	Davon EVU kalorisch	Nettoimporte
2000	212.085	154.108	262	57.977	41.384	-5405
2001	205.137	140.871	359	64.266	47.716	6.344
2002	209.564	142.012	492	67.552	49.409	6.481
2003	213.661	143.153	674	70.508	50.772	6.608
2004	218.325	144.294	923	74.031	52.583	6.289
2005	222.673	145.435	1.264	77.238	54.076	5.944
2006	226.361	146.576	1.732	79.785	54.963	5.566
2007	229.672	147.717	2.373	81.955	55.494	5.166
2008	232.252	148.858	3.251	83.394	55.376	5.224
2009	234.825	150.000	4.454	84.825	55.227	5.037
2010	237.805	151.141	6.036	86.664	55.391	4.853
2011	240.767	152.282	6.338	88.485	56.714	4.914
2012	243.777	153.423	6.655	90.354	58.076	4.975
2013	246.586	154.564	6.987	92.022	59.272	5.032
2014	249.603	155.705	7.337	93.898	60.641	5.094
2015	252.826	156.846	7.704	95.980	62.181	5.160
2016	256.029	157.987	8.089	98.042	63.705	5.225
2017	259.281	159.129	8.493	100.152	65.268	5.291
2018	262.699	160.270	8.918	102.429	66.970	5.361
2019	266.489	161.411	9.364	105.078	68.982	5.439
2020	270.483	162.552	9.832	107.931	71.164	5.520

Die Erzeugung von elektrischer Energie und Wärme zusammen nach Umwandlungsvorgängen verläuft aufgrund der geringen Veränderungen bei den Marktanteilen gleichmäßig zur Strom- und Wärmeerzeugung. Es wurde lediglich für die KWK auf Biomasse-Basis eine geringfügige zusätzliche Wärmeauskopplung angenommen.

Abbildung 9: Elektrische Energie im "Baseline"-Szenario



Übersicht 23: Erzeugung von elektrischer Energie und Wärme nach Umwandlungsvorgängen, in TJ

	Industrie	EVU	FWVU
2000	27.880	61.729	21.245
2001	28.120	68.633	21.736
2002	29.835	71.063	22.610
2003	31.575	73.232	23.551
2004	33.439	75.903	24.562
2005	35.179	77.778	25.052
2006	36.872	79.029	25.510
2007	38.549	79.921	25.959
2008	40.158	80.164	26.394
2009	41.792	80.378	26.832
2010	43.517	80.921	27.294
2011	44.072	82.649	27.783
2012	44.647	84.461	28.322
2013	45.199	86.134	28.886
2014	45.788	88.000	29.476
2015	46.408	90.035	30.068
2016	47.136	92.464	31.100
2017	47.838	94.806	31.997
2018	48.563	97.284	32.895
2019	49.360	100.127	33.858
2020	50.192	103.159	34.846

Die Veränderungen im Brennstoffeinsatz der entsprechenden Umwandlungsvorgänge spiegeln Substitutionseffekte aufgrund einer Verlängerung historischer Trends sowie aufgrund von Preisentwicklungen und Verdrängung fossiler durch biogene Energie wider. Bei der kalorischen Erzeugung der EVU bleibt Kohle ein bedeutender Brennstoff, kurzfristig kommt es sogar zur "Intra-Kohle-Substitution", nämlich zum Ersatz von Braunkohle durch Steinkohle, erst langfristig nimmt die Bedeutung von Kohle zugunsten von Öl und Gas ab.

Die Expansion biogener Energie bleibt (annahmegemäß) bei den EVU gering, da sie auf die in der Studie von Haas *et al.* (2001) enthaltenen geringen Zuwächse bei Biogas und Klär-/Deponiegas beschränkt bleibt. Bei der industriellen Strom- und Wärmeerzeugung kommt dem Zuwachs bei biogener Energie größere Bedeutung zu, ein Teil des Zuwachses beim dort bedeutendsten Energieträger Gas wird dadurch verdrängt. Am stärksten expandiert der Einsatz von biogener Energie (wiederum annahmegemäß gestützt auf Haas *et al.*, 2001) bei den FWVU, vor allem "auf Kosten" des Heizöleinsatzes.

Übersicht 24: Brennstoffeinsatz für elektrische Energie und Wärme nach Umwandlungsvorgängen, in TJ

	2000	2005	2010	2015	2020
<i>EVU, kalorisch</i>					
Steinkohle	26.558	40.659	28.465	14.348	2.609
Braunkohle	4.982	0	0	0	0
Heizöl	11.781	6.768	13.119	20.701	29.377
Gas	60.728	82.936	91.310	111.229	135.949
Biogene Energie	224	654	1.072	1.193	1.367
<i>Industrie</i>					
Gas	29.066	35.813	43.759	46.666	50.471
Biogene Energie	14.946	19.720	24.937	26.593	28.762
<i>FWVU</i>					
Heizöl	11.344	10.300	8.478	9.339	10.823
Gas	11.273	13.293	14.483	15.954	18.489
Biogene Energie	5.781	9.357	12.487	13.755	15.941
Geothermie	33	576	1.079	1.189	1.378

Die entsprechenden Erzeugungszahlen für elektrische Energie aus erneuerbaren Energieträgern können direkt aus der Studie von *Haas et al.* (2001) berechnet werden. Eine Gegenüberstellung mit den Daten zur gesamten Stromerzeugung im "Baseline"-Szenario zeigt, welche Anteile für Ökostromerzeugung an der gesamten Erzeugung erreicht werden⁷⁾. Die Studie von *Haas et al.* (2001) enthält lediglich Daten über den gesamten Zuwachs an erneuerbarer Energie und Kleinwasserkraft bis 2010 und keine Aufteilung auf einzelne Jahre.

Übersicht 25: Erzeugung von elektrischer Energie aus erneuerbaren Energieträgern, in GWh

	1999	2010
Photovoltaik	3	7
Wind	70	1.670
Kleinwasserkraft	4.150	5.370
Feste Biomasse	100	760
Biogas	21	106
Deponiegas/Klärgas	138	228
Erzeugung, insgesamt	60.353	66.057
Anteile in %		
Kleinwasserkraft	6,9	8,1
Erneuerbare Energie	0,5	4,2

⁷⁾ Dazu ist allerdings anzumerken, dass das EIWOG die Ökostrom-Ziele als Anteil am Verbrauch definiert.

Q: Haas et al. (2001), Statistik Austria (Energiebilanzen), WIFO-Berechnungen.

Die CO₂-Emissionen der Umwandlungsvorgänge nehmen entsprechend zu, bis 2010 um ca. 3,2 Mio. t, wovon alles auf zusätzliche Emissionen der EVU (+1,5 Mio. t) und der industriellen Strom- und Wärmeerzeugung (+1,7 Mio. t) entfällt. Dadurch kommt die Verschiebung von Emissionen aus dem Endverbrauch (Verdrängung fossiler durch elektrische Energie) in den Umwandlungseinsatz zum Ausdruck. Das bewirkt auch eine Steigerung des energetischen Gesamtverbrauchs und der CO₂-Emissionen insgesamt.

Übersicht 26: Energetischer Gesamtverbrauch, in TJ

	2000	2005	2010	2015	2020
Kohle	135.710	139.357	124.335	104.537	87.859
Öl, Brennstoffe	390.348	401.267	418.998	438.336	454.909
Öl, Treibstoffe	60.381	69.429	76.513	82.216	88.127
Gas	290.099	346.904	378.534	412.171	447.582
Fossile Energie	876.538	956.957	998.381	1.037.260	1.078.477
Elektrische Energie	148.749	151.425	156.040	162.052	168.118
Biomasse	133.125	146.903	160.055	167.667	176.806
Wärme	6.989	9.639	12.876	16.499	21.272
INSGESAMT	1.165.401	1.264.924	1.327.352	1.383.478	1.444.674

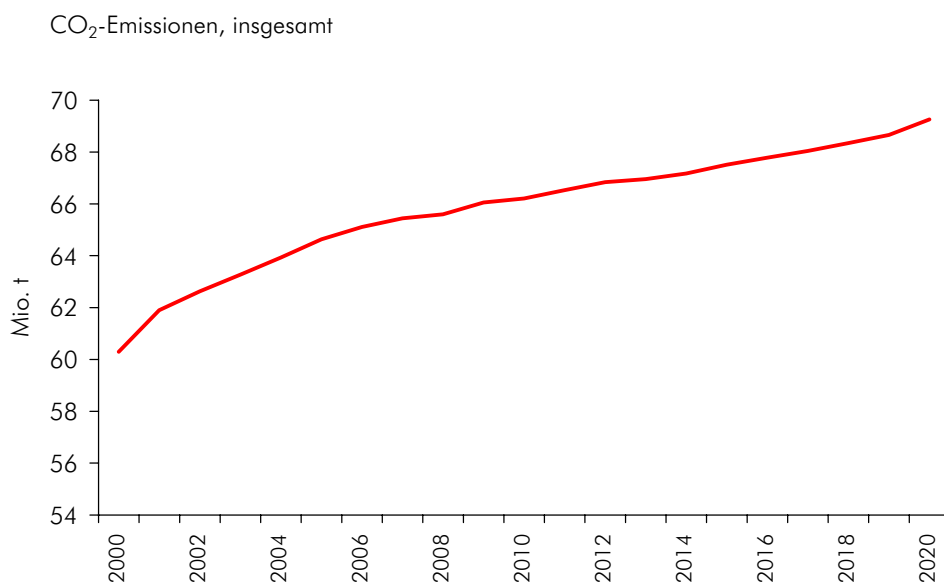
Übersicht 27: CO₂-Emissionen im Umwandlungseinsatz und insgesamt, in 1.000 t

	2000	2005	2010	2015	2020
Kokerei	365	352	353	345	341
Hochofen	78	89	100	103	108
Raffinerie	658	670	716	764	802
Fernwärme	1.548	1.585	1.513	1.667	1.931
Wärme Kraft, EVU	7.243	8.917	8.727	9.088	10.022
Wärme Kraft, Industrie	4.676	5.466	6.381	6.707	7.133
Umwandlungsvorgänge	14.568	17.079	17.790	18.674	20.337
CO ₂ , ENDVERBRAUCH	45.724	47.555	48.424	48.832	48.926
CO ₂ , INSGESAMT	60.292	64.634	66.215	67.506	69.263

Übersicht 28: Gesamtverbrauch in TJ und CO₂-Emissionen in 1.000 t

	Gesamtverbrauch	CO ₂ -Emissionen
2000	1.165.401	60.292
2001	1.190.485	61.898
2002	1.210.347	62.627
2003	1.228.352	63.269
2004	1.246.754	63.928
2005	1.264.924	64.634
2006	1.279.604	65.111
2007	1.292.072	65.440
2008	1.302.705	65.599
2009	1.315.722	66.055
2010	1.327.352	66.215
2011	1.339.185	66.530
2012	1.351.219	66.842
2013	1.360.398	66.960
2014	1.371.398	67.172
2015	1.383.478	67.506
2016	1.394.437	67.781
2017	1.405.239	68.037
2018	1.416.932	68.341
2019	1.429.255	68.665
2020	1.444.674	69.263

Abbildung 10: CO₂-Emissionen im "Baseline"-Szenario



Die CO₂-Emissionen werden bis 2020 kumuliert gegenüber 2000 um ca. 9 Mio. t ansteigen. Nimmt man das Jahr 2010 als relevanten Mittelwert zur Überprüfung der Erreichung des "Kyoto-Zieles", dann sieht man, dass die Emissionen bei 66,2 Mio. t und damit um ca. 11 Mio. t über dem Wert von 1990 (ca. 55,5 Mio. t) liegen werden.

Zieht man erneut die aggregierte Maßzahl BIP real pro Energieeinheit als groben Effizienzindikator heran, dann sieht man, dass sich diese bis 2010 um etwas weniger als 1% pro Jahr verbessert und danach um etwas mehr.

Übersicht 29: Energieeffizienz im energetischen Gesamtverbrauch (Energieeinheit pro BIP-Einheit (real zu Preisen 1983))

	TJ/Mio. Euro	Veränderungsrate in %
2000	8,63	
2001	8,60	-0,5
2002	8,54	-0,6
2003	8,50	-0,5
2004	8,45	-0,6
2005	8,39	-0,6
2006	8,32	-0,9
2007	8,23	-1,0
2008	8,14	-1,2
2009	8,06	-1,0
2010	7,97	-1,1
2011	7,89	-1,1
2012	7,80	-1,0
2013	7,71	-1,2
2014	7,62	-1,1
2015	7,54	-1,0
2016	7,46	-1,1
2017	7,38	-1,1
2018	7,30	-1,1
2019	7,22	-1,1
2020	7,15	-0,9

Die CO₂-Intensität des BIP nimmt demgegenüber aufgrund von Substitution zwischen den Energieträgern stärker ab. Dieses "decarbonizing" ist ein in anderen Energieszenarien für Europa ebenfalls abgebildetes Phänomen, das im wesentlichen die Bedeutung von Substitution zwischen einzelnen Energieträgern hervorhebt.

Übersicht 30: CO₂-Emissionsintensität (CO₂ pro BIP-Einheit)

	1.000 t/Mio. Euro	Veränderungsrate in %
2000	0,45	
2001	0,45	0,0
2002	0,44	-1,1
2003	0,44	-1,0
2004	0,43	-1,0
2005	0,43	-1,0
2006	0,42	-1,3
2007	0,42	-1,5
2008	0,41	-1,7
2009	0,40	-1,3
2010	0,40	-1,7
2011	0,39	-1,5
2012	0,39	-1,5
2013	0,38	-1,7
2014	0,37	-1,6
2015	0,37	-1,4
2016	0,36	-1,5
2017	0,36	-1,5
2018	0,35	-1,4
2019	0,35	-1,5
2020	0,34	-1,1

Bezieht man die CO₂-Emissionen umgekehrt auf die Bevölkerung, dann beobachtet man im "Baseline"-Szenario ein weiteres Ansteigen der CO₂-Emissionen pro Kopf von ca. 7,4 t pro Kopf im Jahr 2000 auf ca. 8,1 t pro Kopf im Jahr 2010 und weiter auf 8,3 t pro Kopf im Jahr 2020. Dieser Indikator entspricht eher der Perspektive von Nachhaltigkeit, da die Ressourcen des Planeten im Sinne einer intakten Atmosphäre absolut begrenzt sind.

Daher ist eine von dem in allen industrialisierten Ländern ohnehin schon hohen Niveau aus weiter steigende Inanspruchnahme dieser Ressourcen durch einen Teil der Weltbevölkerung als nicht nachhaltig einzustufen. Dies umso mehr, als bei den Detailergebnissen sichtbar wurde, dass bei den primären, an die Bevölkerung unmittelbar gekoppelten Energiebedürfnissen der Raumwärme ohnehin eine Abnahme der Emissionen zu erwarten ist, während die vor allem im Weltmaßstab stark an das Einkommensniveau geknüpften "Luxus-Energiebedürfnisse" wie Verkehr zu einem Anstieg der Emissionen beitragen.

Übersicht 31: CO₂-Emissionen pro Kopf

	t/Kopf	Veränderungsrate in %
2000	7,43	
2001	7,62	2,5
2002	7,70	1,0
2003	7,77	0,9
2004	7,84	0,9
2005	7,91	1,0
2006	7,96	0,6
2007	7,99	0,4
2008	8,00	0,1
2009	8,05	0,6
2010	8,06	0,1
2011	8,09	0,4
2012	8,12	0,4
2013	8,13	0,1
2014	8,15	0,2
2015	8,18	0,4
2016	8,20	0,3
2017	8,22	0,3
2018	8,25	0,3
2019	8,28	0,4
2020	8,34	0,8

5.4 Sensitivitätsanalysen zur Bedeutung der erneuerbaren Energie und der Stromimporte im "Baseline"-Szenario

Im Bereich des Umwandlungseinsatzes kommt den Annahmen zum "Baseline"-Szenario wesentlich größere Bedeutung zu als beim energetischen Endverbrauch. Das betrifft jene Parameter und Variablen, bei denen einerseits jetzt schon absehbare bedeutende strukturelle Veränderungen anstehen, die eine Verlängerung der historischen Trends verbieten und andererseits jene, bei denen politische Zielsetzungen bestehen, die eine Vielfalt von möglichen Pfaden offen lassen.

Der letzte Punkt betrifft die Entwicklung der erneuerbaren Energie im "Baseline"-Szenario, bei der vollinhaltlich auf der Studie von *Haas et al.* (2001) aufgebaut wurde. Das beinhaltet die Erfüllung der Ziele des EWOG bezüglich Ökostrom sowie eine Abschätzung auch der anderen erneuerbaren Energie aufgrund der Potentiale in Österreich und der Realisierung dieser Potentiale unter gewissen ökonomischen Rahmenbedingungen. Das impliziert z. B. im Gegensatz zu linearen Optimierungsmodellen, die die Bedeutung der relativen Preise betonen, auch eine Orientierung an der Vergangenheit und den Bedingungen von Technologie-Diffusion. Gerade in Österreich ist eine rasche Diffusion von Technologien nicht unbedingt bei den kostengünstigsten erneuerbaren Energieträgern (thermische Solarenergie) zu beobachten.

Aus dieser Erfahrung und den Detailanalysen zu den Kosten und Barrieren für verschiedene erneuerbare Energieträger in Haas *et al.* (2001) erscheinen die Entwicklungspfade für diese Energieträger im "Baseline"-Szenario nicht als unwahrscheinlich. Um einen Anhaltspunkt dafür zu bekommen, welche Rolle diesen Entwicklungspfaden bei erneuerbarer Energie für die Bestimmung der gesamten CO₂-Emissionen zukommt, wurde eine Sensitivitätsanalyse "erneuerbare Energie" durchgeführt. Darin wurden alle relevanten Annahmen zur erneuerbaren Energie im Umwandlungssektor aus dem "Baseline"-Szenario herausgenommen.

Das betrifft sowohl die Biomasse-Nahwärme und Biomasse-KWK als auch die Ökostromerzeugung aus Windkraft und Photovoltaik (PV). Nicht herausgerechnet wurde der geringfügige Anstieg der Kleinwasserkraft. Als erstes Ergebnis erhält man höhere kalorische Stromerzeugung und bei gegebener Strom- und Wärmeerzeugung höhere Inputmengen an fossiler Energie, die die wegfallende erneuerbare Energie ersetzen muss.

Übersicht 32: Brennstoffeinsatz für elektrische Energie und Wärme nach Umwandlungsvorgängen, in TJ: Sensitivitätsanalyse "erneuerbare Energie"

	2000	2005	2010	2015	2020
<i>EVU, kalorisch</i>					
Steinkohle	26.558	42.182	35.906	22.387	11.872
Braunkohle	4.982	715	0	0	0
Heizöl	11.781	6.296	9.101	15.023	21.369
Gas	60.728	84.523	101.997	126.615	157.485
Biogene Energie	224	285	314	353	408
<i>Industrie</i>					
Gas	29.066	36.675	45.368	48.382	52.327
Biogene Energie	14.946	18.858	23.328	24.878	26.907
<i>FWVU</i>					
Heizöl	11.344	13.377	14.574	16.055	18.606
Gas	11.273	13.293	14.483	15.954	18.490
Biogene Energie	5.781	6.817	7.428	8.182	9.483
Geothermie	33	39	42	46	54

Dabei zeigt sich, dass auch in der EVU Stromerzeugung wesentlich mehr fossile Energie benötigt wird aufgrund des Wegfalles des Anstieges der Windenergie (die Windenergie bleibt auf ca. 300 TJ). Diese Sensitivitätsanalyse erlaubt aber keine Aussage darüber, welche Emissionswirkungen die Verfehlung der EIWOG-Ziele hätte, da in der Diffusion von erneuerbarer Energie, wie sie in Haas *et al.* (2001) enthalten ist, auch massive Steigerungen im Wärmebereich enthalten sind.

Der höhere fossile Brennstoffeinsatz schlägt sich direkt in höheren Emissionen der Umwandlungsvorgänge nieder, und zwar bei FWVU, EVU und industrieller Strom- und Wärmeerzeugung und

geringfügig auch bei der Raffinerie (höherer Verbrauch an Ölprodukten). Die CO₂-Emissionen der Umwandlungsvorgänge steigen in einem derartigen Szenario bis 2010 um fast 4,8 Mio. t. Die gesamten CO₂-Emissionen steigen bis 2010 auf 67,8 Mio. t und liegen damit um ca. 1,5 Mio. t über jenen des "Baseline"-Szenarios.

Übersicht 33: CO₂-Emissionen (Umwandlung und insgesamt), in 1.000 t: Sensitivitätsanalyse "erneuerbare Energie"

	2000	2005	2010	2015	2020
Kokerei	365	352	353	345	341
Hochofen	78	89	100	103	108
Raffinerie	658	673	719	765	802
Fernwärme	1.548	1.825	1.988	2.190	2.538
Wärme kraft, EVU	7.243	9.180	9.701	10.247	11.453
Wärme kraft, Industrie	4.676	5.513	6.470	6.801	7.235
Umwandlungsvorgänge	14.568	17.633	19.331	20.453	22.477
CO ₂ , Insgesamt	60.292	65.188	67.755	69.285	71.403
CO ₂ , BASE	60.292	64.634	66.215	67.506	69.263

Eine weitere kritische Annahme auf der Umwandlungsseite betrifft im "Baseline"-Szenario die Stromimporte. Die Drehung des Saldos und der Übergang in ein Regime positiver Nettoimportquoten wurde im "Baseline"-Szenario als Folge der Liberalisierung argumentiert. Im früheren geschützten Markt hätte man davon ausgehen können, dass bei gegebener kalorischer Erzeugung die Importe das Residuum darstellen. Im liberalisierten Markt kommt es jedoch zu einem zusätzlichen "Importdruck", dem sich die heimische Erzeugung anpassen müssen wird. Ein extrem unterschiedlicher Standpunkt zu dieser Annahme wäre, dass im großen und ganzen der gesamte Verbrauchszuwachs in Österreich aufgrund europäischer Überkapazitäten importiert wird. Das würde bedeuten, dass die Verlagerung von CO₂ aus dem Endverbrauch durch Verdrängung fossiler durch elektrische Energie in den Umwandlungseinsatz weitergeführt wird in eine Verlagerung ins Ausland.

In einem derartigen Szenario müsste die Nettoimportquote massiv ansteigen, nämlich bis 2010 auf ca. 11% und bis 2020 auf beinahe 18%. Dieser höhere Pfad der Nettoimportquote für Strom wurde als Ausgangspunkt für eine weitere Sensitivitätsanalyse gewählt. Ex ante wurde die entsprechende Nettoimportquote derart berechnet, dass bei gegebenem Verbrauchswachstum des "Baseline"-Szenarios die kalorische Erzeugung auf dem Niveau von 2001 (ca. 64.260 TJ) stabilisiert werden kann.

Diese Nettoimportquote wurde dann in DAEDALUS III eingesetzt und das Modell gelöst. Ex post zeigt sich, dass das zur Stabilisierung der kalorischen Erzeugung führt. Ebenfalls sieht man das da-

durch induzierte massive Wachstum der Nettoimporte von elektrischer Energie. Eine derartige Entwicklung hätte massive Verschiebungen der Erzeugungsstrukturen innerhalb Europas zur Voraussetzung, wobei Österreich einen vielfach unattraktiveren Standort für Stromerzeugung darstellen müsste als die Länder, aus denen dann importiert wird.

Übersicht 34: Erzeugung von elektrischer Energie, in TJ: Sensitivitätsanalyse "Stromimporte"

	Erzeugung	Wasser, Wind, PV	Davon Wind, PV	Kalorisch	Davon EVU kalorisch	Nettoimporte
2000	212.085	154.108	262	57.977	41.384	-5.405
2001	205.137	140.871	359	64.266	47.716	6.344
2002	206.276	142.012	492	64.264	46.543	9.767
2003	207.416	143.153	674	64.263	45.359	12.850
2004	208.556	144.294	923	64.262	44.163	16.054
2005	209.696	145.435	1.264	64.261	42.956	18.916
2006	210.836	146.576	1.732	64.260	41.737	21.085
2007	211.976	147.717	2.373	64.259	40.508	22.855
2008	213.117	148.858	3.251	64.259	39.267	24.351
2009	214.258	150.000	4.454	64.258	38.015	25.596
2010	215.399	151.141	6.036	64.258	36.751	27.251
2011	216.539	152.282	6.338	64.257	36.559	29.132
2012	217.679	153.423	6.655	64.256	36.367	31.062
2013	218.820	154.564	6.987	64.256	36.174	32.787
2014	219.960	155.705	7.337	64.255	35.982	34.725
2015	221.101	156.846	7.704	64.255	35.790	36.872
2016	222.241	157.987	8.089	64.254	35.597	38.999
2017	223.382	159.129	8.493	64.253	35.405	41.176
2018	224.523	160.270	8.918	64.253	35.212	43.521
2019	225.663	161.411	9.364	64.252	35.020	46.248
2020	226.803	162.552	9.832	64.251	34.827	49.182

Im Jahr 2010 lägen die Emissionen um über 3 Mio. t unter jenen des "Baseline"-Szenarios. Bis zum Jahr 2020 erhöht sich diese Differenz auf ca. 5,5 Mio. t.

Gleichzeitig ist aber auch sichtbar, dass zumindest bis 2010 der Anstieg der CO₂-Emissionen insgesamt auch durch diese Entwicklung nicht verhindert werden kann, die Emissionen steigen bis dahin trotz einer Erhöhung der Nettoimportquote bei Strom auf 11% um fast 3 Mio. t an.

Übersicht 35: CO₂-Emissionen (Umwandlung und insgesamt), in 1.000 t: Sensitivitätsanalyse "Stromimporte"

	2000	2005	2010	2015	2020
Kokerei	365	349	347	336	328
Hochofen	78	87	95	97	100
Raffinerie	658	672	716	761	795
Fernwärme	1.548	1.570	1.490	1.635	1.887
Wärme kraft, EVU	7.243	7.129	5.933	5.461	5.247
Wärme kraft, Industrie	4.676	5.282	6.002	6.170	6.395
Umwandlungsvorgänge	14.568	15.088	14.583	14.460	14.752
CO ₂ , Insgesamt	60.292	62.643	63.008	63.292	63.678
CO ₂ , BASE	60.292	64.634	66.215	67.506	69.263

6. Das "Kyoto"-Szenario auf Basis der vorliegenden Klimastrategie

6.1 Annahmen der Klimastrategie

Für die Erstellung des "Kyoto-Szenarios" wurde von der vorliegenden Klimastrategie in der Fassung vom 13. März 2001 ausgegangen. Die Klimastrategie enthält als Ausgangspunkt ebenfalls ein Trendszenario und die Formulierung des Reduktionszieles für alle Treibhausgase um 13% bis zum Kyoto-Verpflichtungszeitraum 2008 bis 2012. Eine weitere Vorbedingung der Klimastrategie besteht darin, möglichst kosteneffiziente Lösungen zur Zielerreichung einzusetzen, wobei die Abhängigkeit der Kosten vom Ausmaß der Diffusion einer Technologie betont wird.

Weiters werden den kurzfristigen Kosten gegenüberstehende längerfristige Vorteile der Emissionsreduktion ("ancillary benefits") und mögliche gesamtwirtschaftliche Vorteile aufgrund vorliegender Studien angesprochen. Das Emissionsreduktionsziel soll gemäß Klimastrategie durch die Umsetzung eines Kyoto-Maßnahmenpakets erreicht werden. Dieses Maßnahmenpaket stellt weitestgehend direkte strukturelle Eingriffe in das Energiesystem dar, die Klimastrategie beschreibt losgelöst davon die ökonomischen und technologiepolitischen Rahmenbedingungen und die sonstigen Instrumente zur Umsetzung der Maßnahmen.

Hier wurde eine möglichst genaue Umsetzung der in der Klimastrategie getroffenen Annahmen in das Energiemodell DAEDALUS III angestrebt. Dazu wurden die zahlreichen Einzelmaßnahmen der Klimastrategie zunächst in "Pakete" zusammengefasst, die jeweils einem Sektor des Energieverbrauchs zuzuordnen sind. Das entspricht in etwa den Kapitelüberschriften der Klimastrategie mit teilweise unterschiedlichen Abgrenzungen zwischen dem Bereich "Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung" und den anderen Bereichen. Die derart identifizierten "Pakete" umfassen:

Gebäude, Elektrizität im Kleinverbrauch, Verkehr, Elektrizität und Wärme, Industrie, Landwirtschaft, Abfallwirtschaft und sonstige Gase.

Die Maßnahmen in den letzten drei Bereichen liegen außerhalb des Energiesystems und damit außerhalb dessen, was mit dem Energiemodell DAEDALUS III quantifiziert werden kann. Die sonstigen Maßnahmen können nach der Stufe ihrer Wirkungsweise im Energiesystem klassifiziert werden in:

1. Reduktion von (redundanten) Energiedienstleistungen (z. B. Fahrleistungen im Verkehr, bessere Regelung der Raumtemperatur)
2. Effizientere Technologien im Endverbrauch (z. B. bei den Motoren der Fahrzeuge, bei der thermischen Gebäudequalität)

3. Effizientere Technologien bei der Energie-Transformation (z. B. durch Co-Generation, Wirkungsgradverbesserungen der Anlagen)
4. Verschiebung des Energie-Trägermixes (z. B. kohlenstoffärmerer und kohlenstofffreier Energie)

Probleme der Implementierung der Maßnahmenpakete bestanden in den Bereichen, in denen die Inputdaten zu den Maßnahmen in der Klimastrategie nicht spezifiziert waren, sondern lediglich die erwarteten CO₂-Effekte. Dabei wurde versucht, die Maßnahmen in etwa so zu dimensionieren, dass sie die erwarteten CO₂-Effekte ergeben.

Bei allen Maßnahmen, die erneuerbare Energieträger betreffen, wurde zusätzlich zur Klimastrategie auch die Studie von *Haas et al.* (2001) über Potentiale und ambitionierte Entwicklungspfade bis 2010 herangezogen. In die Klimastrategie in der Fassung vom 13. März 2001 wurde ebenfalls bereits diese Studie eingearbeitet.

Im Energiemodell DAEDALUS III bietet sich eine Reihe von Variablen für Eingriffe an, hinter denen diese Maßnahmen der Klimapolitik stehen können, z. B. Verbrauch von Biomasse und Fernwärme in einzelnen Sektoren, Technologien (Qualität der Kapitalstöcke) für Raumwärme der Haushalte und des Pkw-Verkehrs, Anteile der Pkw-Typen (Benzin, Diesel, sonstige) am Fahrzeugbestand und Besteuerung von Brenn- und Treibstoffen. Die genannten Variablen beeinflussen den energetischen Endverbrauch. Im Umwandlungsmodell von DAEDALUS III kann exogen vor allem bei den Technologien der Umwandlungsvorgänge und bei den Importquoten eingegriffen werden.

Generell wurde angenommen, dass alle Maßnahmen nur bis 2012 wirken und danach wegfallen. Das bedeutet, dass die in DAEDALUS III geänderten Variablen dann auf diesem Niveau bleiben. Im allgemeinen bedeutet das eine Niveauverschiebung in einzelnen Bereichen der Energienachfrage und in den Anteilen der Energieträger, die bis 2012 erreicht wird und dann mit den Trends des "Baseline"-Szenarios fortgesetzt wird. Erreichte Niveaus der Energieeffizienz und des Anteils erneuerbarer Energie wirken somit auch nach 2012 weiter (Niveau-Effekt). Eine spezielle dynamische Wirkung in diesem Zusammenhang kommt der thermischen Sanierungsrate zu (siehe unten), die ebenfalls auf dem durch die "Kyoto"-Maßnahmen erreichten Niveau bleibt und damit weiter die Effizienz des Kapitalstocks für Wohnen verbessert.

Übersicht 36: Wirkungsweise der Maßnahmen der Klimastrategie

	Dienstleistungen		Endverbrauch		Transformation	
	Redundanz	Effizienz	Effizienz	Fuel Shift	Effizienz	Fuel Shift
<i>Gebäude</i>						
Regelungstechnik Benutzerverhalten	○					
Thermische Sanierung		○				
Heizanlagen Sanierung		○				
Wärme aus bestehenden Quellen				○		
Wärme aus erneuerbarer Energie				○		
Cogeneration in Gebäuden		○		○		
Biomasse Einzelheizungen				○		
Umgebungswärme aus Wärmepumpen				○		
Thermische Solarenergie				○		
<i>Elektrizität im Kleinverbrauch</i>						
Regelungstechnik Benutzerverhalten	○					
Geräte		○				
<i>Industrie</i>						
Mechanische Systeme		○				
Cogeneration in Neuanlagen					○	○
Biomasse in bestehenden Anlagen						○
Prozessbedingte Emissionen		○				
Raffinerie		○				
<i>Verkehr</i>						
Benutzerverhalten	○					
Verkehrskonzepte Logistik						
Modal Mix		○				
Flottenverbrauch		○				
Biogene Treibstoffe				○		
<i>Landwirtschaft</i>						
<i>Elektrizität und Wärme</i>						
Cogeneration in Neuanlagen					○	
Biomasse in kalorischen Anlagen						○
Biomasse in Cogeneration					○	○
Wasserkraft Upgrading/Neuanlagen					○	○
Neue Erneuerbare Wind, PV, Geothermie						○

– Annahmen im Bereich Gebäude

Durch Eingriffe in der Regelungstechnik von Gebäuden und Änderungen im Benutzerverhalten soll es im Rahmen der Klimastrategie zu einem Effekt auf die Energiedienstleistungen kommen, die einer Absenkung der beheizten Fläche äquivalent sind. Dabei sind Verbesserungen in der Rege-

lungstechnik auch in öffentlichen Gebäuden angesprochen und auch entsprechende Änderungen im Benutzerverhalten. Diese Maßnahme wurde dadurch implementiert, dass die Energiedienstleistungen bis 2010 ungefähr um 15% abgesenkt werden; dadurch kommt es in allen Gebäudekategorien zu einer entsprechenden Absenkung der durchschnittlichen, beheizten Fläche.

Die wesentliche Variable für Raumwärme ist die in Effizienzparametern (kWh/m²) dargestellte thermische Qualität des Gebäudebestandes aus den drei Bauperioden "vor 1945", "1945/1980" und "nach 1980". Diese wirkt zusammen mit dem vom Preisniveau abhängigen Benutzerverhalten auf den Energieverbrauch. Die Effizienzparameter werden bestimmt durch den technischen Fortschritt im neuen Gebäudebestand und im alten Gebäudebestand (Sanierung, Verbesserung von Heizsystemen).

Übersicht 37: Durchschnittliche beheizte Nutzfläche (in m²) im Jahr 2010 nach Gebäudekategorien

Gebäude	BASELINE	KYOTO
Vor 1944	82	69,7
1945/1980	90,5	76,9
Nach 1981	104,9	89,2

Im "Baseline"-Szenario beträgt die Sanierungsrate insgesamt beim Gebäudebestand der Periode 1945/1980 1%, wobei die Hälfte davon thermische Sanierung beinhaltet (thermische Sanierungsrate von 0,5%). In der Klimastrategie ist ein Anstieg der thermischen Sanierungsrate auf *zumindest* 2% als Maßnahme vorgesehen, wobei der mittlere Gebäudebestand (aus 1945/1980) dafür *vordringlich* genannt wurde.

Für das "Kyoto"-Szenario wurde eben aufgrund dieses dringlichen Sanierungsbedarfes im abgewohnten Bestand von Nachkriegsbauten angenommen, dass die sich die thermische Sanierung *ausschließlich* darauf konzentriert und dafür die Sanierungsrate bis 2012 linear auf bis zu 3% ansteigt. Die gesamte Sanierungsrate entspricht auch der thermischen, weil jedes Sanierungsprojekt aufgrund der dann relativ niedrigen *marginalen* Kosten auch die thermische Sanierung miteinschließt.

Der Effizienzparameter sinkt (d. h. der Energieaufwand in kWh/m² geht zurück) dadurch entsprechend ab analog zu der Absenkungswirkung im "Baseline"-Szenario.

Bezüglich der Verbesserung von Heizsystemen enthält die Klimastrategie gewisse geringe CO₂-Reduktionseffekte aus dem vorgezogenen Heizungstausch. Außerdem wird auch im neuen Gebäudebestand angenommen, dass der Effizienzparameter entsprechend abgesenkt werden kann und ein Teil der neuen Gebäude mit bester Technologie (ca. 30 kWh/m²) ausgestattet werden kann.

Für das "Kyoto"-Szenario wurden beide Maßnahmen zusammen betrachtet und angenommen, dass durch beide Maßnahmen die Effizienzparameter der Gebäudebestände aus 1945/1980 und nach

1980 um 1% pro Jahr absinken. Für die Periode nach 2012 bleibt die thermische Sanierungsrate auf 3%, während die Verbesserung der Effizienz der Heizsysteme weitergeht. Beide Maßnahmen zusammen betrachtet bewirken erhebliche Absenkungen der Effizienzparameter im Gebäudebestand.

Übersicht 38: Thermische Gebäudequalität (kWh/m²) im "Kyoto"-Szenario

	1945/1980	Nach 1981
2000	216	127
2001	213	123
2002	211	120
2003	208	117
2004	204	113
2005	201	110
2006	198	107
2007	194	103
2008	191	100
2009	187	97
2010	182	94
2011	179	92
2012	176	90
2013	172	88
2014	169	86
2015	165	86
2016	162	86
2017	159	86
2018	155	86
2019	152	86
2020	148	86

Im "Baseline"-Szenario wurde bezüglich der Biomasse im Endverbrauch in allen Sektoren im wesentlichen von einer Fortsetzung der Trends ausgegangen. Bei den Haushalten wurde in Übereinstimmung mit einer Studie der TU Wien (*Haas et al., 2001*) ein weiterer Rückgang der mit Biomasse befeuerten Einzelöfen angenommen. Gleichzeitig steigt im "Baseline"-Szenario die Anzahl der Pelletsheizungen an.

Das Tempo dieses Anstieges wird bestimmt durch die Geschwindigkeit der Diffusion dieser noch neuen Technologie und der Wettbewerbsfähigkeit gegenüber Heizsystemen mit Heizöl extra leicht und Erdgas für Einfamilienhäuser. Für den energetischen Endverbrauch von Fernwärme wurde im "Baseline"-Szenario von den Ausbauplänen der Fernwärmewirtschaft ausgegangen, wobei zusätzlich berücksichtigt wurde, dass das vorhandene aber kaum quantifizierbare Anschlusspotential für Fernwärme bei höherem Rohölpreis zusätzlich teilweise erschlossen wird, sodass das Verbrauchswachstum in einer solchen Situation höher ist.

Die Klimastrategie geht insgesamt von einem Reduktionspotential durch erneuerbare Energie von 2 Mio. t CO₂ aus und unterscheidet Maßnahmen für Biomasse-Einzelanlagen, Nahwärme aus Biomasse, Biomasse-KWK, sowie Wärmepumpen und Solarthermie. Für Biomasse-Einzelanlagen wird eine Umkehrung des fallenden Trends durch Maßnahmen unterstellt (ca. 1 Mio. t CO₂). Die Forcierung von Wärme aus erneuerbarer Energie soll laut Klimastrategie einen Reduktionseffekt von 0,7 Mio. t erbringen, Wärmepumpen und Solarthermie sollen zusammen weitere 0,5 Mio. t CO₂-Reduktion ermöglichen.

Für das "Kyoto-Szenario" wurde für Nahwärme aus Biomasse, Biomasse-Einzelanlagen sowie Wärmepumpen und Solarthermie einerseits von diesen Reduktionspotentialen und andererseits vom "moderaten" und teilweise auch vom "ambitionierten" Szenario aus Haas et al. (2001) ausgegangen.

Weitere Maßnahmen im Wärmebereich in der Klimastrategie sind die Erschließung des Anschlusspotentials bei Wärme und zusätzliche Cogeneration in Gebäuden. Dafür wurden ebenfalls in Anlehnung an die in der Klimastrategie angegebenen CO₂-Reduktionseffekte 8.000 TJ für zusätzlich ausgekoppelte Wärme und 5.000 TJ für Cogeneration in Gebäuden angesetzt.

Diese exogen neu vorgegebenen Mengen verdrängen im Haushalts- und Dienstleistungsbereich fossile Energie und in geringem Ausmaß auch elektrische Energie bei gegebenen Preisen. Für die Wärme wird bezüglich der Auskopplung kein zusätzlicher Primärenergiebedarf angesetzt. Die Cogeneration in Gebäuden wird auf Basis von Erdgas implementiert, die Wärme aus Biomasse verändert die Technologie der gesamten österreichischen Wärmeaufbringung, wie sie in DAEDALUS III implementiert ist.

Übersicht 39: Wärme und erneuerbare Energie (in TJ) im "Kyoto"-Szenario: kumulierte Differenz zum "Baseline"-Szenario bis 2010

Wärme aus bestehenden Quellen	8.000
Cogeneration in Gebäuden	5.000
Wärme aus Biomasse	9.700
Biomasse-Einzelanlagen	9.000
Wärmepumpen, Solarthermie	8.340

– Annahmen im Bereich Elektrizität im Kleinverbrauch

Der Ausgangspunkt der Klimastrategie in diesem Bereich ist es, zunächst die verbrauchserhöhenden Wirkungen der Liberalisierung des Elektrizitätsmarktes zu kompensieren und in einem zweiten Schritt auch generell gegebene Potentiale zur Verbrauchsreduktion freizusetzen. In diesem Bereich wurde einfach angesetzt, dass durch beide Maßnahmen im Jahr 2010 der Endverbrauch an elektrischer Energie um 20% unter jenem des Baseline-Szenarios liegt.

– Annahmen im Bereich Verkehr

Im Pkw-Verkehr wird im "Baseline"-Szenario auf Teilergebnisse der mit dem Verkehrsmodell der TU Graz berechneten langfristigen Szenarien zurückgegriffen. Das betrifft den Durchschnittsverbrauch der Pkw-Flotte, getrennt nach Diesel- und Pkw-Fahrzeugen, der für DAEDALUS III eine exogene Variable darstellt. Diese Szenarien der TU Graz enthalten bereits die sich aus den freiwilligen Vereinbarungen auf europäischer Ebene ergebenden Reduktionen im Durchschnittsverbrauch. Die Begründung dafür ist die Beobachtung, dass seit 1993 bereits der tatsächliche Durchschnittsverbrauch der österreichischen Pkw-Flotte jenem Entwicklungspfad entspricht, der sich aus den freiwilligen Vereinbarungen ergäbe.

Die Klimastrategie enthält in diesem Bereich eine Fülle von Maßnahmen, wobei verschiedentlich die Ebene der Maßnahmen mit jener der Instrumente vermischt wird. Die einzelnen Ansatzpunkte der Maßnahmen in der Klimastrategie sind technische Verbesserungen (Durchschnittsverbrauch der Flotte), Raumordnungsmaßnahmen, die direkt auf die Mobilitätsnachfrage abzielen, Maßnahmen, die den Modal-Mix im Pkw- und Lkw- Verkehr beeinflussen sollen und die teilweise Investitionen zur Voraussetzung haben und Instrumente, die die Preise beeinflussen. Diese Maßnahmen wurde für das "Kyoto"-Szenario in die Begriffe des Modells DAEDALUS III "übersetzt" und implementiert.

Zunächst wurde bis 2010 ein weiterer Rückgang des Durchschnittsverbrauchs der Flotte bei Diesel- und Benzinfahrzeugen um 10% angenommen, danach bleibt es bei diesem um 10% niedrigeren Durchschnittsverbrauch gegenüber dem "Baseline"-Szenario.

Weiters wurde für das "Kyoto"-Szenario angenommen, dass aufgrund der durch Kommunikationstechnologie und Strukturwandel in der Beschäftigung sich ausbreitenden neuen Arbeitsformen der berufsbedingte Verkehr (inkl. Pendelverkehr) stark abnimmt. Außerdem werden u. a. durch Maßnahmen bei der Infrastruktur der öffentliche Nahverkehr und der Radverkehr speziell begünstigt, was eine Änderung im Modal-Mix des privaten Verkehrs bringen sollte. Beide Effekte zusammen sollten die Kilometerleistung pro Fahrzeug bis 2010 um 20% abzusenken; danach wird dieses um 20% niedrigere Niveau aufrechterhalten. Die Kilometerleistung der Fahrzeuge ist keine explizite Variable in DAEDALUS III, aber in der das Benutzerverhalten beschreibenden Gleichung implizit enthalten.

Diese Maßnahme wurde nun dadurch implementiert, dass beim Residuum dieser Gleichung in jenem Ausmaß eingegriffen wurde, wie es einer entsprechenden Absenkung der Kilometerleistung entspräche. Zusätzliche Annahmen im Verkehr betreffen den Modal-Mix im Güterverkehr und die Rolle von Verkehrs- und Logistikkonzepten in diesem Bereich. Hier wurde als Ziel vorgegeben, den gesamten Zuwachs des gewerblichen Verkehrs über die Schiene abzuwickeln. Es zeigt sich, dass das aufgrund der erwarteten Zuwächse im Güterverkehr als überaus ambitioniertes Ziel anzusehen ist. Das bedeutet, dass der Verbrauch an Treibstoffen im gewerblichen Verkehr im "Kyoto"-Szenario konstant bleibt und beim Stromverbrauch gegenüber dem "Baseline"-Szenario Steigerungen im Ausmaß von 20% der Steigerungen des Treibstoffverbrauchs im "Baseline"-Szenario zu erwarten

sind. Die restlichen 80% des Energieverbrauches sind effizienzbedingt und durch Erhöhung der Kapazitätsauslastung auf der Schiene nicht wirksam.

Bezüglich der nicht mit Diesel oder Benzin betriebenen Pkw (Elektrofahrzeuge, alternative Treibstoffe) wurde angenommen, dass der Anteil am Bestand bis 2020 kontinuierlich auf 5% anwächst. Bis 2010 wären damit ca. 7.300 "sonstige" Pkw im Verkehr anstatt ca. 920 im "Baseline"-Szenario.

Übersicht 40: Flottenverbrauch, Pkw im "Kyoto"-Szenario (2000 = 100)

	Benzin	Diesel
2000	100	100
2001	99,0	95,2
2002	94,5	94,2
2003	93,5	93,3
2004	92,6	88,6
2005	88,2	87,7
2006	87,3	86,8
2007	83,0	85,8
2008	82,1	81,4
2009	78,0	80,5
2010	77,1	79,6
2011	73,9	79,6
2012	73,9	76,2
2013	73,9	76,2
2014	70,7	76,2
2015	70,7	72,7
2016	70,7	72,7
2017	67,5	72,7
2018	67,5	72,7
2019	67,5	69,2
2020	64,3	69,2

Übersicht 41: Durchschnittliche Kilometer/Pkw im Jahr 2010

	BASELINE	KYOTO
Benzin	11.450	9.160
Diesel	13.080	10.470

Übersicht 42: Sonstige Pkw

	Baseline	Kyoto
2000	197	197
2001	219	283
2002	248	406
2003	284	582
2004	330	835
2005	385	1.199
2006	454	1.720
2007	538	2.468
2008	640	3.542
2009	766	5.083
2010	919	7.294
2011	1.106	10.467
2012	1.334	15.021
2013	1.612	21.555
2014	1.952	30.931
2015	2.365	44.386
2016	2.869	63.694
2017	3.484	91.400
2018	4.233	131.160
2019	5.147	188.214
2020	6.260	270.087

– Annahmen im Bereich der Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung

In diesem Bereich ergibt sich ein Teil der Eingriffe bereits durch die im Endverbrauch wirkenden Maßnahmen. Das betrifft die zusätzliche Wärmeauskopplung, die Nahwärme aus Biomasse sowie die Wärme aus Geothermie.

Die Klimastrategie in der Fassung vom 13. März 2001 enthält im "Baseline"-Szenario wie die hier vorliegende Studie bereits die Erreichung der EIWOG-Ziele für die Stromerzeugung aus erneuerbarer Energie aus Kleinwasserkraft, Wind und Photovoltaik. Für diese Bereiche sind daher keine zusätzlichen spezifischen Klimaschutzmaßnahmen mehr zu erwarten, zumal die Erreichung dieser Ziele ohnehin schon als ambitioniert angesehen werden kann.

In Ansatz gebracht wurden die Maßnahmen bei Biomasse in kalorischen Anlagen (Zuführung von Biomasse) und Biomasse in Cogeneration. Ein weiterer Anhaltspunkt dabei war wiederum die Studie von Haas *et al.* (2001) in Form des darin enthaltenen "ambitionierten" bzw. "moderaten" Szenarios. Bei Co-Generation aus fester Biomasse, Biogas, sowie Klärgas/Deponiegas kommt es im "Kyoto"-Szenario auch zu bedeutender Wärmeauskopplung im Unterschied zum Status quo. Der Einbau ins Modell erfolgt über die Berechnung marginaler technischer Koeffizienten, die die durchschnittlichen technischen Koeffizienten verändern.

Übersicht 43: Wärme und Strom aus erneuerbarer Energie (in TJ) im "Baseline-" und "Kyoto"-Szenario

	BASELINE 2010		KYOTO 2010	
	Strom	Wärme	Strom	Wärme
KWK				
Feste Biomasse	2.376	792	5.760	1.919
Biogas	306	148	2.160	1.040
Deponiegas/Klärgas	324	144	648	288

Bei den Maßnahmen im Bereich der Wasserkraft, der zusätzlichen Biomasseverfeuerung in EVUs und industriellen Neuanlagen zur Cogeneration wurde mangels detaillierterer Angaben von den erwarteten CO₂-Effekten der Klimastrategie ausgegangen. Entsprechend wurde die Entwicklung der Wasserkraft so gewählt, dass sie im Jahr 2010 ca. um 1.800 TJ (entspricht ca. 0,2 t CO₂) über dem Wert des "Baseline"-Szenarios liegt. Bezüglich der Biomasseverfeuerung wurde ein um 3.500 TJ im Jahr 2010 höherer Wert und der entsprechende Entwicklungspfad angesetzt (entspricht ca. 0,35 t CO₂). Bei den industriellen Neuanlagen zur Cogeneration waren es 5.000 TJ Zuwachs gegenüber dem "Baseline"-Szenario, die als zusätzlicher Gaseinsatz, der Heizöl verdrängt, implementiert wurden (entspricht ca. 0,12 t CO₂).

– Annahmen im Bereich der Industrie

Im Bereich Industrie wurde lediglich für Cogeneration auf Biomasse-Basis ein Potential zur Absenkung der CO₂-Emissionen gesehen. Die allgemein gehaltene Beschreibung von Maßnahmen zur Effizienzsteigerung wurden nicht in Ansatz gebracht, da die Energieeffizienz in der Industrie bereits im "Baseline"-Szenario beträchtlich ansteigt.

Anhaltspunkt für die zusätzliche Cogeneration auf Biomasse-Basis in der Industrie war ebenfalls die Studie von Haas *et al.* (2001) in Form des darin enthaltenen "ambitionierten" bzw. "moderaten" Szenarios für Hackschnitzel und Rinde-Anlagen. Während dieser Bereich im "Baseline"-Szenario nur um ca. 3.000 GWh zunimmt, ist in einem ambitionierten Szenario ein Zuwachs um ca. 7.000 GWh vorgesehen. Das wurde in den in erster Linie betroffenen Sektoren Chemie, Papier und Holz in einem neuen Entwicklungspfad für Biomasse bis 2010 implementiert. Der Einsatz für unternehmensinterne Prozesswärme in der Industrie wird nach den Konventionen der Energiebilanz als energetischer Endverbrauch verbucht, die Maßnahme wurde daher dort eingebaut. Die zusätzliche Biomasse verdrängt (annahmegemäß) ausschließlich fossile Energie.

6.2 Ergebnisse des "Kyoto-Szenarios"

Die oben dargestellten Maßnahmen wurden in DAEDALUS III implementiert und das Modell dann bis 2020 wie für das "Baseline"-Szenario gelöst. Die bisherigen Arbeiten zu den Wirkungen der Klimapolitik in Österreich wurden zwar auch schon modellgestützt durchgeführt, beruhten aber weitestgehend auf "expert judgement" bezüglich der Zielerreichung zur Emissionsreduktion. Ein Energiemodell wie DAEDALUS III kann als wesentliches Instrumentarium zur Überprüfung von a priori-Ergebnissen aus "expert judgement" gesehen werden, wobei die Ergebnisse wiederum willkürlich im Sinne von auf Annahmen im Modell beruhend sind.

Ein ganz entscheidender Punkt dieser Überprüfung von "expert judgement" durch Modellsimulationen ist die Frage der Additivität von Maßnahmen. Es ist zu vermuten, dass die Summe der einzeln quantifizierten Maßnahmen größere Wirkungen hat, als die simultane Quantifizierung. Die Ursache dafür sind Rückkopplungen von Maßnahmen mit kompensierenden Effekten. Es wurden daher die Maßnahmenpakete einzeln und das gesamte "Kyoto"-Szenario isoliert mit DAEDALUS III berechnet.

6.2.1 Einzelergebnisse des "Kyoto"-Szenarios nach Maßnahmen

Generell zeigt sich im Vergleich zur Klimastrategie beim CO₂-Reduktionseffekt der Einzelmaßnahmen in Summe in etwa das gleiche Ergebnis wie in der Klimastrategie, nämlich ein Reduktionseffekt von ca. 17 Mio. t. Die energetisch bedingten CO₂-Emissionen betragen im "Baseline"-Szenario im Jahr 2010 66,2 Mio. t und liegen damit um 10,7 Mio. t über dem Wert von 1990 (ca. 55,5 Mio. t). Ein Reduktionsziel von 13% gegenüber 1990 ergäbe für die energetisch bedingten Emissionen einen Zielwert von 48,3 Mio. t. Die Simulationen mit DAEDALUS III ergeben als Summe der Einzelmaßnahmen ein Absinken der CO₂-Emissionen im Jahr 2010 auf 49,7 Mio. t, also eine Verfehlung dieses Zielwertes um ca. 1,4 Mio. t.

Die Unterschiede zu den "expert-judgement"-Zahlen der Klimastrategie liegen vor allem in folgenden Faktoren begründet:

- unterschiedliche Methodik eines "expert judgement" versus eines Energiemodells
- DAEDALUS III
- neue Abschätzungen zu den Strategien für erneuerbare Energie in der Studie der TU Wien (Haas et al., 2001)
- fehlende Inputdaten in der Klimastrategie, sodass Annahmen für die plausible Implementierung von Maßnahmen getroffen werden mussten.

Die Abweichungen im Bereich "Gebäude" sind größtenteils auf methodische Unterschiede und leicht veränderte Daten zur erneuerbaren Energie aufgrund der zusätzlichen Berücksichtigung der Ergebnisse von Haas et al. (2001) zurückzuführen. Auch im Bereich der Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung sowie in der Industrie (Cogeneration, erneuerbare Energie) ergab sich durch die Studie

von Haas et al. (2001) ein neuer, zusätzlicher Ausgangspunkt gegenüber der Klimastrategie. Unterschiede in den Annahmen für die Inputdaten erklären weitestgehend die Unterschiede im Bereich "Elektrizität im Kleinverbrauch". Im Bereich "Verkehr" ergeben sich die Abweichungen hauptsächlich durch die Annahme höheren Stromverbrauchs bei Verlagerung des Verkehrs auf die Schiene.

Übersicht 44: CO₂-Reduktion im "Kyoto"-Szenario: Klimastrategie und Simulationsergebnisse mit DAEDALUS III – CO₂-Effekt, in Mio. t

	DAEDALUS III	Klimastrategie
Gebäude		
Regelungstechnik/Benutzerverhalten		0,15
Thermische Sanierung		2,10
Heizanlagen Sanierung		0,70
SUMME WOHNEN1	3,85	2,95
Wärme aus bestehenden Quellen		0,90
Wärme aus erneuerbarer Energie		0,70
Cogeneration in Gebäuden		0,50
Biomasse, Einzelheizungen		1,10
Umgebungswärme aus Wärmepumpen		0,10
Thermische Solarenergie		0,40
SUMME WOHNEN2	3,24	3,70
Elektrizität im Kleinverbrauch		
Regelungstechnik/Benutzerverhalten		0,40
Geräte		0,15
SUMME ENELHH	1,20	0,55
Verkehr		
Benutzerverhalten, Pkw		2,70
Verkehrskonzepte Logistik		0,70
Modal Mix, Pkw		0,60
Flottenverbrauch, Pkw		0,30
Biogene Treibstoffe		0,20
SUMME VERKEHR	3,90	4,50
Elektrizität und Wärme		
Cogeneration in Neuanlagen		n.q.
Biomasse in kalorischen Anlagen		0,35
Biomasse in Cogeneration		0,34
Wasserkraft, Upgrading/Neuanlagen		0,40
Wind, PV, Geothermie		0,40
SUMME ELST	0,96	1,49
Abfallwirtschaft	1,10	1,10
Industrie		
Cogeneration	0,47	0,20
Effizienzsteigerung/Optimierung		0,85
Erneuerbare	0,48	0,50
SUMME INDUSTRIE	0,95	1,55
Landwirtschaft		
Landwirtschaft	0,54	0,54
Sonstige Gase	1,20	1,20
KYOTO-STRATEGIE, Einzelmaßnahmen	16,94	17,58

Die Abweichungen im Bereich "Elektrizität und Wärme" beruhen auf der Tatsache, dass das "Baseline"-Szenario bei Windenergie und PV bereits hohe Steigerungen und auch Annahmen zum Upgrading bei Wasserkraft enthält, sodass in diesen beiden Bereichen für das "Kyoto"-Szenario keine zusätzlichen Maßnahmen implementiert wurden.

Die einzelnen Maßnahmenpakete, die mit DAEDALUS simuliert wurden, sind:

- WOHNEN1,
- WOHNEN2,
- ENELHH,
- VERKEHR,
- ELST,
- INDUSTRIE.

Für diese einzelnen Maßnahmenpakete können aus den Gesamtergebnissen die wesentlichen Variablen herausgegriffen werden. Diese detaillierten Ergebnisse zu den einzelnen Maßnahmenpaketen sind im Anhang dargestellt.

Im Maßnahmenpaket "WOHNEN1" wird in erster Linie die Nachfrage nach Energiedienstleistungen reduziert und die Effizienz im Gebäudebestand erhöht. Dementsprechend wirkt diese Maßnahme massiv auf den fossilen energetischen Endverbrauch und nur in geringerem Ausmaß auf die Struktur der Energieträger. Der energetische Endverbrauch liegt durch diese Maßnahme im Jahr 2010 um 66.000 TJ unter jenem des "Baseline"-Szenarios. Die CO₂-Emissionen des energetischen Endverbrauchs insgesamt liegen dementsprechend um 2,35 Mio. t unter jenen des "Baseline"-Szenarios. Von den Veränderungen im Endverbrauch gehen entsprechende Auswirkungen auf den Umwandlungssektor aus, die sich in geringerem heimischen Aufkommen an elektrischer Energie und – bei gegebener Wasserkraft-, Wind- und Photovoltaikerzeugung – in geringerer kalorischer Erzeugung widerspiegeln. Dadurch sinkt auch der Brennstoffeinsatz und die gesamten CO₂-Emissionen um 3,85 Mio. t.

Im Maßnahmenpaket "WOHNEN2" wirken in erster Linie Veränderungen im "fuel shift" und die zusätzliche Auskopplung von Wärme. Diese beiden Maßnahmen weisen "Überschneidungen" auf, da zusätzlich ausgekoppelte Wärme ceteris paribus auch z. B. Nahwärme aus Biomasse verdrängt. Dadurch, dass diese Maßnahmen hier in ein Paket aufgenommen wurden, sind diese Überschneidungen schon berücksichtigt.

Auch in diesem Paket werden geringfügige Rückgänge im energetischen Endverbrauch wirksam im Ausmaß von ca. 9.000 TJ im Jahr 2010. Die Veränderungen im "fuel shift" sind jedoch bedeutend und bewirken eine Absenkung der CO₂-Emissionen um 2,93 Mio. t im energetischen Endverbrauch. Das heimische Stromaufkommen ist etwa gleich hoch wie im "Baseline"-Szenario; das

bedeutet, dass ein den Stromverbrauch reduzierender Effekt und das zusätzliche Stromaufkommen aus Cogeneration einander die Waage halten. Die Gesamtwirkung auf die CO₂-Emissionen im Maßnahmenpaket "WOHNEN2" beträgt ca. 3,25 Mio. t.

Beim Maßnahmenpaket "ENELHH" nimmt der Endverbrauch an elektrischer Energie der Haushalte im Vergleich zum "Baseline"-Szenario ab und wächst nur gering mit ca. 0,5% jährlich bis 2010. Das hat auf die CO₂-Emissionen im Endverbrauch zunächst keine Auswirkungen. Das Aufkommen an heimischem Strom ist entsprechend geringer, was bei gegebener Wasserkraft-, Wind und PV-Erzeugung wiederum voll zu Lasten der kalorischen Erzeugung geht. Die Gesamtwirkung auf die CO₂-Emissionen im Maßnahmenpaket "ENELHH" beträgt ca. 1,2 Mio. t.

Das Maßnahmenpaket "VERKEHR" weist massive Rückgänge im energetischen Endverbrauch auf. Durch die geringere Treibstoffnachfrage ist der energetische Endverbrauch im Jahr 2010 in diesem Maßnahmenpaket um ca. 54.000 TJ geringer. Dabei steigt aufgrund der Annahme im Güterverkehr bei Verlagerung von der Straße auf die Schiene der Stromverbrauch geringfügig an.

Das bewirkt einen Rückgang der CO₂-Emissionen im Endverbrauch von 4,4 Mio. t, was mit den Ergebnissen der Klimastrategie übereinstimmt. Hier wurde jedoch gleichzeitig angenommen, dass mehr elektrische Energie nachgefragt und damit auch wieder kalorisch erzeugt wird, sodass die CO₂-Emissionen insgesamt lediglich um 3,9 Mio. t reduziert werden.

Das Maßnahmenpaket "ELST" zeigt einen gesamten CO₂-Reduktionseffekt von 0,96 Mio. t, der ausschließlich im Umwandlungssektor entsteht, im Endverbrauch sind die Emissionen gleich wie im "Baseline"-Szenario. Die zusätzliche Wärme aus Biomasse-KWK verdrängt somit andere Wärme und nicht fossile Energie im Endverbrauch.

Für Windkrafterzeugung und Photovoltaik wurde angesichts der Dynamik im "Baseline"-Szenario zur Erreichung der EIWOG-Ziele keine spezifische Zusatzannahme getroffen, lediglich die Wasserkrafterzeugung (Upgrading von Anlagen) ist höher als im "Baseline"-Szenario. Es kommt somit zu Reduktionen und Verschiebungen (Biomasse) im Brennstoffeinsatz zur Strom- und Wärmeerzeugung, die den CO₂-Reduktionseffekt bewirken.

Im Maßnahmenpaket "INDUSTRIE" bleibt der energetische Endverbrauch insgesamt konstant, es kommt jedoch zu Verschiebungen von fossiler Energie zu Biomasse aufgrund der entsprechenden Annahmen. Die Nachfrage nach elektrischer Energie im Endverbrauch ist (annahmegemäß) nicht von der Verschiebung betroffen, bei Biomasse-Cogeneration in der Industrie käme es allenfalls zur Substitution von Fremd- durch Eigenstrom, was aber hier nicht abgebildet wird, da es für die gesamte Energiebilanz und die gesamten CO₂-Emissionen irrelevant ist. Die CO₂-Emissionen im Endverbrauch liegen durch die Maßnahmen um 0,95 Mio. t unter jenen des "Baseline"-Szenarios, was auch für die CO₂-Emissionen insgesamt gilt.

6.2.3 Gesamtergebnisse des "Kyoto"-Szenarios

Die im letzten Abschnitt beschriebenen Maßnahmenpakete wurden weiters in einem "Gesamt-Kyoto"-Szenario zusammengefasst und in DAEDALUS III implementiert. Diese Modellsimulation gibt Aufschluss über kompensierende Effekte verschiedener Eingriffe in einem Modell des österreichischen Energiesystems. Entscheidende Kompensationseffekte in einem derartigen Modell entstehen, wenn gegenläufige Wirkungen auftreten und/oder sich die Basis zur Berechnung der Einzelmaßnahmen durch zusätzliche Maßnahmen verändert.

Ein typisches Beispiel ist die Anhebung des Anteils erneuerbarer Energieträger bei gleichzeitiger Erhöhung der Energie-Effizienz. Bisher lagen dazu jene ebenfalls auf "expert judgement" beruhenden Daten aus der Klimastrategie vor. Dabei wurde von verschiedenen großen Kompensationseffekten ("Überschneidungen") in den einzelnen Maßnahmenbereichen ausgegangen (in % des Bruttoreduktionseffektes), die sich insgesamt auf 2,8 Mio. t (ca. 16% des gesamten Bruttoreduktionseffektes) summierten. In diesen "Überschneidungen" sind in der neuen Version der Klimastrategie auch Abzüge für jene Maßnahmen enthalten, die aufgrund der Erreichung der EWOG-Ziele für Ökostrom bereits im "Baseline"-Szenario enthalten sind. Das betrifft vor allem die Windkraftenerzeugung und die Revitalisierung von Kleinwasserkraft.

Die Simulationen mit DAEDALUS III ergeben höhere derartige "Überschneidungen" im Ausmaß von 4,2 Mio. t, d. s. bezogen auf den Bruttoreduktionseffekt 25%. Das entspricht in etwa jenem Prozentsatz, den die Klimastrategie in einzelnen Maßnahmenbereichen als "Überschneidungseffekt" annimmt.

Wie die Detailergebnisse zeigen, liegen die CO₂-Emissionen im Jahr 2010 im "Kyoto"-Szenario bei ca. 53,5 Mio. t und somit um ca. 5,2 Mio. t über dem Zielwert von 48,3 Mio. t. Der CO₂-Reduktionseffekt von 12,75 Mio. t setzt sich aus ca. 9,55 Mio. t im Endverbrauch und ca. 3,2 Mio. t im Umwandlungsbereich zusammen.

	CO ₂ -Reduktion, in Mio. t	
	<u>DAEDALUS III</u>	<u>Klimastrategie</u>
KYOTO-STRATEGIE, Einzelmaßnahmen	16,94	17,88
KYOTO-STRATEGIE, Gesamt	12,75	14,74
"Überschneidungen"	4,19	2,84

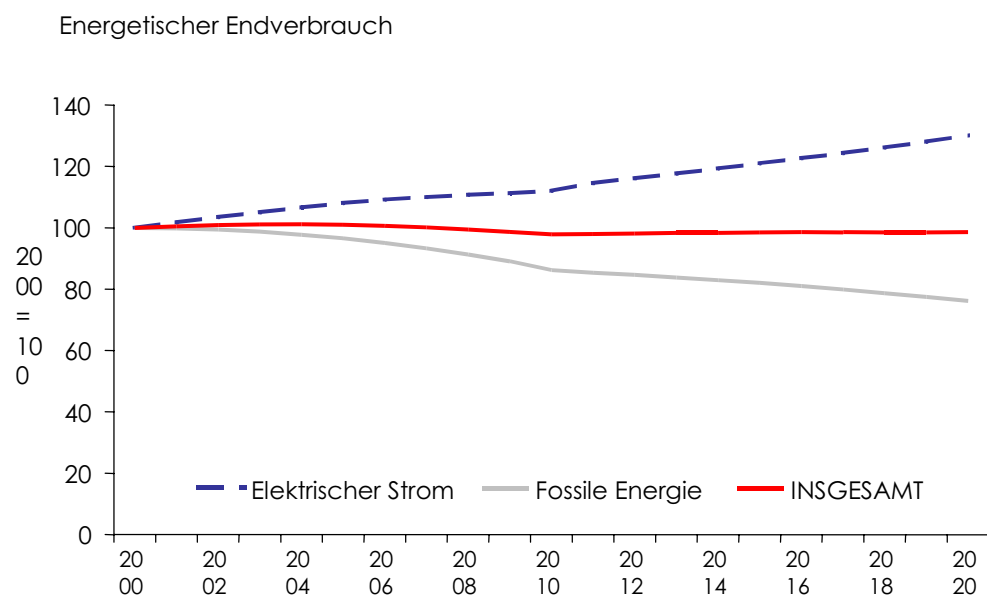
Übersicht 45: Energetischer Endverbrauch: INSGESAMT, in TJ: "Kyoto"-Szenario

	2000	2005	2010	2015	2020
Kohle	64.787	52.621	43.414	36.251	30.047
Öl, Brennstoffe	113.888	103.087	79.720	71.034	61.240
Öl, Treibstoffe	256.654	252.933	234.839	226.256	211.214
Gas	174.148	180.113	167.458	166.796	161.688
Fossile Energie	609.476	588.753	525.430	500.336	464.189
Elektrischer Strom	181.875	196.514	203.736	220.006	236.647
Biomasse	105.015	107.298	113.859	118.297	122.342
Fernwärme	42.075	51.696	62.578	66.367	74.298
Umgebungswärme	6.773	11.081	19.855	26.012	34.086
Wasserkraft	46	46	46	46	46
INSGESAMT	945.260	955.388	925.504	931.064	931.608
INSGESAMT, BASE	945.260	1.010.077	1.049.161	1.084.712	1.121.451

Übersicht 46: Energetischer Endverbrauch: INSGESAMT, in TJ: "Kyoto" versus "Baseline"-Szenario (Differenz)

	2000	2005	2010	2015	2020
Kohle	0	– 2.141	– 3.793	– 3.416	– 2.342
Öl, Brennstoffe	0	– 15.749	– 33.570	– 36.619	– 39.742
Öl, Treibstoffe	0	– 19.497	– 55.735	– 79.433	–108.990
Gas	0	– 16.391	– 41.178	– 49.977	– 59.036
Fossile Energie	0	– 53.778	–134.277	–169.445	–210.110
Elektrischer Strom	0	– 4.661	– 9.795	– 7.010	– 6.220
Biomasse	0	– 1.175	2.298	3.043	3.841
Fernwärme	0	2.676	9.777	8.761	8.127
Umgebungswärme	0	2.249	8.340	11.003	14.519
Wasserkraft	0	0	0	0	0
INSGESAMT	0	– 54.688	–123.657	–153.648	–189.843

Abbildung 11: Energetischer Endverbrauch im "Kyoto"-Szenario



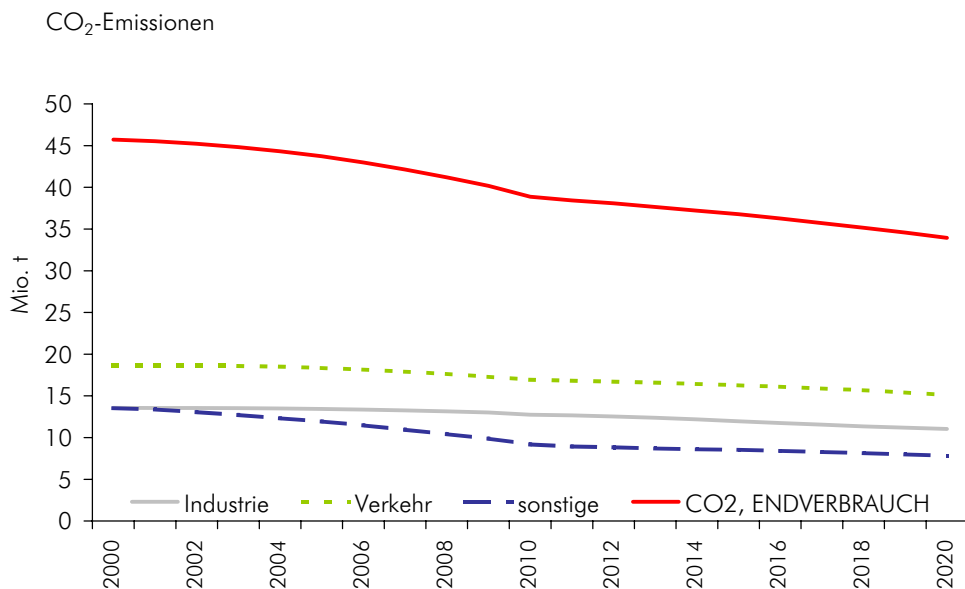
Übersicht 47: CO₂-Emissionen im energetischen Endverbrauch, in 1.000 t: "Kyoto"-Szenario

	2000	2005	2010	2015	2020
1 Eisen- und Nicht-Eisen-Metalle	7.356	7.239	7.194	7.114	7.030
2 Chemie	803	843	757	508	377
3 Stein- und Glaswaren	1.776	1.747	1.711	1.608	1.450
4 Nahrungs- und Genussmittel	734	746	746	717	663
5 Textilien, Bekleidung, Schuhe	283	206	165	125	86
6 Papier und Pappe, Druckerei	1.301	1.379	976	755	418
7 Maschinen, Elektro, Fahrzeuge	810	854	932	958	934
8 Sonstige Sachgüterproduktion	498	411	275	167	78
Industrie, insgesamt	13.561	13.425	12.755	11.952	11.035
Sonstige (DL + Haushalte)	13.522	11.936	9.179	8.554	7.821
Privater Verkehr	10.166	9.559	8.217	7.784	7.017
Gewerblicher Verkehr	2.352	2.550	2.496	2.344	2.101
Verkehr der Wirtschaftszweige	6.123	6.242	6.227	6.143	5.978
Verkehr, insgesamt	18.641	18.351	16.940	16.270	15.097
CO ₂ , ENDVERBRAUCH	45.724	43.712	38.873	36.776	33.953
CO ₂ , BASE	45.724	47.555	48.424	48.832	48.926

Übersicht 48: CO₂-Emissionen im energetischen Endverbrauch, in 1.000 t: "Kyoto" – versus "Baseline"-Szenario (Differenz)

	2000	2005	2010	2015	2020
1 Eisen- und Nicht-Eisen-Metalle	0	- 0	- 0	- 0	0
2 Chemie	0	- 66	- 210	- 273	- 291
3 Stein- und Glaswaren	0	- 0	0	0	0
4 Nahrungs- und Genussmittel	0	0	0	0	0
5 Textilien, Bekleidung, Schuhe	0	- 0	0	- 0	- 0
6 Papier und Pappe, Druckerei	0	- 248	- 688	- 784	- 866
7 Maschinen, Elektro, Fahrzeuge	0	0	1	0	0
8 Sonstige Sachgüterproduktion	0	- 18	- 52	- 54	- 57
Industrie, insgesamt	0	- 332	- 950	- 1.111	- 1.213
Sonstige (DL + Haushalte)	0	- 1.990	- 4.254	- 4.749	- 5.259
Privater Verkehr	0	- 859	- 2.491	- 2.829	- 3.229
Gewerblicher Verkehr	0	- 427	- 1.231	- 2.281	- 3.641
Verkehr der Wirtschaftszweige	0	- 235	- 626	- 1.086	- 1.630
Verkehr, insgesamt	0	- 1.521	- 4.347	- 6.196	- 8.501
CO ₂ , ENDVERBRAUCH	0	- 3.844	- 9.551	- 12.056	- 14.973

Abbildung 12: CO₂-Emissionen im energetischen Endverbrauch: "Kyoto"-Szenario



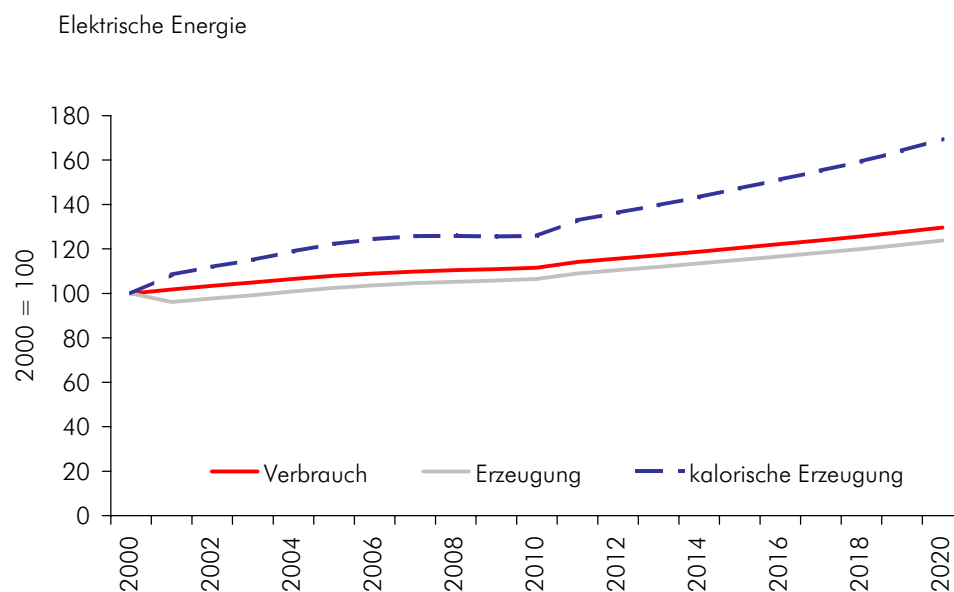
Übersicht 49: Erzeugung von elektrischer Energie, in TJ: "Kyoto"-Szenario

	Erzeugung	Wasser, Wind, PV	Davon Wind, PV	Kalorisch	Davon EVU kalorisch	Nettoimporte
2000	212.087	154.108	262	57.979	41.386	-5405
2001	203.935	141.051	359	62.884	46.482	6.307
2002	207.334	142.372	492	64.962	47.105	6.412
2003	210.400	143.693	674	66.707	47.405	6.507
2004	213.969	145.014	923	68.955	48.108	6.164
2005	217.235	146.335	1.264	70.900	48.516	5.799
2006	219.805	147.656	1.732	72.149	48.298	5.405
2007	221.925	148.977	2.373	72.948	47.673	4.992
2008	223.257	150.298	3.251	72.959	46.364	5.022
2009	224.475	151.620	4.454	72.855	44.945	4.815
2010	225.915	152.941	6.036	72.974	43.700	4.611
2011	231.111	154.082	6.338	77.029	46.881	4.717
2012	234.266	155.223	6.655	79.043	48.365	4.781
2013	237.375	156.364	6.987	81.011	49.810	4.844
2014	240.603	157.505	7.337	83.098	51.354	4.910
2015	244.037	158.646	7.704	85.391	53.069	4.980
2016	247.471	159.787	8.089	87.684	54.785	5.050
2017	250.943	160.929	8.493	90.014	56.532	5.121
2018	254.472	162.070	8.918	92.402	58.326	5.193
2019	258.424	163.211	9.364	95.213	60.473	5.274
2020	262.573	164.352	9.832	98.221	62.784	5.359

Übersicht 50: Erzeugung von elektrischer Energie, in TJ: "Kyoto" versus "Baseline"-Szenario (Differenz)

	Erzeugung	Wasser, Wind, PV	Davon Wind, PV	Kalorisch	Davon EVU kalorisch	Nettoimporte
2000	0	0	0	0	0	- 0
2001	- 1.201	180	0	- 1.381	- 1.233	- 37
2002	- 2.230	360	0	- 2.590	- 2.304	- 69
2003	- 3.260	540	0	- 3.800	- 3.366	- 101
2004	- 4.357	720	0	- 5.077	- 4.475	- 126
2005	- 5.439	900	0	- 6.339	- 5.560	- 145
2006	- 6.556	1.080	0	- 7.636	- 6.665	- 161
2007	- 7.747	1.260	0	- 9.007	- 7.821	- 174
2008	- 8.994	1.440	0	- 10.434	- 9.012	- 202
2009	- 10.350	1.620	0	- 11.970	- 10.282	- 222
2010	- 11.890	1.800	0	- 13.690	- 11.691	- 243
2011	- 9.656	1.800	0	- 11.456	- 9.833	- 197
2012	- 9.510	1.800	0	- 11.310	- 9.711	- 194
2013	- 9.211	1.800	0	- 11.011	- 9.463	- 188
2014	- 9.001	1.800	0	- 10.801	- 9.287	- 184
2015	- 8.789	1.800	0	- 10.589	- 9.111	- 179
2016	- 8.558	1.800	0	- 10.358	- 8.919	- 175
2017	- 8.338	1.800	0	- 10.138	- 8.736	- 170
2018	- 8.227	1.800	0	- 10.027	- 8.644	- 168
2019	- 8.065	1.800	0	- 9.865	- 8.509	- 165
2020	- 7.910	1.800	0	- 9.710	- 8.380	- 161

Abbildung 13: Elektrische Energie im "Kyoto-Szenario"



Übersicht 51: Brennstoffeinsatz für elektrische Energie und Wärme nach Umwandlungsvorgängen, in TJ: "Kyoto"-Szenario

	2000	2005	2010	2015	2020
<i>EVU, kalorisch</i>					
Steinkohle	26.559	33.270	16.339	4.994	385
Braunkohle	4.982	0	0	0	0
Heizöl	11.782	6.114	11.623	20.034	29.368
Gas	60.731	76.363	75.078	97.496	122.012
Biogene Energie	224	2.245	3.987	4.242	4.450
<i>Industrie</i>					
Gas	29.066	32.876	38.035	41.096	44.736
Biogene Energie	14.946	21.764	28.419	30.276	32.422
<i>FWVU</i>					
Heizöl	11.344	7.466	1.451	1.164	843
Gas	11.273	13.477	15.125	16.127	18.147
Biogene Energie	5.782	12.464	20.442	22.181	25.426
Geothermie	33	584	1.127	1.202	1.352

Übersicht 52: Brennstoffeinsatz für elektrische Energie und Wärme nach Umwandlungsvorgängen, in TJ: "Kyoto" versus "Baseline"-Szenario (Differenz)

	2000	2005	2010	2015	2020
<i>EVU, kalorisch</i>					
Steinkohle	0	- 7.389	-12.126	- 9.354	- 2.224
Braunkohle	0	0	0	0	0
Heizöl	0	- 654	- 1.496	- 667	- 9
Gas	0	- 6.573	-16.232	-13.734	-13.937
Biogene Energie	0	1.591	2.914	3.049	3.083
<i>Industrie</i>					
Gas	0	- 2.937	- 5.725	- 5.570	- 5.736
Biogene Energie	0	2.044	3.483	3.683	3.660
<i>FWVU</i>					
Heizöl	0	- 2.834	- 7.026	- 8.175	- 9.981
Gas	0	185	642	173	- 343
Biogene Energie	0	3.107	7.956	8.425	9.484
Geothermie	0	8	48	13	- 26

Übersicht 53: Erzeugung von elektrischer Energie aus erneuerbaren Energieträgern, in GWh: "Kyoto"-Szenario

	1999	2010
PV	3	7
Wind	70	1.670
Kleinwasserkraft	4.150	5.370
Feste Biomasse	100	1.700
Biogas	21	621
Deponiegas/Klär gas	138	318
Erzeugung, insgesamt	60.353	62.754
Anteile in %		
Kleinwasserkraft	6,9	8,6
Erneuerbare Energie	0,5	6,9

Übersicht 54: Energetischer Gesamtverbrauch, in TJ: "Kyoto"-Szenario

	2000	2005	2010	2015	2020
Kohle	135.710	129.487	107.600	91.079	82.551
Öl, Brennstoffe	390.350	364.816	327.539	321.730	307.129
Öl, Treibstoffe	60.382	64.546	62.498	60.975	58.315
Gas	290.103	317.996	308.024	333.333	357.036
Fossile Energie	876.545	876.846	805.662	807.116	805.031
Elektrische Energie	148.749	152.180	157.598	163.672	169.757
Biomasse	133.125	152.486	176.820	185.847	196.662
Wärme	6.989	11.891	21.252	27.506	35.756
INSGESAMT	1.165.408	1.193.403	1.161.331	1.184.141	1.207.205

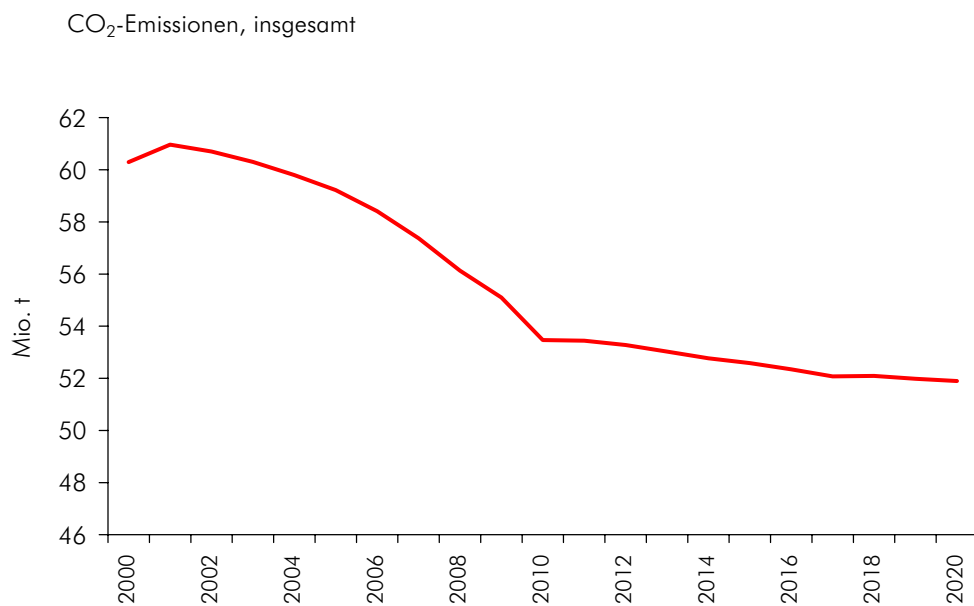
Übersicht 55: CO₂-Emissionen (Umwandlung und insgesamt), in 1.000 t: "Kyoto"-Szenario

	2000	2005	2010	2015	2020
Kokerei	365	349	347	340	335
Hochofen	78	88	98	102	106
Raffinerie	658	619	585	592	580
Fernwärme	1.548	1.375	1.003	1.039	1.133
Wärme kraft, EVU	7.243	7.810	6.577	7.400	9.045
Wärme kraft, Industrie	4.676	5.271	5.985	6.332	6.742
Umwandlungsvorgänge	14.568	15.512	14.594	15.805	17.942
CO ₂ , Insgesamt	60.292	59.224	53.467	52.582	51.895
CO ₂ , BASE	60.292	64.634	66.215	67.506	69.263

Übersicht 56: CO₂-Emissionen (Umwandlung und insgesamt), in 1.000 t: "Kyoto" versus "Baseline"-Szenario

	2000	2005	2010	2015	2020
Kokerei	0	- 4	- 7	- 6	- 5
Hochofen	0	- 1	- 2	- 2	- 2
Raffinerie	0	- 51	- 131	- 172	- 221
Fernwärme	0	- 210	- 510	- 628	- 799
Wärme kraft, EVU	0	- 1.107	- 2.150	- 1.687	- 977
Wärme kraft, Industrie	0	- 194	- 396	- 375	- 391
Umwandlungsvorgänge	0	- 1.567	- 3.197	- 2.869	- 2.395
CO ₂ , Insgesamt	0	- 5.411	- 12.748	- 14.924	- 17.368

Abbildung 14: CO₂-Emissionen im "Kyoto"-Szenario



Übersicht 57: CO₂-Emissionen in t pro Kopf: "Kyoto"-Szenario

Jahr	t/Kopf	Veränderungsrate in %
2000	7,4	
2001	7,5	0,9
2002	7,5	-0,6
2003	7,4	-0,8
2004	7,3	-1,0
2005	7,3	-1,1
2006	7,1	-1,5
2007	7,0	-1,9
2008	6,8	-2,3
2009	6,7	-1,9
2010	6,5	-3,1
2011	6,5	-0,1
2012	6,5	-0,4
2013	6,4	-0,6
2014	6,4	-0,6
2015	6,4	-0,5
2016	6,3	-0,6
2017	6,3	-0,6
2018	6,3	-0,1
2019	6,3	-0,3
2020	6,3	-0,3

7. Ein "Nachhaltigkeitsszenario"

7.1 Nachhaltige Entwicklung als innovative Wirtschaftsstrategie: der internationale Rahmen

Die Ausarbeitung eines Szenarios unter der Bezeichnung *Sustainability* bei der Erstellung der langfristigen Energieprognose für Österreich ist motiviert durch mindestens drei aktuelle internationale Vorgänge zur Neuorientierung der wirtschaftlichen Entwicklung.

Den ersten Ansatzpunkt stellt die Nachhaltigkeitsstrategie der Europäischen Union dar. Zu Beginn des Jahres 2001 veröffentlichte die Europäische Kommission ein "Consultation Paper" für eine gemeinsame Strategie der EU zu einer nachhaltigen Entwicklung. Das ist das aktuellste Signal einer globalen wirtschaftspolitischen Neuorientierung, die mit der Chiffre 'Sustainable Development' auf die bahnbrechenden Aussagen der im Auftrag der UNO tätigen *World Commission for Economic Development* (1987) zurückgeht, bekannter unter der Bezeichnung 'Brundtland-Bericht'.

Dort und bei der UNCED-Konferenz 1992 in Rio de Janeiro wurde das Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung (Sustainable Development) entworfen, das sowohl die ökologische als auch die ökonomische und soziale Dimension der Entwicklung beinhaltet. Im Vertrag von Amsterdam hat sich die Europäische Union Nachhaltige Entwicklung als gestaltende Leitlinie für alle Politikbereiche festgeschrieben und damit aufmerksam gemacht, dass dieses innovative Wirtschaftskonzept weit über die Perspektive der umweltpolitischen Agenda hinausreicht. Es geht vielmehr darum, Nachhaltigkeit als Prinzip für Entwicklungs-Umwandlungsvorgänge und ihre ökonomische, ökologische und soziale Ausgestaltung zu operationalisieren.

Eine weiterer neuer internationaler Akzent wurde durch die Bewertung der globalen Energiesituation durch UNO und World Energy Council gesetzt. Diese Publikation des *United Nations Development Programme* (2000) diente zur Vorbereitung der Rio+10 Konferenz im Jahr 2000, die jene wirtschaftspolitischen Inhalte evaluieren soll, die sich die internationale Staatengemeinschaft im Dokument Agenda 21 bei der ersten politischen Konferenz zum Thema Nachhaltigkeit in Rio de Janeiro im Jahr 1992 als globale Leitlinie für die Gestaltung der wirtschaftlichen Entwicklung gegeben hat.

Der "Third Assessment Report" des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) stellt einen weiteren wichtigen Ansatzpunkt in der internationalen Diskussion dar. Dieses internationale Gremium, das die wissenschaftliche Basis für die globale Klimapolitik liefert, publizierte im Jahr 2001 die dritte Einschätzung über einen möglichen globalen Klimawandel. Drei Aussagen werden darin hervorgehoben: Der globale Klimawandel dürfte intensiver sein als in den vorangegangenen Berichten des IPCC diagnostiziert; mit großer Wahrscheinlichkeit ist diese Klimaänderung durch die Übernutzung von fossiler Energie verursacht; schließlich sind es die sogenannten Co-Benefits oder

der Zusatznutzen einer Reduktion von Treibhausgasen, die eine schnelle Restrukturierung der globalen Energiestrukturen empfehlen.

Ausgangspunkt für die Konzeption von *Sustainable Development* war die Erkenntnis, dass die konventionellen Indikatoren für wirtschaftliche Entwicklung, vor allem das Maß des BIP, nur ungenügende und möglicherweise sogar irreführende Orientierungen für die Gestaltung der wirtschaftlichen Strukturen geben können: Vermehrte wirtschaftliche Aktivität gemessen am Volumen der Produktion bedeutet keineswegs immer mehr Wohlstand und Lebensqualität und kann mit langfristigen Schäden für die Lebensgrundlagen verbunden sein. 'Sustainable Development' formuliert deshalb als konstruktiveres Erfolgsmaß die Überprüfung aller wirtschaftlichen Vorgänge darauf, ob diese nicht mit Nachteilen für die Lebenschancen nachfolgender Generationen verbunden sind.

Diese auf den ersten Blick sehr bescheidene Meßplatte für die Beurteilung von wirtschaftlichen Aktivitäten in Produktion und Konsum erwies sich recht bald als ein kritischer Test, den nur wenige wirtschaftliche Prozesse bestehen. Vor allem die Emissionen in Boden, Wasser und Luft stellen viele Lebensgrundlagen in Frage. Besonders drängend erscheint deshalb ein neues Verständnis für die Nutzung von energetischen Ressourcen. Zwei Empfehlungen resultieren daraus: Der Wohlstand einer Gesellschaft soll mit einer viel geringeren Energieintensität erreichbar sein und bei den Energieträgern ist ein kontrollierter Rückzug aus der Nutzung von fossiler Energie anzustreben.

Diese Erkenntnis führte zu einer Suche nach Technologien, mit denen diese neuen Strukturen des Energiesektors erreicht werden können. Entdeckt wurden recht bald sogenannte "Faktor-4"-Technologien, nämlich jene technologischen Optionen, mit denen die gewünschten Energie-Dienstleistungen des Wohnens, der Mobilität und der Produktion mit nur einem Viertel der in konventionellen Technologien erforderlichen Energieflüsse erreichbar sind. Am markantesten sind dabei die Optionen für energieeffiziente Häuser, die bei einem Niedrig-Energiestandard nur ein Viertel des Heizungsbedarfs gegenüber dem durchschnittlichen Gebäudebestand haben. Ähnliche Ergebnisse sind erzielbar im Bereich der Mobilität durch eine entsprechende Wahl des Verkehrsträgers, durch verbesserte Verkehrstechnologien aber auch durch die Vermeidung von redundantem Mobilitätsbedarf, beispielsweise durch eine verbesserte Raumplanung und Transportlogistik.

Solche Überlegungen zur Restrukturierung der Energiesysteme sind unabdingbar begleitet von Kostenüberlegungen. Wird Energie durch Kapital substituiert, beispielsweise durch eine Verbesserung der thermischen Gebäudequalität, so bestimmt die Substitutionselastizität zwischen Energieflüssen und Kapital die Kosten der gewünschten Energie-Dienstleistung beim Vergleich einer energieintensiven und einer energie-sparenden Technologie. Die Erfahrungen mit Niedrig-Energiebauten zeigen, dass bei derzeitigen Preisen die energie-sparende Technologie in vielen Fällen sogar kostengünstiger ist. Gerade im Energiebereich informieren die aktuellen Preise nicht ausreichend über die Knappheit eines Energieträgers (bei erschöpfbarer Energie), über dessen Wertigkeit (beispielsweise die Arbeitsfähigkeit) und dessen externe Effekte (durch Emissionen in Luft und Bo-

den). Dieses Phänomen des Marktversagens motiviert für entsprechende marktkonforme Korrekturen, wie anreizorientierte Steuern oder Zertifikatsmodelle.

Schließlich ist auf die technologische Dimension bei Energietechnologien zu verweisen. Viele als zukunftsfähig eingestufte Energietechnologien, von der Brennstoffzelle bis zur Photovoltaik, erscheinen nach heutigen Kosten als nicht konkurrenzfähig. Gerade die Erfahrung der Entwicklung der durchaus vergleichbaren Technologien der Mikroelektronik in nur zwei Jahrzehnten hat aber gezeigt, dass eine aktuell noch teuer erscheinende Technologie in relativ kurzer Zeit sich als extrem kompetitiv entpuppen kann.

Die Bedeutung dieser Überlegungen für ein "Nachhaltigkeitsszenario" im Bereich Energie sieht man auch bei Betrachtung der globalen Energiesituation. Bereits jetzt gibt es in der Energieintensität unter den Industrieländern beachtliche Unterschiede. Pro Kopf wird in den USA fast dreimal soviel Energie konsumiert wie in Europa. Offensichtlich ist damit aber noch wenig über Unterschiede in der Beurteilung des Wohlstandes ausgesagt.

Energie-Szenarien mit der Orientierung Nachhaltigkeit starten mit einem Blick auf technologische Optionen, die sowohl das Volumen an Energieflüssen als auch die Art dieser Energieflüsse verändern. Gesucht werden Technologien, die einen viel geringeren Energiebedarf mit nicht-fossilen Energieträgern abdecken. Solche Technologien sind für die wichtigsten Energie-Dienstleistungen im Bereich Wohnen und Mobilität durchaus absehbar.

Der Standard des Niedrig-Energiehauses kann in Prototypen schon heute in Richtung Passiv-Energiehäuser in Richtung Faktor-10-Technologie weiterentwickelt werden. Am Horizont zeichnen sich Aktiv-Energiehäuser ab, die durch ein entsprechendes Design zu Nettoenergieproduzenten werden. Im Bereich der Mobilität verdient die Brennstoffzelle besondere Beachtung, für die alle großen Automobilproduzenten Autos für den Markt vorbereiten. Grundlegende Veränderungen könnte es im Bereich der Elektrizitätserzeugung durch die sogenannten Mikro-Elektrizitätstechnologien geben: Die Mikro-Turbinen, die Mikro-Brennstoffzellen und die Photovoltaik.

Das Design und die Interpretation von solchen Nachhaltigkeitsszenarien erfordert somit eine Bereitschaft zu zwei Argumentationslinien: Die Suche nach Potentialen für innovative Technologien und die Implementierung solcher Technologien durch entsprechende Anreize. Darunter sind aber in nur wenigen Fällen Subventionen zu verstehen. Innovatives Bauen erfordert in vielen Fällen nur eine bessere Information aller an einem solchen Projekt Beteiligten, die Sanierung von Altbauten scheitert in vielen Fällen an versteckten Barrieren im Wohnungsrecht, die Nutzung von vielen fossilen Energieträgern rechnet sich oft nur durch offene oder versteckte Subventionen.

Eine breite wissenschaftliche Forschungsstrategie hat in den vergangenen Jahren die Basis für Energie-Szenarien unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit gelegt. Vor allem die von IASA und dem World Energy Council entwickelten Emissions-Szenarien (*Nakicenovic et al., 1998, McDonald,*

2000, Buchner – Schleicher, 2001) haben beachtliche Aufmerksamkeit ausgelöst. Sie zeigen die Spannweite denkbarer Energiepfade für die nächsten einhundert Jahre.

Sie betonen aber auch, dass eigentlich nur Nachhaltigkeitsstrategien im Energiebereich die globalen Konflikte hinsichtlich der Verfügbarkeit und der Umwelteffekte lösen können. Damit ist auch die soziale und ökonomische Dimension nachhaltiger Entwicklung angesprochen. In *Nakicenovic et al.* (1998) wird am Beispiel der Energie die Frage einer globalen Nachhaltigkeitsstrategie in den drei Aspekten (ökonomisch, ökologisch, sozial) entworfen. Besondere Bedeutung haben dabei die Probleme der bestehenden Energiesysteme in den Entwicklungsländern bezüglich ökonomische und soziale Entwicklung und Gesundheit.

Die Umwelteffekte bezüglich der Treibhausgasemissionen stellen sich als globales Problem mit unterschiedlichen Verteilungsimplicationen für Industrie- und Entwicklungsländer dar. In der globalen Betrachtung von Energiesystemen in *Nakicenovic et al.* (1998) ist die soziale Dimension der Nachhaltigkeit vor allem in bezug auf globale Verteilung von Ressourcen und Einkommens- und Entwicklungschancen angesprochen.

Die sechs fundamentalen Szenarien in *Nakicenovic et al.* (1998) sind: drei A-Szenarien, ein B-Szenario und zwei C-Szenarien. Die gemeinsame Intention diese Analysen ist aufmerksam zu machen, dass je weiter der Blick in die Zukunft reicht, desto flexibler die Gestaltungsmöglichkeit für die Energiesysteme wird. Daraus wiederum folgt die Erkenntnis, dass es nicht früh genug sein kann, jene Weichenstellungen in Forschung, Entwicklung und Marktzugang für jene Technologien vorzunehmen, die langfristig als besonders attraktiv bewertet werden.

Szenario A ist charakterisiert durch hohes Wachstum von wirtschaftlicher Aktivität, die an der Flow-Größe des BIP gemessen wird, verbunden mit starkem technischen Fortschritt. Die BIP-Wachstumsraten werden für die OECD-Länder bei 2% pro Jahr angenommen, in den Entwicklungsländern doppelt so hoch. Wodurch die Grenzziehung in der Weltbevölkerung zwischen einer reichen Minorität und einer armen Majorität am Ende dieses Jahrhunderts aufgehoben wird. Zusätzlich wird noch unterstellt, dass es keine globalen politische Konflikte gibt, die zu militärischen Konfrontationen führen.

Innerhalb dieses A-Szenarios werden wiederum drei Entwicklungsoptionen herausgehoben, die bestimmt werden durch die Rolle von Kohle, die Rolle der Kernenergie und die Rolle der erneuerbaren Energieträger. Dementsprechend zeichnet das Szenario A1 eine Entwicklung, die weiterhin schwergewichtig bei Öl und Gas liegt, weil es keine technologischen Durchbrüche bei Kohle, Kernenergie und erneuerbarer Energie gibt. Das Szenario A2 unterstellt, dass Kohle die Backstop-Technologie für die knapper werdenden Vorräte an Öl und Gas werden könnte, allerdings in ganz neuen Technologien, wie Vergasung in den Lagerstätten vor der Förderung. Im Szenario A3 wird ein Übergang zu nicht-fossilen Strukturen durch eine neue Generation von Nukleartechnologie und neue erneuerbare Energie, hauptsächlich durch Biomasse, Wind und direkte Nutzung der Solarenergie unterstellt.

Das B-Szenario beinhaltet weitgehend eine pragmatische Fortschreibung bestehender Trends. Das bedeutet eher bescheidene Perspektiven sowohl für die wirtschaftliche als auch für die technologische Entwicklung. Die globalen wirtschaftlichen Ungleichheiten bleiben aufrecht; eine Situation die durch die wirtschaftlichen Rückschläge in den vergangenen Jahren sowohl in Asien als auch in den Transformationsländern Osteuropas und in Lateinamerika signalisiert wurde. Angesichts erwarteter Verknappungen bei Öl und Gas macht dieses Szenario die Notwendigkeit für einschneidende Änderung in den Angebotsstrukturen des globalen Energiesystems sichtbar, indem zunehmend auf teurere Ressourcen zurückgegriffen wird.

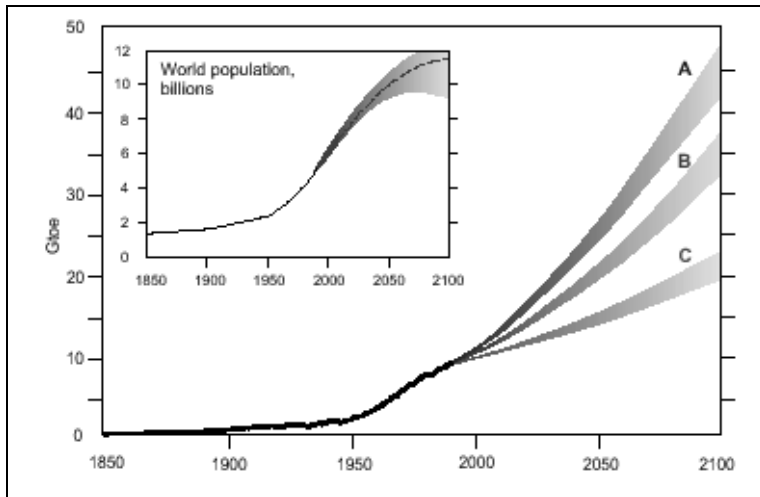
Die große Herausforderung ist das Szenario C. Es ist grundsätzlich ebenso optimistisch wie das Szenario A, geht aber von ganz neuen Formen der internationalen Kooperation aus, mit denen die globalen ökonomischen Ungleichheiten entscheidend reduziert und der globale Wirtschaftsstil im Sinne einer Nachhaltigkeitsstrategie erfolgreich restrukturiert wird. Die instrumentelle Basis für dieses Szenario liefert die Bereitschaft für umfassende wirtschaftliche und technologische Kooperationen, die auch einem zu substantiellen Transfer von Ressourcen aus den Industrieländern in die peripheren Regionen führen.

Im internationalen Technologietransfer manifestiert sich die soziale Dimension der Nachhaltigkeit in den C-Szenarien, da dadurch das Einkommensniveau in den Entwicklungsländern wesentlich schneller ansteigt als in den anderen Szenarien. Die Attraktivität dieses Szenarios liegt in der Erkenntnis, dass es sich dabei um eine Entwicklungsstrategie handelt, die für alle Beteiligten positive Wohlstandseffekte auslöst. In zwei Ausformungen werden C-Szenarien vorgestellt, bei denen sich die ökologische Dimension der nachhaltigen Entwicklung darin manifestiert, dass sich die Kohlenstoff-Emissionen bis zum Jahr 2100 weltweit auf 2 Gt Kohlenstoff (entspricht 88 Gt CO₂), also auf ein Drittel der aktuellen Werte reduzieren würden.

Die beiden Varianten der C-Szenarien unterscheiden sich vor allem in der Einschätzung der Rolle der Kernenergie. Im Szenario C2 setzt sich eine neue Nukleartechnologie durch, die in kleinen Einheiten verfügbar wird und auch soziale Akzeptanz findet. Im Szenario C1 ist die Kernenergie nur eine Übergangstechnologie, die schließlich weltweit völlig aufgegeben wird. Extrem effiziente Anwendungstechnologien und extrem reduzierte fossile Energieträger bewirken die neuen Energiestrukturen. Als Instrumente dafür wird vor allem auf die Anreizwirkung von entsprechenden Preisen gesetzt, die verstärkt durch entsprechende Abgaben und deren Rückverteilung die gewünschten Technologien marktfähig machen. Bei der Annahme von Instrumenten, die über die Preise wirken, handelt es sich jedoch lediglich um eine technische Annahme im Modell, für die Erreichung der Ziele im C-Szenario heben *Nakicenovic et al.* (1998) die Bedeutung derartiger Anreize für die schnelle Verbreitung von Technologien als kosteneffiziente Strategie hervor.

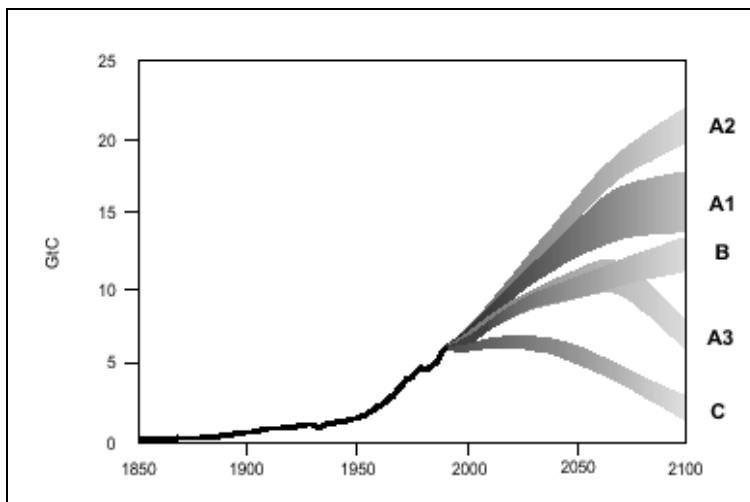
Abbildung 15 demonstriert die enormen Unterschiede der drei Basis-Szenarien bezüglich der resultierenden Energieverbräuche. Gegenüber 1990 erwarten die A-Szenarien einen Anstieg bis 2100 um den Faktor 5, das B-Szenario um den Faktor 4 und die C-Szenarien um den Faktor 2,3.

Abbildung 15: Globaler Primärenergieverbrauch 1850 bis 1990 und in den drei Basis-Szenarien von IIASA-WEC bis 2100



Q: Nakicenovic et al. (1998).

Abbildung 16: Globale Kohlenstoffemissionen aus fossiler Energie 1850 bis 1990 und in den drei Basis-Szenarien von IIASA-WEC bis 2100



Q: Nakicenovic et al. (1998).

In Abbildung 16 wird schließlich einsichtig, dass wohl nur die Strategien der C-Szenarien in der Lage sein werden, die Kohlenstoffemissionen im Laufe der nächsten hundert Jahre wieder auf das Niveau von 1990 zurückzuführen und bei ca. 450 ppmv (parts per million by volume) die Konzentration zu stabilisieren, einem Wert, der jedoch noch immer 50% über dem präindustriellen Niveau liegt. Im Kyoto-Protokoll vom Dezember 1997 verpflichteten sich die Industriestaaten zu einer

Reduktion von sechs Treibhausgasen um 5,2% in der Zielperiode 2008 bis 2012 gegenüber dem Basiswert von 1990. Angesichts der in den Energieszenarien A1, A2 und B erwarteten Anstiege bedeutet das doch für die meisten Staaten – wie auch Österreich – einen tatsächlichen Reduktionsbedarf von einem Fünftel bis einem Viertel der aktuellen Treibhausgasemissionen. Grundsätzlich hätte das Kyoto-Protokoll jedoch das Potential, einen globalen Technologieimpuls in Richtung nachhaltiger Wirtschaftsstrukturen auszulösen. Zwei Prioritäten wären dabei zu beachten.

Priorität eins betrifft eine aktive Technologiepolitik. Obwohl sich dieser Politikbereich als einer der letzten verbliebenen nationalen Gestaltungsräume herauskristallisiert, sind darin nur wenige Aktivitäten sichtbar. Welche Optionen sich dabei auftun, illustrieren bisherige Erfahrungen mit der Photovoltaik. Die Kosten in pro Watt installierter Kapazität fielen zwischen 1973 und 1995 fast um den Faktor 50. Erforderlich dafür waren Investitionen im Ausmaß von rund 2,5 Mrd. \$, davon ca. 20% in Forschung und Entwicklung, der Rest in Investitionen.

Priorität zwei betrifft innovative Kooperationen. Das Kyoto-Protokoll selbst zeigt mit den sogenannten Kyoto-Mechanismen neue Kooperationsmöglichkeiten zwischen den globalen Wirtschaftspartnern auf, um eben die Diffusion von nachhaltigen Technologien zu beschleunigen. In gleichem Ausmaß sind neue Partnerschaften auf nationaler Ebene gefordert, beispielsweise um die derzeitigen Energie- oder Verkehrssysteme durch dienstleistungsorientierte Strukturen zu ersetzen.

Diese technologische Anreizwirkung wird zunehmend als eine Attraktivität des Kyoto-Protokolls erkannt. Nicht zuletzt haben die Nachhaltigkeitsstrategien der EU auch davon einen Anstoß bekommen. Die EU entdeckt Nachhaltigkeit als eine Wirtschaftsstruktur, die kompetitive Vorteile generiert. Sichtbar wird das beispielsweise in der europäischen Automobilindustrie, die sich auch deshalb zu einer freiwilligen Reduktion des Treibstoffverbrauchs ihrer Fahrzeugflotte entschlossen hat. Die EU erwartet sich durch eine forcierte Nachhaltigkeitsstrategie eine Verringerung der Abhängigkeit bei den sensitiven fossilen Energieträgern und neue Marktchancen bei der Entwicklung von fortgeschrittenen Technologien für erneuerbare Energie

7.2 Energiedienstleistungen im "Nachhaltigkeitsszenario"

Im vorliegenden werden die oben dargestellten Überlegungen, die in die genannten internationalen und globalen Energieszenarien in Richtung "Nachhaltigkeit" eingeflossen sind, für ein entsprechendes österreichisches "Nachhaltigkeitsszenario" konkretisiert.

Den Ausgangspunkt bilden die C-Szenarien von World Energy Council (WEC) und IIASA, wobei die Frage der Kernkraft, die den Unterschied zwischen C1 und C2 ausmacht, für Österreich direkt keine Rolle spielt.

Die Operationalisierung von Nachhaltigkeit in dem hier für Österreich entworfenen Szenario besteht zunächst darin, Energiedienstleistungen in sozial verträglicher Form zu reduzieren. Das Niveau der Energiedienstleistungen als Ansatzpunkt für Nachhaltigkeit bietet sich besonders im Verkehrsbereich, bei der Haushaltsnachfrage nach elektrischer Energie und in der Industrie an. Die Nachfrage nach Energiedienstleistungen ist von den Rahmenbedingungen und der Infrastruktur im weitesten Sinn auch außerhalb des Energiesystems abhängig (Teleworking, Bauordnung, Raumplanung, öffentliches Verkehrsnetz usw.) und bei gegebenen Rahmenbedingungen von den Energiepreisen.

Hier wurde in einzelnen Bereichen eine implizite Veränderung der Rahmenbedingungen und eine Änderung in den Energiepreisen als Anstoß für ein Nachhaltigkeitsszenario gewählt. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Energiekosten für die Dienstleistung bei "Grundbedürfnissen" im Haushalt (Raumwärme) niedrig bleiben, während andere Energiedienstleistungen (Verkehr) sich verteuern können. Letzteres wurde über die Besteuerung von Energie (Treibstoffen) implementiert, ein Instrument, das auch in den auf Nachhaltigkeitsstrategien basierenden Energie-Szenarien von WEC und IIASA eine Rolle spielt.

Wie bei den Szenarien von WEA und IIASA stellt das jedoch nur eine technische Annahme zur Implementierung der Eingriffe im Energiesystem dar. Im Verkehrsbereich wurde bereits für das "Kyoto"-Szenario exogen bei der Fahrleistung (in DAEDALUS III nur implizit enthalten und modellendogen) eingegriffen. Dem lagen Annahmen über die Verringerung redundanter Mobilitätsbedürfnisse bei veränderten Rahmenbedingungen (vor allem Teleworking) zugrunde. In diesem Nachhaltigkeitsszenario wurde nun untersucht, wieweit die Nachfrage nach Energiedienstleistungen durch Energiebesteuerung beeinflussbar ist.

Zu diesem Zweck wurde angenommen, dass die Mineralölsteuer (MÖSt) im Zeitraum 2000 bis 2020 um 7% pro Jahr ansteigt, um die Mobilitätsnachfrage zu bremsen. Die MÖSt auf Benzin steigt dadurch auf fast 22 S pro Liter im Jahr 2020, bei Diesel auf 16 S pro Liter (2020). Die im ersten Kapitel beschriebenen Preisgleichungen für Netto- und Bruttopreise bewirken, dass beide Preise auf diese Veränderung der Steuer reagieren: der Nettopreis sinkt geringfügig, der Bruttopreis steigt entsprechend an. Ein sehr geringer Teil der durch die Steuererhöhung bedingten (Brutto-)Preissteigerungen (nach 20 Jahren ca. 70 Groschen) wird somit in die Nettopreise "vorgewälzt".

Die gleiche Steuererhöhung bewirkt nicht nur Preissteigerungen für den Pkw-Verkehr, sondern auch für den gewerblichen Verkehr. Ein anfängliches Simulationsexperiment zeigte, dass diese Steuererhöhungen im gewerblichen Verkehr nicht gewährleisten, dass der gesamte Zuwachs auf die Schiene verlagert werden kann, wie es im "Kyoto"-Szenario angenommen wurde. Diese Annahme des "Kyoto"-Szenarios für den Modal-Mix des Güterverkehrs wurde daher zusätzlich in das Nachhaltigkeitsszenario eingebaut.

Ebenfalls ident zum "Kyoto"-Szenario wurde bezüglich des Endverbrauches an elektrischer Energie der Haushalte vorgegangen. Ebenfalls bei den Energiedienstleistungen wurde in der energieintensiven Industrie eingegriffen. Auch hier hätte sich die Möglichkeit geboten, über Steuern oder Emissionszertifikate die Marktpreise für Energiekonsum zu beeinflussen. Hier wurde demgegenüber angenommen, dass es in den Grundstoffsektoren 1 Eisen und Nicht-Eisen Metalle, 2 Chemie, 3 Stein- und Glaswaren und 6 Papier/Pappe durch Umstieg auf alternative Rohstoffe zu einer Entkopplung der Grundstoffproduktion vom Output in Geldeinheiten kommt. Das kann de facto als Verringerung der (nicht beobachteten) Nachfrage nach Energiedienstleistung interpretiert werden. Diese Maßnahme entspricht einem ca. 0,1 bis 0,2 Prozentpunkte geringeren durchschnittlichen, realen Outputwachstum (BPW zu Preisen 1983) in diesen Sektoren zwischen 2000 und 2020.

7.3 Technologiediffusion und erneuerbare Energien im "Nachhaltigkeitsszenario"

Die beschleunigte Technologiediffusion bildet wie bei den Szenarien von WEC und IIASA den Schwerpunkt des Nachhaltigkeitsszenarios. Das zugrundeliegende Paradigma ist – wie im letzten Abschnitt ausgeführt – das Verständnis von Nachhaltigkeit als Prinzip eines innovativen ökonomischen Entwicklungsmusters, in dem fast marktreife Technologien möglichst schnell in weite Bereiche diffundieren sollen. Diese Diffusion von Technologien ermöglicht in einigen Bereichen, dass sich die Erbringung der Energiedienstleistung nicht wesentlich verteuert, sodass untere Einkommensschichten möglichst ohne Verluste auf nachhaltige Energiestrukturen umsteigen können.

Schon im "Kyoto"-Szenario waren derartige technologische Eingriffe enthalten, die für das Nachhaltigkeitsszenario lediglich verstärkt wurden. Das betrifft die thermische Sanierungsrate bei Gebäuden, die für das Nachhaltigkeitsszenario bis 2012 auf 7% ansteigt. Die ebenfalls schon im "Kyoto"-Szenario enthaltenen Effizienzsteigerungen im mittleren und neuen Gebäudebestand wurden von 1% pro Jahr auf 6% pro Jahr beschleunigt. Das ergibt, dass die neueste Gebäudeklasse (nach 1980 gebaut) im Jahr 2020 im Durchschnitt einen Effizienzparameter (inkl. Warmwasser) von 50 kWh/m² aufweist.

Diese Entwicklung bedeutet eine Umlenkung von Ressourcen in der Bauwirtschaft auf Sanierungsaktivitäten und Nachrüstung von Gebäuden mit jeweils den neuesten Entwicklung in der Niedrigenergiehaus-Technologie. Die Zielsetzung ist, verbesserten Wohnkomfort und billige Energiedienstleistungen zu verbinden, was die soziale Komponente von Nachhaltigkeit in einem solchen Szenario repräsentiert. Dazu ist auch anzumerken, dass gerade im Gebäudebestand der Periode "1945 bis 1980" sich ein Großteil von billigen gemeinnützigen Wohnbauten befindet. Für erneuerbare Energien im energetischen Endverbrauch wurden großteils die Annahmen des "Kyoto"-Szenarios auch für das Nachhaltigkeitsszenario übernommen. Das betrifft Wärme aus bestehenden Quellen (Auskopplung ohne zusätzlichen Primärenergieaufwand), Cogeneration in Gebäuden und Biomasse-Einzelanlagen.

Lediglich bei Nahwärme aus Biomasse wurde in Anlehnung an die Studie von *Haas et al.* (2001) ein Potential von insgesamt ca. 15.000 TJ bis 2001 angesetzt. Für Solarthermie ist in einem Nachhaltigkeitsszenario bei schneller Technologiediffusion im Bereich Gebäude von massiven Steigerungen auszugehen, hier wurden bis 2010 insgesamt 10.000 TJ angesetzt.

Übersicht 58: Thermische Gebäudequalität (kWh pro m²) im Nachhaltigkeitsszenario

	1945/1980	nach 1980
2000	216,3	126,9
2001	215,4	117,2
2002	214,3	108,1
2003	212,9	99,7
2004	211,3	92,0
2005	209,3	84,8
2006	206,9	78,1
2007	203,9	72,0
2008	200,3	66,3
2009	195,9	61,0
2010	190,6	56,1
2011	184,0	54,9
2012	173,7	53,7
2013	163,5	52,5
2014	153,2	51,6
2015	142,9	51,7
2016	132,6	51,7
2017	122,3	51,7
2018	112,0	51,7
2019	101,7	51,7
2020	91,4	51,7

Bezüglich der nicht mit Diesel oder Benzin betriebenen Pkw (Elektrofahrzeuge, alternative Treibstoffe) wurde angenommen, dass der Anteil am Bestand bereits bis 2010 kontinuierlich auf 2,5% anwächst, das wären ca. 120.000 "sonstige" Pkw. Dahinter steckt die Überlegung der Weiterentwicklung der Brennstoffzelle und von Hybridantrieben für den Pkw. Diese Fahrzeuge verursachen zwar teilweise auch Emissionen, es wurde hier aber lediglich ein Äquivalent von 2,5% Null-Emission Fahrzeugen angenommen.

Die massivsten Eingriffe erfolgen im Nachhaltigkeitsszenario bei den Technologien der Strom- und Wärmeerzeugung. Davon ist zunächst die Ökostromerzeugung betroffen. Während bei Wasserkraft

die Potentiale im "Baseline"-Szenario weitestgehend als ausgeschöpft angesehen werden können, ergibt sich bei Windkraft und Photovoltaik zusätzlicher Spielraum für ein Nachhaltigkeitsszenario. Der entscheidende Ansatzpunkt sind weitere Investitionen in Forschung und Entwicklung, die der Zielsetzung der Beschleunigung von Technologiediffusion dienen soll. Das hatte bereits in der Vergangenheit in anderen Ländern massive Kostensenkung pro Watt installierter Kapazität zur Folge.

Das betrifft die Windenergie und in noch stärkerem Ausmaß die Photovoltaik, bei der die Kosten pro Watt installierter Kapazität zwischen 1973 und 1995 fast um den Faktor 50 fielen. Das Beispiel Dänemark zeigt, welche Kosteneinsparungen bei Windenergie erreichbar sind, wenn die Technologiediffusion zum Schwerpunkt einer auch anreizorientierten Regulierung der liberalisierten Energiemärkte wird. Aus den genannten Gründen wird im Nachhaltigkeitsszenario bei Windkraft und Photovoltaik ein Kostenrückgang erwartet, sodass bis 2020 aus beiden Quellen zusätzlich 18.000 TJ aufgebracht werden können.

Übersicht 59: Sonstige Pkw im "Baseline"- und "Nachhaltigkeitsszenario"

	Baseline	Nachhaltigkeit
2000	197	197
2001	219	374
2002	248	711
2003	284	1.351
2004	330	2.567
2005	385	4.878
2006	454	9.268
2007	538	17.609
2008	640	33.458
2009	766	63.569
2010	919	120.782
2011	1.106	144.938
2012	1.334	173.926
2013	1.612	208.711
2014	1.952	250.454
2015	2.365	300.544
2016	2.869	360.653
2017	3.484	432.784
2018	4.233	519.341
2019	5.147	623.209
2020	6.260	747.850

Übersicht 60: Windkraftherzeugung und Photovoltaik in TJ, im "Baseline"- und "Nachhaltigkeitsszenario"

	Baseline	Nachhaltigkeit
2000	262	262
2001	359	1.259
2002	492	2.292
2003	674	3.374
2004	923	4.523
2005	1.264	5.764
2006	1.732	7.132
2007	2.373	8.673
2008	3.251	10.451
2009	4.454	12.554
2010	6.036	15.036
2011	6.338	16.238
2012	6.655	17.455
2013	6.987	18.687
2014	7.337	19.937
2015	7.704	21.204
2016	8.089	22.489
2017	8.493	23.793
2018	8.918	25.118
2019	9.364	26.464
2020	9.832	27.832

Auch bei der kalorischen Erzeugung wurden für das Nachhaltigkeitsszenario massive Änderungen in den Technologien vorausgesetzt, die vor allem "fuel-shift"-Effekte bewirken.

Bei den EVUs gibt es im Nachhaltigkeitsszenario bis 2020 nur mehr Gas als fossilen Brennstoff. Die fossile Erzeugung beruht somit wesentlich auf Cogeneration mit Brennstoffzellen als führende Technologie auch bei Unternehmen und Haushalten ("independent power producer"). Biogene Energie zur Elektrizitätserzeugung (Deponiegas, Klärgas, Biogas) entwickelt sich bei den EVUs ähnlich wie im "Baseline"-Szenario.

Eine vergleichbare Annahme wurde auch für die kalorische Erzeugung in der Industrie und in den FWVUs getroffen. Auch dort werden bis 2020 nur mehr Gas und Biomasse als Inputs verwendet werden, wobei Biomasse nur mäßige Zuwächse aufweist.

7.4 Ergebnisse des "Nachhaltigkeitsszenarios"

Der Hauptunterschied in den Ergebnissen des "Kyoto"-Szenarios und des Nachhaltigkeitsszenarios liegt darin, dass im Nachhaltigkeitsszenario eine an langfristigen Zielen orientierte Umorientierung des Energiesystems langfristig wirkende Absenkungen der Emissionen generiert.

Demgegenüber ist das "Kyoto"-Szenario auf bestimmte Maßnahmen, die bis zur "Kyoto"-Zielperiode 2008/2012 wirken sollen, orientiert. Bis 2010 ist der Verlauf von Energieverbrauch und Emissionen in beiden Szenarien ähnlich. Im Nachhaltigkeitsszenario wird der energetische Endverbrauch gegenüber dem "Baseline" um ca. 165.000 TJ reduziert, wobei auch signifikante "fuel-shift"-Effekte sichtbar werden.

Interessant ist in diesem Zusammenhang – wiederum im Gegensatz zum "Kyoto"-Szenario – dass das Niveau des Biomasseeinsatzes unter dem des "Baseline"-Szenarios liegt. Das liegt daran, dass die erneuerbare Energie betreffenden Eingriffe in Bezug auf die Anteile dieser Energieträger am gesamten energetischen Endverbrauch der Sektoren in DAEDALUS III implementiert wurden. Die Ursache liegt in der grundsätzlichen Philosophie in DAEDALUS III, die Entscheidung für den Einsatz eines gewissen Energieträgers als mehrstufigen Prozess darzustellen, wobei zwischen den Ebenen die Annahme von Separabilität getroffen wird.

Das bedeutet, dass ein Unternehmen oder Haushalt zunächst über die Menge des gesamten energetischen Endverbrauchs (in Abhängigkeit von Preisen, anderen ökonomischen Variablen usw.) entscheidet und dann die Aufteilung in mehrere Gruppen und einzelne Energieträger (elektrisch/nicht-elektrisch, fossil/erneuerbar/Fernwärme, Kohle/Ölprodukte/Gas) vornimmt. Wenn nun wie im "Nachhaltigkeitsszenario" der Anteil für erneuerbare Energie bei gleichzeitig massivem Rückgang des gesamten Endverbrauches ansteigt, kann das Endergebnis in Mengen für die erneuerbare Energie negativ ausfallen.

Die Alternative wäre, die Maßnahmen für erneuerbare Energie in absoluten Mengen zu implementieren, was die sehr unwahrscheinliche Implikation hätte, dass Effizienzverbesserungen z. B. bei Raumwärme überhaupt nicht z. B. (neu) mit Biomasse beheizte Gebäude betrifft. Es erscheint umgekehrt wahrscheinlicher, dass bei Umrüstung auf ein neues Heizsystem mit erneuerbarer Energie (z. B. Pellets) gleichzeitig allgemein effizienzerhöhende Umrüstungen geschehen.

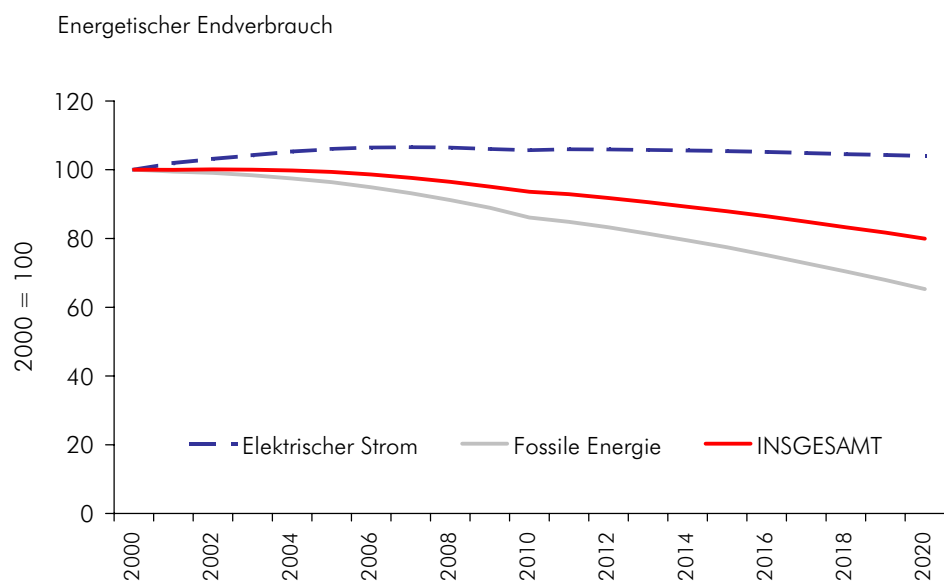
Übersicht 61: Energetischer Endverbrauch: INSGESAMT, in TJ: "Nachhaltigkeitsszenario"

	2000	2005	2010	2015	2020
Kohle	64.787	52.497	42.957	33.735	26.360
Öl, Brennstoffe	113.888	100.825	78.282	70.883	61.058
Öl, Treibstoffe	256.654	253.089	229.915	194.722	146.080
Gas	174.148	180.973	173.610	172.647	164.343
Fossile Energie	609.476	587.384	524.764	471.987	397.841
Elektrischer Strom	181.875	192.911	192.218	191.701	189.209
Biomasse	105.015	97.182	88.211	81.982	73.534
Fernwärme	42.075	50.220	57.720	57.132	58.160
Umgebungswärme	6.773	11.434	21.515	28.202	36.975
Wasserkraft	46	46	46	46	46
INSGESAMT	945.260	939.178	884.474	831.051	755.764
INSGESAMT, BASE	945.260	1.010.077	1.049.161	1.084.712	1.121.451

Übersicht 62: Energetischer Endverbrauch: INSGESAMT, in TJ: "Nachhaltigkeits"- versus "Baseline"-Szenario (Differenz)

	2000	2005	2010	2015	2020
Kohle	0	- 2.265	- 4.250	- 5.931	- 6.029
Öl, Brennstoffe	0	- 18.011	- 35.008	- 36.769	- 39.924
Öl, Treibstoffe	0	- 19.341	- 60.659	-110.967	-174.125
Gas	0	- 15.531	- 35.026	- 44.126	- 56.381
Fossile Energie	0	- 55.148	-134.943	-197.794	-276.458
Elektrischer Strom	0	- 8.263	- 21.313	- 35.314	- 53.658
Biomasse	0	- 11.290	- 23.350	- 33.271	- 44.968
Fernwärme	0	1.201	4.920	- 474	- 8.011
Umgebungswärme	0	2.602	10.000	13.193	17.408
Wasserkraft	0	0	0	0	0
INSGESAMT	0	- 70.899	-164.687	-253.661	-365.687

Abbildung 17: Energetischer Endverbrauch im "Nachhaltigkeitsszenario"



Übersicht 63: Erzeugung elektrischer Energie, in TJ: "Nachhaltigkeitsszenario"

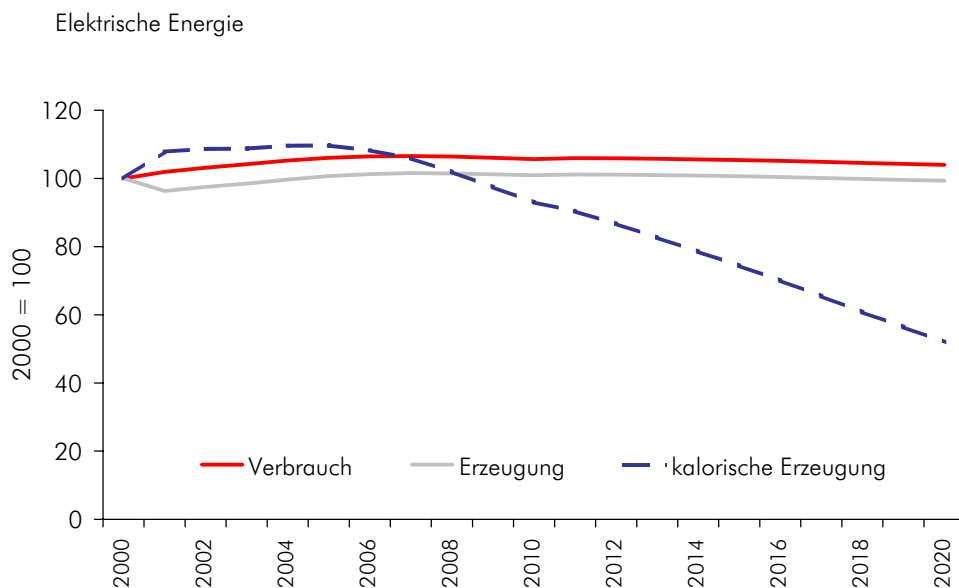
	Erzeugung	Wasser, Wind, PV	Wind, PV	Kalorisch	Nettoimporte
2000	212.085	154.108	262	57.977	-5405
2001	204.331	141.771	1.259	62.560	6.320
2002	206.813	143.812	2.292	63.001	6.396
2003	208.899	145.853	3.374	63.046	6.461
2004	211.436	147.894	4.523	63.542	6.091
2005	213.523	149.935	5.764	63.588	5.700
2006	214.760	151.976	7.132	62.784	5.281
2007	215.423	154.017	8.673	61.406	4.846
2008	215.161	156.058	10.451	59.103	4.840
2009	214.620	158.100	12.554	56.520	4.604
2010	214.060	160.141	15.036	53.919	4.369
2011	214.582	162.182	16.238	52.400	4.379
2012	214.484	164.223	17.455	50.261	4.377
2013	214.199	166.264	18.687	47.935	4.371
2014	213.832	168.305	19.937	45.527	4.364
2015	213.479	170.346	21.204	43.133	4.357
2016	212.989	172.387	22.489	40.602	4.347
2017	212.394	174.429	23.793	37.965	4.335
2018	211.715	176.470	25.118	35.245	4.321
2019	211.241	178.511	26.464	32.730	4.311
2020	210.697	180.552	27.832	30.145	4.300

Übersicht 64: Erzeugung elektrischer Energie, in TJ: "Nachhaltigkeits"- versus "Baseline"-Szenario (Differenz)

	Erzeugung	Wasser, Wind, PV	Wind, PV	Kalorisch	Nettoimporte
2000	0	0	0	0	0
2001	- 805	900	900	- 1.705	- 25
2002	- 2.750	1.800	1.800	- 4.550	- 85
2003	- 4.762	2.700	2.700	- 7.462	- 147
2004	- 6.890	3.600	3.600	- 10.490	- 198
2005	- 9.151	4.500	4.500	- 13.651	- 244
2006	- 11.600	5.400	5.400	- 17.000	- 285
2007	- 14.249	6.300	6.300	- 20.549	- 321
2008	- 17.091	7.200	7.200	- 24.291	- 384
2009	- 20.205	8.100	8.100	- 28.305	- 433
2010	- 23.746	9.000	9.000	- 32.746	- 485
2011	- 26.185	9.900	9.900	- 36.085	- 534
2012	- 29.292	10.800	10.800	- 40.092	- 598
2013	- 32.387	11.700	11.700	- 44.087	- 661
2014	- 35.772	12.600	12.600	- 48.372	- 730
2015	- 39.347	13.500	13.500	- 52.847	- 803
2016	- 43.040	14.400	14.400	- 57.440	- 878
2017	- 46.887	15.300	15.300	- 62.187	- 957
2018	- 50.983	16.200	16.200	- 67.183	- 1.040
2019	- 55.248	17.100	17.100	- 72.348	- 1.128
2020	- 59.786	18.000	18.000	- 77.786	- 1.220

Bei der Aufkommenseite von elektrischer Energie fällt vor allem auf, dass die Erzeugung aus Windkraft und Photovoltaik die kalorische Erzeugung massiv zurückdrängt. Die Auswirkungen auf die kalorische Erzeugung werden noch verstärkt durch eine Abnahme der elektrischen Erzeugung insgesamt. Diese massiven Veränderungen bei der Stromerzeugung werfen die Frage nach den damit verbundenen Strukturveränderungen am Strom- und Wärmemarkt auf.

Abbildung 18: Elektrische Energie im "Nachhaltigkeitsszenario"



In DAEDALUS III sind die Strukturen der Strom- und Wärmeerzeugung durch die "Marktanteile" des Umwandlungsvorganges EVU, Industrie und FWVU jeweils am heimischen Strom- und Wärmeaufkommen determiniert. Über letzteres entscheidet bei gegebenen Importquoten (nur für Strom relevant) ausschließlich der energetische Endverbrauch.

Ein Rückgang beim Endverbrauch von elektrischer Energie bei gleichzeitigem Anstieg von Wärme bedeutet, dass alle Umwandlungsvorgänge mehr Wärme in Relation zum Strom produzieren müssen. Bei den EVUs und der Industrie sind der Flexibilität in dieser Richtung aufgrund der eingesetzten Technologien und der Charakteristika des Wärmemarktes (Netzdichte) Grenzen gesetzt. Die Verschiebung im Endverbrauch müsste daher wahrscheinlich von einer Verschiebung der Marktanteile bei Wärme zu den FWVUs begleitet werden.

Um hier keine zusätzliche willkürliche Annahme zu treffen, wurde davon Abstand genommen. Auf die Ergebnisse würde das insofern wirken, als dann mehr Wärme in Kombination mit geringerer Stromauskopplung – also mit geringerem Gesamtwirkungsgrad – erzeugt würde. Entsprechend den Veränderungen im Stromaufkommen geht der Brennstoffeinsatz bei den EVUs am stärksten zurück im Vergleich zum "Baseline"-Szenario, am geringsten ist dieser Rückgang bei den FWVUs. Die CO₂-Emissionen im energetischen Endverbrauch liegen mit 38,6 Mio. t im Jahr 2010 ähnlich wie im "Kyoto"-Szenario (38,9 Mio. t). Bis 2020 gehen die Emissionen im energetischen Endverbrauch jedoch aufgrund der weiter und teilweise akkumulierend (Gebäudebestand) wirkenden Nachhaltigkeitsstrategien auf 28,5 Mio. t zurück.

Die gesamten CO₂-Emissionen liegen ebenfalls 2010 ähnlich wie im "Kyoto"-Szenario (51,5 Mio. t; "Kyoto": 53,5 Mio. t), wiederum ist bis 2020 im Nachhaltigkeitszenario ein weiterer massiver Rückgang auf 38,2 Mio. t zu verzeichnen. Das entspricht einem Rückgang auf 63% des Niveaus der Emissionen im Jahr 2000.

Übersicht 65: Brennstoffeinsatz für elektrische Energie und Wärme nach Umwandlungsvorgängen, in TJ: "Nachhaltigkeitsszenario"

	2000	2005	2010	2015	2020
<i>EVU, kalorisch</i>					
Steinkohle	26.558	9.183	2.363	602	135
Braunkohle	4.982	0	0	0	0
Heizöl	11.781	4.074	1.048	267	60
Gas	60.728	96.232	81.073	64.158	44.273
Biogene Energie	224	236	185	144	98
<i>Industrie</i>					
Gas	29.066	36.211	40.905	38.284	35.032
Biogene Energie	14.946	20.096	25.926	28.429	31.031
<i>FWVU</i>					
Heizöl	11.344	4.298	1.477	470	153
Gas	11.273	20.788	23.536	22.378	20.858
Biogene Energie	5.781	7.749	9.421	10.613	12.218
Geothermie	33	38	40	39	38

Übersicht 66: Brennstoffeinsatz für elektrische Energie und Wärme nach Umwandlungsvorgängen, in TJ: "Nachhaltigkeits"- versus "Baseline"-Szenario (Differenz)

	2000	2005	2010	2015	2020
<i>EVU, kalorisch</i>					
Steinkohle	0	– 31.475	– 26.102	– 13.746	– 2.474
Braunkohle	0	0	0	0	0
Heizöl	0	– 2.694	– 12.071	– 20.434	– 29.317
Gas	0	13.296	– 10.237	– 47.072	– 91.676
Biogene Energie	0	– 418	– 887	– 1.049	– 1.269
<i>Industrie</i>					
Gas	0	397	– 2.854	– 8.382	– 15.439
Biogene Energie	0	76	989	1.836	2.269
<i>FWVU</i>					
Heizöl	0	– 6.002	– 7.001	– 8.869	– 10.670
Gas	0	.495	9.054	6.424	2.369
Biogene Energie	0	– 1.608	– 3.065	– 3.142	– 3.723
Geothermie	0	– 538	– 1.040	– 1.150	– 1.340

Übersicht 67: Erzeugung von elektrischer Energie aus erneuerbaren Energieträgern, in GWh: "Nachhaltigkeitsszenario"

	1999	2010
PV	3	1.003
Wind	70	1.570
Kleinwasserkraft	4.150	5.370
Feste Biomasse	100	1.551
Biogas	21	567
Deponiegas/Klärgas	138	228
Erzeugung, insgesamt	60.353	59.461
Anteile in %		
Kleinwasserkraft	6,9	9,0
Erneuerbare Energie	0,5	8,3

Übersicht 68: Energetischer Gesamtverbrauch, in TJ: "Nachhaltigkeitsszenario"

	2000	2005	2010	2015	2020
Kohle	135.710	103.578	89.242	77.011	67.287
Öl, Brennstoffe	390.348	356.037	308.503	269.841	215.312
Öl, Treibstoffe	60.381	64.235	60.944	53.728	42.912
Gas	290.099	349.561	333.134	311.955	278.620
Fossile Energie	876.538	873.411	791.822	712.534	604.130
Elektrische Energie	148.749	155.681	164.556	174.749	184.898
Biomasse	133.125	133.701	132.957	130.195	125.800
Wärme	6.989	13.759	29.805	37.386	47.588
INSGESAMT	1.165.401	1.176.552	1.119.141	1.054.864	962.417

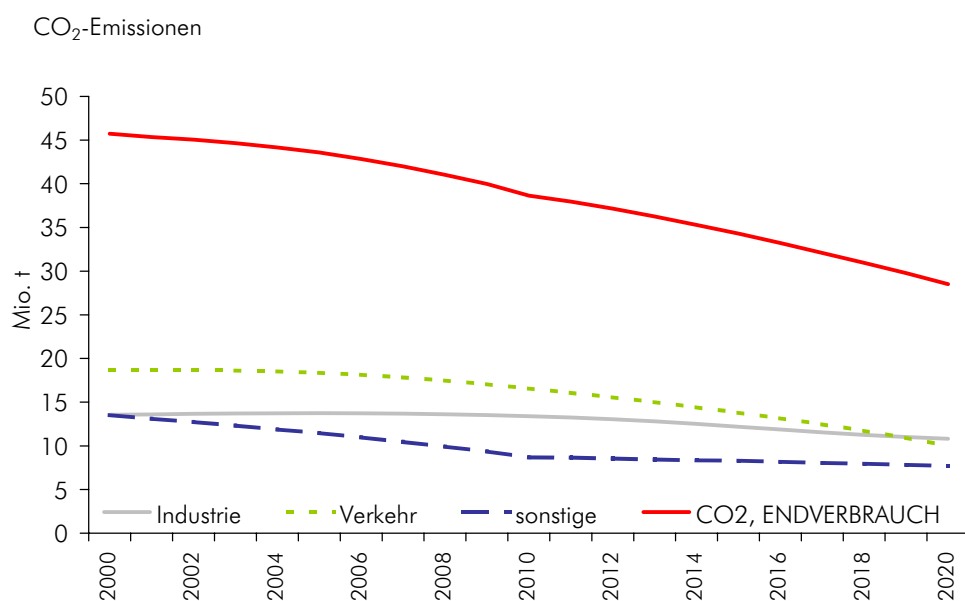
Übersicht 69: CO₂-Emissionen im energetischen Endverbrauch, in 1.000 t:
"Nachhaltigkeitsszenario"

	2000	2005	2010	2015	2020
1 Eisen- und Nicht-Eisen-Metalle	7.356	7.231	7.024	6.594	5.997
2 Chemie	803	909	947	741	622
3 Stein- und Glaswaren	1.776	1.745	1.670	1.497	1.265
4 Nahrungs- und Genussmittel	734	746	746	717	663
5 Textilien, Bekleidung, Schuhe	283	206	165	125	86
6 Papier und Pappe, Druckerei	1.301	1.624	1.595	1.339	1.098
7 Maschinen, Elektro, Fahrzeuge	810	854	932	958	934
8 Sonstige Sachgüterproduktion	498	428	327	221	135
Industrie, insgesamt	13.561	13.743	13.405	12.192	10.800
Sonstige (DL + Haushalte)	13.522	11.468	8.671	8.302	7.701
Privater Verkehr	10.166	9.688	8.241	6.257	4.060
Gewerblicher Verkehr	2.352	2.477	2.244	1.791	974
Verkehr der Wirtschaftszweige	6.123	6.199	6.071	5.762	4.982
Verkehr, insgesamt	18.641	18.363	16.556	13.811	10.017
CO ₂ , ENDVERBRAUCH	45.724	43.574	38.632	34.305	28.518
CO ₂ , BASE	45.724	47.555	48.424	48.832	48.926

Übersicht 70: CO₂-Emissionen im energetischen Endverbrauch, in 1.000 t: "Nachhaltigkeits"- versus
"Baseline"-Szenario (Differenz)

	2000	2005	2010	2015	2020
1 Eisen- und Nicht-Eisen-Metalle	0	- 8	- 170	- 520	-1032
2 Chemie	0	- 1	- 20	- 40	- 45
3 Stein- und Glaswaren	0	- 2	- 41	- 111	- 184
4 Nahrungs- und Genussmittel	0	0	0	0	0
5 Textilien, Bekleidung, Schuhe	0	0	0	0	0
6 Papier und Pappe, Druckerei	0	- 3	- 69	- 200	- 185
7 Maschinen, Elektro, Fahrzeuge	0	0	1	0	0
8 Sonstige Sachgüterproduktion	0	- 0	- 0	0	0
Industrie, insgesamt	0	- 14	- 300	- 871	-1.447
Sonstige (DL + Haushalte)	0	-2.459	-4.762	-5.001	-5.379
Privater Verkehr	0	- 730	-2.467	-4.356	-6.187
Gewerblicher Verkehr	0	- 500	-1.483	-2.833	-4.768
Verkehr der Wirtschaftszweige	0	- 278	- 782	-1.467	-2.626
Verkehr, insgesamt	0	-1.509	-4.731	-8.655	-13.582
CO ₂ , ENDVERBRAUCH	0	-3.981	-9.793	-14.527	-20.408

Abbildung 19: CO₂-Emissionen im energetischen Endverbrauch: "Nachhaltigkeitsszenario"



Übersicht 71: CO₂-Emissionen (Umwandlung und insgesamt), in 1.000 t: "Nachhaltigkeitsszenario"

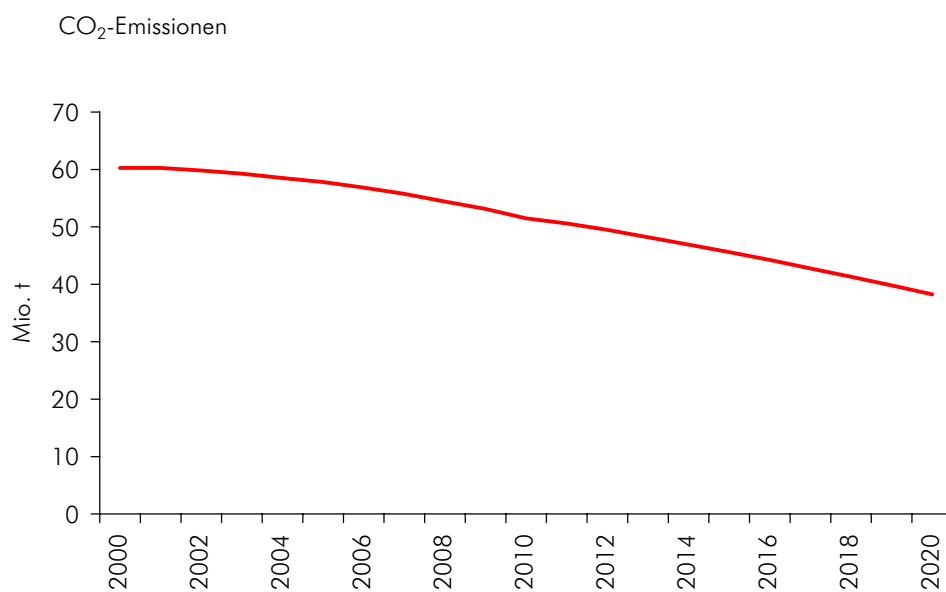
	2000	2005	2010	2015	2020
Kokerei	365	346	335	311	285
Hochofen	78	87	94	91	87
Raffinerie	658	609	560	516	442
Fernwärme	1.548	1.528	1.462	1.318	1.209
Wärme Kraft, EVU	7.243	6.479	4.767	3.609	2.454
Wärme Kraft, Industrie	4.676	5.184	5.643	5.456	5.247
Umwandlungsprozesse	14.568	14.233	12.859	11.302	9.724
CO ₂ , Insgesamt	60.292	57.807	51.491	45.607	38.242
CO ₂ , BASE	60.292	64.634	66.215	67.506	69.263

Übersicht 72: CO₂-Emissionen (Umwandlung und insgesamt), in 1.000 t:

"Nachhaltigkeits"- versus "Baseline"-Szenario (Differenz)

	2000	2005	2010	2015	2020
Kokerei	0	- 6	- 18	- 34	- 56
Hochofen	0	- 2	- 6	- 12	- 21
Raffinerie	0	- 61	- 157	- 248	- 360
Fernwärme	0	- 57	- 51	- 349	- 722
Wärme Kraft, EVU	0	- 2.438	- 3.960	- 5.479	- 7.567
Wärme Kraft, Industrie	0	- 281	- 738	- 1.250	- 1.886
Umwandlungsprozesse	0	- 2.846	- 4.931	- 7.372	- 10.612
CO ₂ , Insgesamt	0	- 6.827	- 14.724	- 21.899	- 31.021

Abbildung 20: CO₂-Emissionen: "Nachhaltigkeitsszenario"



Übersicht 73: CO₂-Emissionen in t pro Kopf: "Nachhaltigkeitsszenario"

Jahr	t/Kopf	Veränderungsrate in %
2000	7,4	
2001	7,4	-0,2
2002	7,4	-0,9
2003	7,3	-1,1
2004	7,2	-1,4
2005	7,1	-1,3
2006	7,0	-1,8
2007	6,8	-2,1
2008	6,6	-2,4
2009	6,5	-2,5
2010	6,3	-3,2
2011	6,2	-1,8
2012	6,0	-2,3
2013	5,9	-2,6
2014	5,7	-2,8
2015	5,5	-2,9
2016	5,4	-3,1
2017	5,2	-3,4
2018	5,0	-3,6
2019	4,8	-3,7
2020	4,6	-4,0

8. Ökonomische Evaluierung

Die wesentlichen ökonomischen Rahmenbedingungen für das "Baseline"-Szenario stammten aus einer mittelfristigen Prognose mit dem Modell MULTIMAC III des WIFO (*Biffi – Kratena, 2000*) in der Gliederung von 32 Wirtschaftszweigen. Dieses Modell soll in diesem Abschnitt verwendet werden, um die gesamtwirtschaftlichen und sektoralen Auswirkungen des "Kyoto"-Szenarios und des "Nachhaltigkeitsszenarios" im Vergleich zum "Baseline"-Szenario zu quantifizieren.

Die beiden Modelle können verbunden werden, werden aber nicht integriert gelöst. Das bedeutet, dass an den definierten Schnittstellen das Modell MULTIMAC III an die Ergebnisse des Modells DAEDALUS III angehängt wird, es wird jedoch keine weitere Rückkopplung von verändertem sektoralen Output und verändertem Einkommen auf den Energieverbrauch berücksichtigt.

Die Schnittstellen für die Übertragung von Ergebnissen aus dem Energiesystem in das ökonomische System sind:

- Energiekosten (beeinflusst sektoral die Kosten für Vorleistungen und bei den Haushalten das verfügbare Einkommen)
- Produktion von Energie lt. Energiebilanzschema (beeinflusst den realen Bruttoproduktionswert der entsprechenden Energiesektoren)
- Veränderungen im energierelevanten Kapitalstock (bewirkt entsprechend höhere Investitionen)

Im "Baseline"-Szenario war im wesentlichen die Entwicklung von BIP, Haushaltseinkommen und sektoralem realen Output (Bruttoproduktionswert) der bestimmende Faktor für die Energienachfrage. Um einen Vergleich der Szenarien anzustellen, müssen zunächst diese ökonomisch relevanten Ergebnisse für das "Baseline"-Szenario berechnet werden. Dabei zeigt sich ein leichtes Absinken der Energiekosten bis 2010 und danach aufgrund der Rohölpreisentwicklung ein Anstieg.

Übersicht 74: Energiekosten nach Sektoren in Mio. S: "Baseline"-Szenario

	2000	2005	2010	2015	2020
1 Eisen- und Nicht-Eisen-Metalle	6.753	7.117	7.487	8.074	8.798
2 Chemie	3.361	3.649	3.898	3.870	3.822
3 Stein- und Glaswaren	3.796	3.565	3.636	3.738	3.809
4 Nahrungs- und Genussmittel	2.724	2.730	2.840	3.030	3.318
5 Textilien, Bekleidung, Schuhe	1.095	841	704	564	402
6 Papier und Pappe, Druckerei	4.637	5.550	6.024	6.571	7.195
7 Maschinen, Elektro, Fahrzeuge	5.692	5.913	6.482	7.124	8.074
8 Sonstige Sachgüterproduktion	3.286	3.087	2.927	2.816	2.711
Industrie, insgesamt	31.343	32.452	33.999	35.787	38.130
12 sonstige Dienstleistungen	32.971	35.257	40.326	44.918	49.983
Gewerblicher Verkehr	19.186	20.623	25.792	31.742	38.940
Sonstiger Verkehr	77.389	67.735	69.428	73.097	75.969
Haushalte	44.219	43.336	45.221	46.452	48.918
INSGESAMT	205.108	199.403	214.766	231.996	251.939

Übersicht 75: Bruttoproduktionswerte (real, Preise 1983) und Beschäftigung in der Energiewirtschaft im "Baseline"-Szenario (Veränderungsrate in %)

	Output			
	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020
Kohle, Koks	- 1,0	+ 0,6	- 0,3	± 0,0
Erdöl- und Erdgasgewinnung	+ 0,4	+ 1,4	+ 2,3	+ 1,0
Gasversorgung	+ 3,6	+ 1,8	+ 2,9	+ 1,7
Erdölverarbeitung	+ 0,4	+ 1,4	+ 2,3	+ 1,0
Elektrizitäts- und Wärmeversorgung	+ 1,0	+ 1,3	+ 2,1	+ 1,4

	Beschäftigung			
	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020
Kohle, Koks	- 7,0	- 5,5	- 10,3	- 6,0
Erdöl- und Erdgasgewinnung	- 0,1	+ 0,9	+ 1,4	+ 0,5
Gasversorgung	+ 0,5	- 1,3	- 2,2	- 1,4
Erdölverarbeitung	- 4,6	- 3,7	- 6,2	- 4,0
Elektrizitäts- und Wärmeversorgung	- 3,0	- 2,7	- 4,7	- 2,7

In der Industrie und in den Haushalten entwickeln sich die Energiekosten etwa gleich wie im gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt, etwas stärker steigen die Energiekosten im sonstigen Verkehr (Pkw-Verkehr und Verkehr der Wirtschaftszweige) und in den Dienstleistungen an. Einen massiven Anstieg der Energiekosten verzeichnet der gewerbliche Verkehr.

Die heimische Produktion steigt im "Baseline"-Szenario in allen Bereichen der Energiewirtschaft außer bei Kohle an, am stärksten in der Gasversorgung. Aufgrund der schon in den historischen Daten beobachtbaren Produktivitätssteigerungen kommt es aber im "Baseline"-Szenario in allen Bereichen zu einem weiteren Abbau an Beschäftigung.

Die Entwicklung der energierelevanten Kapitalstöcke wurde bereits in Kapitel 3 dargestellt und muss hier nicht wiederholt werden.

Die in den letzten beiden Kapiteln behandelten Veränderungen im Energiesystem in den beiden Alternativszenarien zum "Baseline" bewirken zunächst Veränderungen bei den Energiekosten und der heimischen Produktion und Beschäftigung in der Energiewirtschaft. Die Implementierung der beiden Szenarien in das Energiesystem erfolgte größtenteils durch strukturelle Eingriffe ohne die entsprechenden Instrumente explizit zu machen.

Durch die erfolgreiche Implementierung der Maßnahmen sinken die Energiekosten, dafür muss es aber zu (i) Änderungen im Verhalten und/oder (ii) Änderungen im Einsatz der Technologien kommen. Die Logik der letzteren Kategorie von Maßnahmen entspricht weitestgehend einer Substitution von Energiemengen ("energy flows") durch Technologien, die in gewissen Kapitalgütern inkorporiert sind. Diese Substitution wird eben durch die Implementierung der Maßnahmen erreicht, sodass von

induziertem, energiesparendem technischen Fortschritt gesprochen werden kann (vgl. dazu: *Newell – Jaffe – Stavins, 1999*).

Diese Substitution erfordert Investitionen, die unter den herrschenden Marktbedingungen nicht getätigt werden, sodass Barrieren überwunden werden müssen. Zur Quantifizierung können die Ergebnisse anderer Studien (*Schuster et al., 2000, Haas et al., 2001*) zu den spezifischen Investitionskosten von Technologien herangezogen werden, womit man die gesamten Investitionskosten berechnen kann, die hinter den Szenarien stehen. Diese Investitionskosten werden in MULTIMAC III in Form von höheren Investitionen in den entsprechenden Kategorien (Wohnbausanierung, Tausch von Heizsystemen, Wärme- und Stromerzeugungsanlagen) verbucht. Diese zusätzlichen Investitionen werden nachfragewirksam und sind *nicht* mit den gesamtwirtschaftlichen Kosten der Implementierung der Szenarien gleichzusetzen.

Da diese Investitionen jedoch ohne zusätzlichen Impuls wie im "Baseline"-Szenario nicht getätigt werden, sind Ressourcen dafür einzusetzen, die an anderer Stelle abgezogen werden müssen. Diese Umlenkung von Ressourcen entspricht den eigentlichen gesamtwirtschaftlichen Kosten der Änderungen im Einsatz der Technologien. Bei den Investitionen im Bereich der Unternehmen (Elektrizitäts- und Wärmeversorgungsunternehmen, Co-Generation in der Industrie, Güterverkehr) wird angenommen, dass Einschätzungen von Kosten und Amortisation eine bedeutende Rolle spielen. In diesem Bereich wurden daher Anreizfinanzierungen für die Investitionen in Ansatz gebracht.

Gleichfalls werden Anreizfinanzierungen als Impuls auch für die Sanierungsinvestitionen bei der Gebäudehülle und den Heizungssystemen angenommen, wobei die Überlegung einer teilweisen Umlenkung der Wohnbauförderung dahinter steckt, deren Förderungsbarwert auch als Anreizfinanzierung gesehen werden kann. Umgekehrt wurde in einigen Bereichen der erneuerbaren Energie im Haushaltssektor (Pelletsheizungen, thermische Solarenergie, Photovoltaik, Wärmepumpen) die Bedeutung von Kosten und Amortisation geringer eingeschätzt.

Tatsächlich sind teure Technologien im Haushaltsbereich in der Vergangenheit schnell diffundiert, sodass sich eher die Frage nach der Überwindung von Barrieren und Hemmnissen stellt, die auch geringfügige Kosten verursachen kann. Bei Ökostrom wurden außerdem Einspeisetarife aus der Untersuchung von *Haas et al. (2001)* in Ansatz gebracht. In der Praxis werden diese Einspeisetarife über den Preis für elektrische Energie finanziert, was wieder Rückwirkungen auf die Nachfrage nach elektrischer Energie hätte. Dieser zusätzliche Effekt wurde nicht berücksichtigt, sondern es wurde lediglich angenommen, dass die Kosten aus der Vergütung von Einspeisetarifen das verfügbare Einkommen verringern.

Es müssen daher noch folgende Kostenkomponenten für die ökonomische Evaluierung des "Kyoto"- und des "Nachhaltigkeitsszenarios" herangezogen werden:

- Anreizfinanzierungen für Investitionen (dafür wurden generell 30% der Investitionssumme eingesetzt)
- Gesamtwirtschaftliche Kosten zur Überwindung von Barrieren wie z. B. Impulsprogramme, Informations- und Schulungsprogramme (dafür wurden generell 500 Mio. S pro Jahr angenommen, im Pkw-Verkehr (Flottenverbrauch) 1 Mrd. S pro Jahr)
- Vergütungen von Einspeisetarifen (Feste Biomasse: 2 S/kWh, Biogas: 1,5 S/kWh und Depo-niegas/Klärgas: 1,3 S/kWh).

Die drei Kostenkomponenten wirken gesamtwirtschaftlich als Verringerung des verfügbaren Einkommens und werden damit negativ nachfragewirksam. Dahinter steht, dass es zu höheren Steuereinnahmen oder Umschichtungen bei den Ausgaben der öffentlichen Hand kommen muss, um bei gegebenem Ziel für das staatliche Defizit zusätzliche Ausgaben tätigen zu können. Besonders wirksam im Sinne der Emissionsreduktion sind solche Umschichtungen, wenn sie zu Lasten von Ausgaben gehen, die tendenziell positiv auf den Energieverbrauch wirken (Förderung des Neubaus in der Wohnbauförderung, steuerliche Förderung des Pendelverkehrs, Energiesteuerrückvergütung).

Es wurden hier bewusst die vollen (Brutto-)Kosten zusätzlicher Anreizfinanzierung und sonstiger Maßnahmen eingesetzt und die Frage offen gelassen, inwieweit das für die öffentliche Hand durch Umschichtungen oder "neues Geld" aufgebracht werden muss. Daher stimmt die hier als Anreizfinanzierung ausgewiesene Summe im "Kyoto"-Szenario nicht mit jener in der Klimastrategie überein. Den Schätzungen der Klimastrategie liegt die Überlegung zusätzlich benötigter öffentlicher Mittel zugrunde, während die ökonomischen Evaluierung hier die Perspektive gesamtwirtschaftlich wirksamer Ressourcen und Kosten hat.

Für die Implementierung der Maßnahmen, die beim Benutzerverhalten ansetzen (bei Raumwärme, Pkw-Verkehr und Elektrizität im Kleinverbrauch), musste in DAEDALUS III direkt in (endogene) Modellvariable eingegriffen werden, um die entsprechenden Ergebnisse bei der Energienachfrage zu erhalten. Die Ergebnisse dieser Maßnahmen wären in DAEDALUS III ansonst nur erreichbar, wenn sich die Energiepreise änderten. Theoretisch entspräche das Kostenäquivalent in diesem Bereich daher jener Erhöhung der Kosten, die sich durch Preisänderungen ergäbe, die zu genau jenen Mengenreaktionen führten, die in den Maßnahmen unterstellt sind.

Eine derartige Berechnung wurde nur für den Pkw-Verkehr angestellt, bei Raumwärme und Elektrizität im Kleinverbrauch wurden Annahmen zu den zusätzlichen Kosten getroffen. Die entsprechende Reaktion der Kosten für eine gegebene Energieverbrauchsreduktion (die implizit die Preiselastizität der Nachfrage enthält) wurde im Pkw-Verkehr vom "Nachhaltigkeitsszenario" auf das "Kyoto"-Szenario übertragen und somit in beiden Szenarien gleich implementiert. Da die Preiselastizität weit unter eins liegt, sind durch MÖSt-Erhöhungen sinkende Energieverbräuche im Pkw-Verkehr nur bei steigenden Kosten zu realisieren. Das bedeutet, dass Emissionsreduktionen in diesem Bereich als sehr teuer erscheinen, was insgesamt für den gesamten Maßnahmenmix wahrscheinlich eine Über-

schätzung der Kosten bedeutet. Partielle Veränderungen im Benutzerverhalten und im Modal-Mix sind wahrscheinlich zu wesentlich geringeren Kosten erreichbar als über den indirekten Weg einer Besteuerung der Treibstoffe.

Die Investitions- und Ausgabeneffekte wurden zusätzlich auch noch in ein Makromodell der österreichischen Wirtschaft eingesetzt, in dem der Einkommenskreislauf und der öffentliche Sektor abgebildet sind. Dadurch wird sichtbar, wie die Investitionen bei gegebenen Kosten, die entweder das verfügbare Einkommen reduzieren oder zusätzliche Ausgaben der öffentlichen Hand darstellen, auf die gesamtwirtschaftliche Nachfrage wirken. Über den Modellblock für den öffentlichen Sektor werden die Rückflüsse von Steuereinnahmen dargestellt.

8.1 Gesamtwirtschaftliche Effekte des "Kyoto"-Szenarios

Die Abschätzung von Investitionen und Kosten für das "Kyoto"-Szenario ergibt (zu heutigen Preisen) jährliche Kosten von 16,7 Mrd. S, wobei die Kosten in den einzelnen Maßnahmen hauptsächlich bis 2010 wirken. Nur bei den Maßnahmen "thermische Sanierung", "Heizanlagen-Sanierung", "Benutzerverhalten, Pkw" und "Verkehrskonzepte/Logistik" wirken die Maßnahmen bis 2020 weiter. Bei der Sanierung von Gebäuden und Heizsystemen ist das darauf zurückzuführen, dass eine erreichte, höhere Sanierungsrate beibehalten wird; im Verkehr stecken langfristige, strukturelle Änderungen im Verkehrssystem dahinter, die für nicht umkehrbar gehalten werden. Den Kosten von 16,7 Mrd. S jährlich stehen jährliche Investitionen von 26 Mrd. S gegenüber, sodass als gesamtwirtschaftlicher Impuls die Differenz von 9,3 Mrd. S resultiert.

Kumuliert fallen nach dem hier verwendeten Konzept bis 2020 zusätzliche Kosten in der Höhe von 261 Mrd. S (zu heutigen Preisen) an, denen Investitionen von 363 Mrd. S gegenüberstehen. Die hohen gesamtwirtschaftlichen Kosten sind durch die Annahme im Pkw-Verkehr determiniert, dass Emissionsreduktion nur durch die teure Option einer Erhöhung der Treibstoffsteuern erfolgt; die kumulierten Kosten im Pkw-Verkehr allein betragen fast 140 Mrd. S. Der Schwerpunkt der Investitionen liegt beim Energieverbrauch der Gebäude (Energiedienstleistungen, Effizienz und erneuerbare Energie), der Schwerpunkt der Kosten liegt im Verkehr. Für die Berechnung der Investitionen, der notwendigen Anreizfinanzierung und der sonstigen Kosten wurde auf die Ergebnisse neuerer österreichischer Studien zurückgegriffen.

– Investitionen

Bei der Berechnung der Sanierungsinvestitionen im Raumwärmebereich wurde eine neue, von der Donauuniversität Krems herausgegebene Studie (*Schuster et al., 2000*) herangezogen. Aus den Angaben zu den notwendigen Investitionskosten (63 Mrd. S), um einen gewissen Prozentsatz (16%) des Gebäudebestandes der Periode "1945 bis 1980" zu sanieren, wurden die notwendigen Gesamtkosten des "Kyoto"-Szenarios mit ca. 118 Mrd. S bis 2020 berechnet. Dabei steigen die Inves-

tionen am Anfang stärker, da zunächst bis 2012 die Sanierungsrate von 3% erreicht werden muss, die dann beibehalten wird.

Es wurde angenommen, dass die Hälfte der Sanierung "konventionell" im Sinne von *Schuster et al.* (2000) erfolgt (mit Styropor und Telwolle) und die andere Hälfte "alternativ" (mit natürlichen Rohstoffen), was für die sektorale Verteilung der Investitionen relevant ist. Die spezifischen Kosten der thermischen Sanierung wurde auf die Heizanlagen- Sanierung übertragen und als Anlageinvestitionen (Kessel) verbucht.

Die Investitionen im Bereich erneuerbarer Energie wurden auf Basis der Ergebnisse von *Haas et al.* (2001) berechnet, wobei die mittleren Werte für die dort enthaltenen spezifischen Investitionskosten der einzelnen Technologien gewählt wurden. Die verwendeten Berechnungsgrundlagen sind:

	Investitionskosten	Volllaststunden
Biomasse-Einzelanlagen	13.200 S/kW	1.800
Wärme, erneuerbare Energie	9.600 S/kW	3.000
Solarthermie	10.000 S/m ² (500 kWh/m ²)	
Wärmepumpen	20.000 S/kW	3.000
Biomasse-KWK	27.500 S/kW	5.000
Biogas-KWK	160.000 S/kW	5.000
Deponie-/Klärgas-KWK	25.000 S/kW	5.000
Hackschnitzelanlagen	8.000 S/kW	3.000

Die spezifischen Investitionskosten streuen um 10.000 S bis 20.000 S pro installierter Leistung in kW, mit der Ausnahme von Biogas. *Haas et al.* (2001) merken an, dass in diesem Bereich die exakte Erfassung der für die energetische Nutzung notwendigen Investition schwierig ist und die Kosten möglicherweise überschätzt sind.

Für Wärme aus bestehenden Quellen und vermehrte Co-Generation wurden auf Basis von Veröffentlichungen des Fachverbandes der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen spezifische Investitionskosten von 1 S pro produziertem MJ angenommen.

Im Güterverkehr (Verkehrskonzepte/Logistik) wurden die Angaben aus der Klimastrategie übernommen. Für zusätzlichen Gerätetausch bei Elektrizität im Kleinverbrauch und das "upgrading" bei Wasserkraftanlagen wurden willkürlich 1 Mrd. S pro Jahr angenommen. Mit Ausnahme des Verkehrs und eines Teils der Investitionen bei Wärme aus bestehenden Quellen, die als Tiefbauinvestitionen verbucht wurden, werden die Investitionen als Anlageinvestitionen wirksam.

Übersicht 76: Investitionen und Kosten im "Kyoto"-Szenario (jährlich, in Mio. S)

	Investitionen	Anreizfinanzierung	Sonstige Kosten
Gebäude	16.160	3.729	1.750
Regelungstechnik/Benutzerverhalten	0	0	250
Thermische Sanierung	5.925	1.778	0
Heizanlagen Sanierung	2.139	642	0
Wärme aus best. Quellen+Cogen.Geb.	1.300	390	0
Wärme aus erneuerbarer Energie	862	259	0
Biomasse, Einzelheizungen	1.833	278	500
Umgebungswärme aus Wärmepumpen	267	0	500
Thermische Solarenergie	3.833	383	500
Elektrizität im Kleinverbrauch	1.000	300	500
Regelungstechnik/Benutzerverhalten	0	0	500
Geräte	1.000	300	0
Verkehr	2.270	250	7.464
Benutzerverhalten+Modal Mix, Pkw			6.464
Verkehrskonzepte Logistik	2.270	250	0
Flottenverbrauch, Pkw	0	0	1.000
Elektrizität und Wärme	4.710	1.413	777
Cogeneration in Neuanlagen	1.500	450	0
Biomasse in kalorischen Anlagen	0	0	500
Biomasse in Cogeneration	2.210	663	277
Wasserkraft, Upgrading/Neuanlagen	1.000	300	0
Industrie	1.867	560	0
Cogeneration, Erneuerbare	1.867	560	0
INSGESAMT	26.007	6.252	10.491

– **Anreizfinanzierung**

Wie oben bereits dargestellt, wurde pauschal ein Anteil von 30% der Investitionssumme als Anreizfinanzierung angesetzt. Ausnahmen davon wurden in folgenden Bereichen gemacht:

Biomasse-Einzelanlagen (20.000 S pro Anlage), thermische Solarenergie (10%), Verkehrskonzepte/Logistik (11% auf Basis der Klimastrategie).

– **Sonstige Kosten**

Beim Pkw-Verkehr wurden die Kosten - wie oben erläutert - analog zu den resultierenden Kosten der MÖSt-Erhöhung im "Nachhaltigkeitsszenario" berechnet. Bei Biomasse in Co-Generation wurden die dargestellten Vergütungen für Einspeisetarife in Ansatz gebracht. In allen sonstigen Fällen wurden die Kosten für Informationskampagnen und Impulsprogramme zur Beseitigung von Barrieren mit 500 Mio. S pro Jahr angenommen.

Als weiterer Schritt sind die Veränderungen in den Energiekosten im "Kyoto"-Szenario, die sich aus der Modellsimulation mit DAEDALUS III ergeben, zu berücksichtigen und in MULTIMAC III einzusetzen. Insgesamt ergeben sich bedeutende Absenkungen der Energiekosten gegenüber dem "Baseline"-Szenario, vor allem aus den Sektoren gewerblicher Verkehr und Haushalte. Im Pkw-Verkehr sind die Energiekosten annahmegemäß höher, da die geringe Preiselastizität bei Treibstoffen die angestrebten Verbrauchsreduktionen nur bei massiven Steuererhöhungen ermöglicht. Die insgesamt negativen Kostenabweichungen werden als Erhöhung des verfügbaren Einkommens wirksam.

Übersicht 77: Energiekosten im "Kyoto"-Szenario: Differenz zum "Baseline"-Szenario in Mio. S

	2001	2005	2010	2015	2020
Chemie	- 10	- 48	- 150	- 202	- 246
Papier und Pappe, Druckerei	- 47	- 202	- 533	- 596	- 692
Sonstige Sachgüterproduktion	- 1	- 16	- 48	- 55	- 65
Industrie, insgesamt	- 59	- 266	- 731	- 853	- 1.002
Gewerblicher Verkehr	- 108	- 1.074	- 2.906	- 5.918	- 10.497
Sonstiger Verkehr	222	2.610	7.436	9.341	11.596
Haushalte	- 1.386	- 6.409	- 14.106	- 16.241	- 19.530
INSGESAMT	- 1.330	- 5.139	- 10.307	- 13.671	- 19.433

Die höheren Investitionen im "Kyoto"-Szenario sind teilweise nur bis 2010 wirksam, während die Absenkung des Energieverbrauches und damit der Kosten aufgrund der höheren Effizienz bis 2020 kontinuierlich steigt. Im Jahr 2010 fällt daher ein wesentlicher Teil des gesamtwirtschaftlich positiven Impulses im "Kyoto"-Szenario weg, was bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen ist. Massiv rückläufig – bis zum Jahr 2020 um bis zu 30% gegenüber dem "Baseline"-Szenario – ist die Produktion in den Sektoren der Bereitstellung fossiler Energie im "Kyoto"-Szenario.

Bis 2010 sind durch die höheren Anlageinvestitionen die Sektoren Metallerzeugnisse, Büromaschinen, Elektrotechnische Einrichtungen positiv betroffen, im gesamten Zeitraum profitiert die Bauwirtschaft von den höheren thermischen Sanierungsinvestitionen. Leicht negativ betroffen sind Sektoren mit geringer Einkommenselastizität (Textil/Bekleidung, Nahrungsmittel). Insgesamt liegt der Bruttoproduktionswert unter jenem des "Baseline"-Szenarios, im Jahr 2020 um 2,3%.

Die negativen Outputeffekte in den Energiesektoren übertragen sich voll auf die Beschäftigung, die in diesen Sektoren (annahmegemäß) um den gleichen Prozentsatz gegenüber dem "Baseline"-Szenario zurückgeht. In den anderen Sektoren mit Ausnahme von Textil/Bekleidung und Nahrungsmittel steigt die Beschäftigung gegenüber dem "Baseline"-Szenario an; insgesamt liegt die Beschäftigung ca. um 0,6% über der im "Baseline"-Szenario.

In absoluten Zahlen liegt die Beschäftigung um 20.000 bis 25.000 Personen über jener des "Baseline"-Szenarios. Deutlich sichtbar ist der Einbruch im Beschäftigungseffekt ab 2010, da dann ein

Teil der kurzfristigen Investitionseffekte wegfällt. Danach nimmt die Entlastung durch niedrigere Energiekosten bis 2020 weiter zu und erhöht den Beschäftigungseffekt wieder.

Das Grundmuster der Ergebnisse bei der Umlenkung von Ressourcen vom Energiebereich in den Rest der Wirtschaft (motiviert durch CO₂-Emissionsreduktion) ist ein Rückgang von vorleistungsin- tensiver Güternachfrage für Energie (weniger "throughput") und ein Anstieg von arbeitsintensiver Güternachfrage für Kapital (neue Technologien im Energiebereich). Dieses Grundmuster, das sich hier findet, wird durch andere Studien bestätigt (*Barker, 1999, Conrad – Schmidt, 1998, Kratena – Schleicher, 1999*) und kann als einigermaßen "robust" angesehen werden. Das BIP (der *Nettopro-* duktionswert der Sektoren) liegt im "Kyoto"-Szenario bis 2010 um ca. 1% über dem Niveau des "Baseline"-Szenarios und danach um ca. 0,6%. Ein Großteil des Nachfragerückganges bei Energie betrifft importierte Vorleistungen, die im *Bruttoproduktionswert* enthalten sind, nicht aber im BIP.

Übersicht 78: *Bruttoproduktionswerte (real, Preise 1983) im "Kyoto"-Szenario: Differenz zum "Baseline"-Szenario in %*

	2005	2010	2015	2020
Land- und Forstwirtschaft	0,0	0,0	0,0	0,0
Kohlebergbau	– 1,2	– 2,2	– 1,8	– 1,7
Erdöl- und Erdgasbergbau	– 8,0	– 19,3	– 23,5	– 28,9
Gasversorgung	– 8,3	– 18,6	– 19,1	– 20,2
Erdölverarbeitung	– 8,2	– 19,5	– 23,8	– 29,1
Elektrizitäts- und Wärmeversorgung	– 2,4	– 5,0	– 3,5	– 2,9
Wasserversorgung	0,0	0,0	0,0	0,0
Eisen und Nicht-Eisen-Metalle	0,2	0,2	0,1	0,1
Stein- und Glaswaren, Bergbau	0,5	0,5	0,4	0,4
Chemie	0,8	0,8	0,5	0,5
Metallerzeugnisse	5,3	4,7	0,8	0,7
Maschinenbau	0,6	0,6	0,3	0,4
Büromaschinen	40,0	27,2	3,3	2,7
Elektrotechnische Einrichtungen	2,4	2,1	0,7	0,7
Fahrzeugbau	0,5	0,5	0,3	0,3
Nahrungs- und Genussmittel, Tabak	– 0,1	– 0,2	– 0,2	– 0,3
Textilien, Bekleidung, Schuhe	0,1	0,0	– 0,1	– 0,1
Papier und Pappe, Druckerei	1,1	1,0	0,8	0,7
Gummi- und Kunststoffwaren	0,3	0,2	– 0,0	– 0,0
Recycling	0,4	0,4	0,3	0,3
Sonstige Sachgüterproduktion	0,8	0,7	0,5	0,5
Bauwesen	3,3	3,4	2,7	2,4
Handel und Lagerung	0,5	0,5	0,3	0,4
Beherbergungs- und Gaststättenwesen	0,5	0,5	0,3	0,4
Straßen-, Bahn- und Busverkehr	0,3	0,4	0,2	0,3
Schifffahrt, Luftverkehr	1,0	1,0	0,6	0,6
Sonstiger Verkehr	0,5	0,5	0,3	0,4
Nachrichtenübermittlung	0,4	0,3	0,1	0,1
Geld- und Kreditwesen, Versicherungen	0,5	0,6	0,4	0,4
Sonstige marktmäßige Dienste	0,7	0,8	0,5	0,5
Nichtmarktmäßige Dienste	0,0	0,0	0,0	0,0
INSGESAMT	– 0,1	– 1,5	– 2,1	– 2,3

Übersicht 79: Unselbständig Beschäftigte im "Kyoto"-Szenario: Differenz zum "Baseline"-Szenario in %

	2005	2010	2015	2020
Land- und Forstwirtschaft	0,0	0,0	0,0	0,0
Kohlebergbau	- 1,2	- 2,2	- 1,8	- 1,7
Erdöl- und Erdgasbergbau	- 8,0	-19,3	-23,5	-28,9
Gasversorgung	- 8,3	-18,6	-19,1	-20,2
Erdölverarbeitung	- 8,2	-19,5	-23,8	-29,1
Elektrizitäts- und Wärmeversorgung	- 2,4	- 5,0	- 3,5	- 2,9
Wasserversorgung	0,0	0,0	0,0	0,0
Eisen und Nicht-Eisen-Metalle	- 0,0	- 0,0	0,2	0,3
Stein- und Glaswaren, Bergbau	0,4	0,5	0,4	0,4
Chemie	0,6	0,7	1,1	1,1
Metallerzeugnisse	4,6	4,1	0,7	0,6
Maschinenbau	0,5	0,5	0,4	0,4
Büromaschinen	12,3	8,6	1,1	0,9
Elektrotechnische Einrichtungen	1,9	1,5	0,5	0,3
Fahrzeugbau	0,4	0,4	0,3	0,3
Nahrungs- und Genussmittel, Tabak	- 0,1	- 0,2	- 0,2	- 0,3
Textilien, Bekleidung, Schuhe	0,0	0,0	0,0	- 0,0
Papier und Pappe, Druckerei	0,7	1,2	1,9	1,7
Gummi- und Kunststoffwaren	0,2	0,2	0,1	0,1
Recycling	0,4	0,4	0,3	0,3
Sonstige Sachgüterproduktion	0,7	0,7	0,5	0,6
Bauwesen	2,5	2,8	2,2	1,9
Handel und Lagerung	0,3	0,4	0,2	0,3
Beherbergungs- und Gaststättenwesen	0,6	0,7	0,5	0,5
Straßen-, Bahn- und Busverkehr	0,3	0,3	0,2	0,2
Schifffahrt, Luftverkehr	0,6	0,6	0,4	0,4
Sonstiger Verkehr	0,1	0,2	0,2	0,2
Nachrichtenübermittlung	0,3	0,3	0,1	0,1
Geld- und Kreditwesen, Versicherungen	0,3	0,3	0,2	0,2
Sonstige marktmäßige Dienste	0,6	1,1	1,2	1,2
Nichtmarktmäßige Dienste	0,0	0,0	0,0	0,0
INSGESAMT	0,6	0,7	0,6	0,6

Übersicht 80: Unselbständig Beschäftigte im "Kyoto"-Szenario: Differenz zum "Baseline"-Szenario in Personen

	2005	2010	2015	2020
Land- und Forstwirtschaft	0	0	0	0
Kohlebergbau	- 4	- 6	- 3	- 2
Erdöl- und Erdgasbergbau	- 142	- 357	- 455	- 572
Gasversorgung	- 271	- 567	- 545	- 537
Erdölverarbeitung	- 140	- 278	- 281	- 280
Elektrizitäts- und Wärmeversorgung	- 558	- 995	- 600	- 440
Wasserversorgung	0	0	0	0
Eisen und Nicht-Eisen-Metalle	- 5	- 7	19	22
Stein- und Glaswaren, Bergbau	192	198	190	188
Chemie	136	125	152	203
Metallerzeugnisse	3.570	3.244	538	537
Maschinenbau	311	367	279	362
Büromaschinen	80	60	8	7
Elektrotechnische Einrichtungen	1.121	829	216	84
Fahrzeugbau	182	206	148	170
Nahrungs- und Genussmittel, Tabak	- 107	- 145	- 110	- 152
Textilien, Bekleidung, Schuhe	14	8	2	- 5
Papier und Pappe, Druckerei	271	399	657	890
Gummi- und Kunststoffwaren	50	34	12	10
Recycling	4	4	3	4
Sonstige Sachgüterproduktion	735	772	631	696
Bauwesen	9.294	11.107	9.519	9.052
Handel und Lagerung	1.735	2.086	1.477	1.642
Beherbergungs- und Gaststättenwesen	1.092	1.483	1.145	1.330
Straßen-, Bahn- und Busverkehr	353	407	278	316
Schifffahrt, Luftverkehr	63	73	50	56
Sonstiger Verkehr	42	75	81	91
Nachrichtenübermittlung	252	225	96	90
Geld- und Kreditwesen, Versicherungen	385	445	311	371
Sonstige marktmäßige Dienste	2547	6.147	8.885	12.214
Nichtmarktmäßige Dienste	0	0	0	0
INSGESAMT	21.199	25.938	22.703	26.345

Die Berechnungen mit dem Makromodell ergeben aufgrund der positiven BIP-Effekte auch entsprechend höhere Einnahmen des Staates, die den eventuellen höheren Ausgaben im "Kyoto"-Szenario gegenzurechnen wären.

Für die zusätzlichen Ausgaben wäre im Maximum denkbar, dass die gesamte Anreizfinanzierung und die sonstigen Kosten ohne die Kosten im Pkw-Verkehr zusätzliche öffentliche Gelder wären. Diese "Maximalvariante" ergäbe durchschnittliche jährliche zusätzliche Ausgaben von 10,4 Mrd. S. Für die Kosten im Pkw-Verkehr von 7,4 Mrd. S könnte angenommen werden, dass es sich um zusätzliche Einnahmen aus MÖSt handelt, die aber sinnvollerweise an anderer Stelle aufkommens-

neutral wieder rückerstattet werden sollten durch Steuersenkungen und/oder einen "Ökobonus" und daher nicht budgetrelevant würden.

Die errechneten maximalen zusätzlichen öffentlichen Ausgaben wären jedenfalls durch höhere Steuereinnahmen gedeckt, es ergibt sich ein positiver Saldo für die öffentlichen Haushalte, der zwischen 8,8 Mrd. S und 2,5 Mrd. S schwankt. Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass eine derartige Annahme über zusätzliche öffentliche Gelder den Anforderungen des EU-Stabilitätspaktes widerspricht und daher als unplausibel einzustufen ist. Vielmehr ist davon auszugehen, dass ein Großteil der zusätzlichen Steuereinnahmen voll budgetwirksam wird in Form einer entsprechenden Absenkung des Nettodefizits.

Übersicht 81: Steuereinnahmen im "Kyoto"-Szenario: Differenz zum "Baseline"-Szenario in Mio. S

	2005	2010	2015	2020
Indirekte Steuern	5.110	6.313	4.251	5.089
Direkte Steuern	4.700	5.806	3.910	4.680
Sozialversicherungsbeiträge	5.753	7.107	4.786	5.728
Steuern insgesamt	15.563	19.226	12.947	15.497

8.2 Gesamtwirtschaftliche Effekte des "Nachhaltigkeitsszenarios"

Im "Nachhaltigkeitsszenario" ergeben sich bei der Abschätzung von Investitionen und Kosten jährliche Kosten (zu heutigen Preisen) von 25,4 Mrd. S, wobei die ein Großteil der Kosten im Gegensatz zum "Kyoto"-Szenario bis 2020 wirkt, was in der langfristigen Orientierung des "Nachhaltigkeitsszenarios" begründet ist. Lediglich die Investitionen für erneuerbare Energie in der Wärme und bei Wärme aus bestehenden Quellen wirken wie im "Kyoto"-Szenario nur bis 2010. Im "Nachhaltigkeitsszenario" stehen den Kosten von 25,4 Mrd. S jährlich (kumuliert 450 Mrd. S) jährliche Investitionen von ca. 37,9 Mrd. S (kumuliert 638 Mrd. S) gegenüber, sodass als gesamtwirtschaftlicher Impuls die Differenz von 12,5 Mrd. S wirksam wird, um ca. 3 Mrd. S mehr als im "Kyoto"-Szenario.

Kumuliert fallen nach dem hier verwendeten Konzept bis 2020 zusätzliche Kosten in der Höhe von 450 Mrd. S (zu heutigen Preisen) an, denen Investitionen von 638 Mrd. S gegenüberstehen. Im "Nachhaltigkeitsszenario" sind die gesamtwirtschaftlichen Kosten im Verkehr aufgrund der MÖSt-Erhöhung noch wesentlich höher als im "Kyoto"-Szenario, wo eine "hypothetische" Kostensteigerung aufgrund der Mengenreduktionen berechnet wurde; die kumulierten Kosten im Pkw-Verkehr betragen im "Nachhaltigkeitsszenario" 237 Mrd. S.

– Investitionen

Bei der Berechnung der Sanierungsinvestitionen im Raumwärmebereich wurde analog zum "Kyoto"-Szenario von den Daten in *Schuster et al.* (2000) ausgegangen und diese auf die wesentlich hö-

heren Sanierungsraten übertragen. Daraus ergeben sich Investitionskosten für Gebäudesanierung im "Nachhaltigkeitsszenario" von ca. 290 Mrd. S bis 2020. Die Investitionen im Bereich erneuerbarer Energie wurden ebenfalls analog zum "Kyoto"-Szenario auf Basis der Ergebnisse von *Haas et al.* (2001) berechnet. Im wesentlichen entsprechen die Investitionen im "Nachhaltigkeitsszenario" in diesem Bereich jenen des "Kyoto"-Szenarios.

Auch beim Elektrizitätsverbrauch und im Verkehr entsprechen die Investitionen und Kosten jenen im "Kyoto"-Szenario. Für die Null-Emission-Fahrzeuge und die vermehrte Anwendung der Brennstoffzelle (auf Basis von Gas) in der Strom- und Wärmeerzeugung wurden keine spezifischen Investitionskosten angesetzt. Hier wurde angenommen, dass die Diffusion dieser Technologien im Ausmaß der Umrüstungs- und Ersatzinvestitionen bis 2020 erfolgen kann. Das Gleiche gilt für die Verwendung alternativer Rohstoffe.

Vom "Kyoto"-Szenario abweichende Investitionen ergeben sich im Bereich der Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung bei Biomasse und bei Windenergie/PV (Photovoltaik).

Die Investitionen für Photovoltaik und Windenergie basieren auf den Angaben zu spezifischen Investitionskosten dieser Technologien in *Haas et al.* (2001); dabei wurden folgende Berechnungsgrundlagen verwendet:

	Investitionskosten	Volllaststunden
Windenergie	15.000 S/kW	1.500
Photovoltaik	75.000 S/kW	(900 kwh/kW)

– Anreizfinanzierung

Es wurden generell die Anteile der Investitionssumme, die als Anreizfinanzierung wirksam werden muss, vom "Kyoto"-Szenario auf das "Nachhaltigkeitsszenario" übertragen. Neu hinzugefügt wurde die Anreizfinanzierung für Windenergie und Photovoltaik, wobei nach den Angaben von *Haas et al.* (2001) mit durchschnittlichen Investitionskostenzuschüssen von 12.500 S pro installiertem kW bei Photovoltaik und 1.750 S pro installiertem kW bei Windenergie gerechnet wurde. *Haas et al.* (2001) gehen davon aus, dass zusätzlich zu den anderen Maßnahmen zur Förderung dieser Technologien und zusätzlich zu den fixen Einspeisetarifen Investitionskostenzuschüsse von 25.000 S pro installiertem kW bei Photovoltaik und 3.500 S pro installiertem kW bei Windenergie notwendig sind, die nach 2010 auf Null abgesenkt werden können.

– Sonstige Kosten

Die Kosten für Informationskampagnen und Impulsprogramme zur Beseitigung von Barrieren wurden teilweise von 500 Mio. S pro Jahr auf 1 Mrd. S pro Jahr im "Nachhaltigkeitsszenario" hinaufgesetzt. Bei Biomasse in Co-Generation wurden wieder die Vergütungen für Einspeisetarife in An-

satz gebracht, die nun aufgrund des geringeren Biomasse-Einsatzes geringer ausfallen. Bei Windenergie wurde mit einem Einspeisetarif von 1 S pro kWh und bei Photovoltaik von 4 S pro kWh gerechnet.

Übersicht 82: Investitionen und Kosten im "Nachhaltigkeitsszenario" (jährlich, in Mio. S)

	Investitionen	Anreizfinanzierung	Sonstige Kosten
Gebäude	26.479	7.116	3.250
Regelungstechnik/Benutzerverhalten	0	0	250
Thermische Sanierung	14.478	4.344	0
Heizanlagen Sanierung	2.497	749	0
Wärme aus best.Quellen+Cogen.Geb.	1.300	390	0
Wärme aus erneuerbarer Energie	1.348	404	0
Biomasse, Einzelheizungen	1.833	278	1.000
Umgebungswärme aus Wärmepumpen	267	0	1.000
Thermische Solarenergie	4.756	951	1.000
Elektrizität im Kleinverbrauch	500	150	250
Regelungstechnik/Benutzerverhalten	0	0	250
Geräte	500	150	0
Verkehr	2.270	250	11.840
Mineralölsteuer	0	0	11.840
Verkehrskonzepte Logistik	2.270	250	0
Null-Emission-Fahrzeuge	0	0	0
Elektrizität und Wärme	8.674	1.448	559
Brennstoffzelle, Gas	0	0	0
Biomasse in Cogeneration	674	202	84
Wind, PV, Geothermie	8.000	1.246	475
Industrie	0	0	500
Alternative Rohstoffe	0	0	500
	37.923	8.964	16.399

Die Veränderungen in den Energiekosten im "Nachhaltigkeitsszenario" bilden den weiteren wesentlichen Input für die Simulationen mit MULTIMAC III. Insgesamt sind die Energiekosten erheblich niedriger als im "Baseline"-Szenario, vor allem in den Sektoren gewerblicher Verkehr und Haushalte. Im Unterschied zum "Kyoto"-Szenario sind jedoch auch in den Grundstoffindustrien aufgrund des Umstieges auf alternative Rohstoffe erhebliche Energiekostensenkungen erkennbar.

Für die Simulation wird die gesamte Kostensenkung wiederum annahmegemäß als Erhöhung des verfügbaren Einkommens wirksam. Alternativ dazu wäre denkbar gewesen, die Kostensenkungen als Erhöhung der preisbedingten Wettbewerbsfähigkeit zu verbuchen und die entsprechenden Nachfrageeffekte in den Grundstoffindustrien darzustellen. Im Pkw-Verkehr sind die Energiekosten

aufgrund der geringen Preiselastizität bei Treibstoffen bei der erfolgten Steuererhöhung wiederum höher als im "Baseline"-Szenario, wobei die jährlichen Kostensenkungen bei höherem Ölpreis (nach 2015) entsprechend geringer sind.

Übersicht 83: Energiekosten im "Nachhaltigkeitsszenario": Differenz zum "Baseline"-Szenario in Mio. S

	2001	2005	2010	2015	2020
Eisen- und Nicht-Eisen-Metalle	0	– 10	– 225	– 745	– 1.608
Chemie	0	– 4	– 100	– 304	– 585
Stein- und Glaswaren	0	– 5	– 96	– 303	– 614
Papier und Pappe, Druckerei	0	– 10	– 239	– 788	– 1.577
Industrie, insgesamt	0	– 29	– 660	– 2.140	– 4.384
Gewerblicher Verkehr	– 128	– 318	– 849	– 3.281	–10.705
Sonstiger Verkehr	1.944	8.469	13.376	16.390	11.624
Haushalte	– 2.059	–9.391	–20.781	–28.929	–39.127
INSGESAMT	– 243	–1.269	–8.914	–17.960	–42.593

Die gesamtwirtschaftlichen Ergebnisse sind ähnlich wie im "Kyoto"-Szenario. Massiv rückläufig ist wiederum die Produktion in den Sektoren der Bereitstellung fossiler Energie im "Nachhaltigkeitsszenario", bis 2020 um bis zu 47% gegenüber dem "Baseline"-Szenario. Wie im "Kyoto"-Szenario sieht man bis 2010 die Auswirkungen der höheren Anlageinvestitionen (Metallerzeugnisse, Büromaschinen, Elektrotechnische Einrichtungen) und für den gesamten Zeitraum die Auswirkungen auf die Bauwirtschaft.

Insgesamt liegt der *Bruttoproduktionswert* unter jenem des "Baseline"-Szenarios, im Jahr 2020 um 4,6%.

Die negativen Outputeffekte in den Energiesektoren übertragen sich wiederum analog zum "Kyoto"-Szenario voll auf die Beschäftigung mit einem proportionalen Rückgang. In den meisten anderen Sektoren steigt die Beschäftigung gegenüber dem "Baseline"-Szenario an; insgesamt liegt die Beschäftigung ca. um 1% über der im "Baseline"-Szenario, in absoluten Zahlen um 30.000 bis 40.000 Personen.

Das BIP (der *Nettoproduktionswert* der Sektoren) liegt im "Nachhaltigkeitsszenario" bis 2010 um ca. 1,4% über dem Niveau des "Baseline"-Szenarios und danach um ca. 1%.

Die Berechnungen mit dem Makromodell ergeben wiederum die entsprechend höheren Einnahmen des Staates von 20 bis 30 Mrd. S pro Jahr. Aufgrund der Anforderungen des EU-Stabilitätspaktes ist wiederum davon auszugehen, dass die Anreizfinanzierungen und sonstigen öffentlichen Kosten durch Budgetumschichtungen erreicht werden und die zusätzlichen Steuereinnahmen daher voll budgetwirksam werden.

Übersicht 84: Steuereinnahmen im "Nachhaltigkeitsszenario": Differenz zum "Baseline"-Szenario in Mio. S

	2005	2010	2015	2020
Indirekte Steuern	7.012	8.715	7.343	10.259
Direkte Steuern	6.449	8.015	6.754	9.435
Sozialversicherungsbeiträge	7.894	9.810	8.267	11.548
Steuern insgesamt	21.355	26.540	22.364	31.242

Übersicht 85: Bruttoproduktionswerte (real, Preise 1983) im "Nachhaltigkeitsszenario": Differenz zum "Baseline"-Szenario in %

	2005	2010	2015	2020
Land- und Forstwirtschaft	0,0	0,0	0,0	0,0
Kohlebergbau	- 2,2	- 6,2	- 11,6	- 18,8
Erdöl- und Erdgasbergbau	- 9,7	- 23,0	- 34,0	- 46,9
Gasversorgung (1)	0,8	- 12,0	- 24,3	- 37,8
Erdölverarbeitung	- 9,8	- 23,1	- 34,0	- 46,9
Elektrizitäts- und Wärmeversorgung	- 4,1	- 10,0	- 15,6	- 22,1
Wasserversorgung	0,0	0,0	0,0	0,0
Eisen und Nicht-Eisen-Metalle	0,2	0,2	0,2	0,2
Stein- und Glaswaren, Bergbau	1,1	1,0	0,9	1,0
Chemie	1,3	1,3	1,0	1,2
Metallerzeugnisse	6,5	5,8	2,4	2,4
Maschinenbau	0,8	0,8	0,5	0,9
Büromaschinen	49,4	33,7	10,9	8,9
Elektrotechnische Einrichtungen	2,8	2,5	1,2	1,4
Fahrzeugbau	0,6	0,6	0,4	0,6
Nahrungs- und Genussmittel, Tabak	- 0,2	- 0,3	- 0,3	- 0,6
Textilien, Bekleidung, Schuhe	0,1	0,1	- 0,1	- 0,1
Papier und Pappe, Druckerei	2,0	1,9	1,5	1,6
Gummi- und Kunststoffwaren	0,3	0,2	0,0	0,1
Recycling	0,5	0,5	0,4	0,6
Sonstige Sachgüterproduktion	1,3	1,2	1,0	1,2
Bauwesen	5,5	5,7	4,7	4,5
Handel und Lagerung	0,6	0,7	0,5	0,8
Beherbergungs- und Gaststättenwesen	0,6	0,7	0,5	0,8
Straßen-, Bahn- und Busverkehr	0,4	0,5	0,3	0,5
Schifffahrt, Luftverkehr	1,2	1,3	0,9	1,3
Sonstiger Verkehr	0,6	0,7	0,5	0,8
Nachrichtenübermittlung	0,4	0,4	0,2	0,4
Geld- und Kreditwesen, Versicherungen	0,7	0,7	0,5	0,8
Sonstige marktmäßige Dienste	0,8	0,9	0,7	0,9
Nichtmarktmäßige Dienste	0,0	0,0	0,0	0,0
INSGESAMT	0,2	- 1,6	- 3,4	- 4,6

Übersicht 86: Unselbständig Beschäftigte im "Nachhaltigkeitsszenario": Differenz zum "Baseline"-Szenario in %

	2005	2010	2015	2020
Land- und Forstwirtschaft	0,0	0,0	0,0	0,0
Kohlebergbau	– 2,2	– 6,2	–11,6	–18,8
Erdöl- und Erdgasbergbau	– 9,7	–23,0	–34,0	–46,9
Gasversorgung (1)	0,8	–12,0	–24,3	–37,8
Erdölverarbeitung	– 9,8	–23,1	–34,0	–46,9
Elektrizitäts- und Wärmeversorgung	– 4,1	–10,0	–15,6	–22,1
Wasserversorgung	0,0	0,0	0,0	0,0
Eisen und Nicht-Eisen-Metalle	– 0,0	– 0,1	0,1	– 0,2
Stein- und Glaswaren, Bergbau	1,0	1,0	0,9	1,0
Chemie	1,1	1,2	1,5	1,5
Metallerzeugnisse	5,7	5,0	2,0	2,0
Maschinenbau	0,6	0,6	0,5	0,7
Büromaschinen	14,8	10,5	3,6	3,0
Elektrotechnische Einrichtungen	2,1	1,8	0,8	0,4
Fahrzeugbau	0,5	0,5	0,4	0,6
Nahrungs- und Genussmittel, Tabak	– 0,2	– 0,3	– 0,3	– 0,6
Textilien, Bekleidung, Schuhe	0,0	0,0	0,0	– 0,1
Papier und Pappe, Druckerei	1,7	2,1	2,7	2,4
Gummi- und Kunststoffwaren	0,3	0,2	0,1	0,1
Recycling	0,5	0,5	0,4	0,6
Sonstige Sachgüterproduktion	1,2	1,1	1,0	1,1
Bauwesen	4,2	4,5	3,8	3,6
Handel und Lagerung	0,4	0,5	0,3	0,5
Beherbergungs- und Gaststättenwesen	0,8	0,9	0,6	0,9
Straßen-, Bahn- und Busverkehr	0,3	0,3	0,2	0,4
Schifffahrt, Luftverkehr	0,7	0,7	0,5	0,7
Sonstiger Verkehr	0,2	0,3	0,3	0,3
Nachrichtenübermittlung	0,4	0,4	0,2	0,4
Geld- und Kreditwesen, Versicherungen	0,4	0,4	0,3	0,5
Sonstige marktmäßige Dienste	0,7	1,3	1,4	1,6
Nichtmarktmäßige Dienste	0,0	0,0	0,0	0,0
INSGESAMT	0,9	1,0	0,8	0,9

Übersicht 87: Unselbständig Beschäftigte im "Nachhaltigkeitsszenario": Differenz zum "Baseline"-Szenario in Personen

	2005	2010	2015	2020
Land- und Forstwirtschaft	0	0	0	0
Kohlebergbau	- 7	- 16	- 22	- 26
Erdöl- und Erdgasbergbau	- 171	- 425	- 657	- 930
Gasversorgung (1)	25	- 365	- 693	-1.003
Erdölverarbeitung	- 168	- 330	- 402	- 451
Elektrizitäts- und Wärmeversorgung	- 939	- 1.987	- 2.685	- 3.327
Wasserversorgung	0	0	0	0
Eisen und Nicht-Eisen-Metalle	- 5	- 12	11	- 11
Stein- und Glaswaren, Bergbau	425	424	406	405
Chemie	257	207	210	274
Metallerzeugnisse	4.397	4.008	1.663	1.701
Maschinenbau	383	465	382	674
Büromaschinen	97	73	26	22
Elektrotechnische Einrichtungen	1.278	958	332	92
Fahrzeugbau	226	260	199	308
Nahrungs- und Genussmittel, Tabak	- 131	- 185	- 161	- 322
Textilien, Bekleidung, Schuhe	17	9	1	- 13
Papier und Pappe, Druckerei	632	700	950	1.265
Gummi- und Kunststoffwaren	59	44	20	29
Recycling	5	6	5	8
Sonstige Sachgüterproduktion	1.282	1.297	1.109	1.369
Bauwesen	15.374	18.260	16.368	16.656
Handel und Lagerung	2.227	2.587	1.943	2.912
Beherbergungs- und Gaststättenwesen	1.409	1.843	1.502	2.353
Straßen-, Bahn- und Busverkehr	453	503	365	563
Schifffahrt, Luftverkehr	80	91	67	102
Sonstiger Verkehr	54	95	104	137
Nachrichtenübermittlung	307	287	149	244
Geld- und Kreditwesen, Versicherungen	476	565	438	740
Sonstige marktmäßige Dienste	3.128	7.326	10.637	16.336
Nichtmarktmäßige Dienste	0	0	0	0
INSGESAMT	31.169	36.685	32.268	40.108

9. ANHANG: Tabellen zu den Einzelergebnissen des "Kyoto"-Szenarios nach Maßnahmen

- Ergebnisse, "WOHNEN1"

Übersicht A1: Energetischer Endverbrauch: INSGESAMT, in TJ: "Kyoto"-Szenario: WOHNEN1

	2000	2005	2010	2015	2020
Kohle	64.787	53.387	45.346	38.204	31.243
Öl, Brennstoffe	113.888	108.978	96.952	91.588	85.145
Öl, Treibstoffe	256.654	272.430	290.574	305.689	320.205
Gas	174.148	187.745	192.334	198.953	201.254
Elektrischer Strom	181.875	198.284	206.182	217.462	231.068
Fossile Energie	609.476	622.540	625.206	634.434	637.847
Biomasse	105.015	98.527	93.115	95.889	98.760
Fernwärme	42.075	46.382	47.152	50.669	57.507
Umgebungswärme	6.773	8.832	11.515	15.009	19.567
Wasserkraft	46	46	46	46	46
INSGESAMT	945.260	974.611	983.217	1.013.509	1.044.795
INSGESAMT, BASE	945.260	1.010.077	1.049.161	1.084.712	1.121.451

Übersicht A2: CO₂-Emissionen im energetischen Endverbrauch, in 1.000 t: "Kyoto"-Szenario: WOHNEN1

	2000	2005	2010	2015	2020
1 Eisen- und Nicht-Eisen-Metalle	7.356	7.239	7.194	7.114	7.030
2 Chemie	803	910	967	781	667
3 Stein- und Glaswaren	1.776	1.747	1.711	1.608	1.450
4 Nahrungs- und Genussmittel	734	746	746	717	663
5 Textilien, Bekleidung, Schuhe	283	206	165	125	86
6 Papier und Pappe, Druckerei	1.301	1.628	1.664	1.539	1.283
7 Maschinen, Elektro, Fahrzeuge	810	854	932	958	933
8 Sonstige Sachgüterproduktion	498	428	327	221	135
Industrie, insgesamt	13.561	13.758	13.705	13.063	12.248
12 sonstige Dienstleistungen	5.635	6.263	6.821	7.501	7.860
Privater Verkehr	10.166	10.418	10.708	10.612	10.247
Gewerblicher Verkehr	2.352	2.977	3.727	4.625	5.743
Verkehr der Wirtschaftszweige	6.123	6.477	6.853	7.229	7.609
Verkehr, insgesamt	18.641	19.872	21.287	22.466	23.598
Haushalte	7.886	6.279	4.260	3.427	2.804
CO ₂ , ENDVERBRAUCH, insgesamt	45.724	46.171	46.073	46.457	46.509
CO ₂ , BASE	45.724	47.555	48.424	48.832	48.926

Übersicht A3: CO₂-Emissionen (Umwandlung und insgesamt), in 1.000 t: "Kyoto"-Szenario: WOHNEN1

	2000	2005	2010	2015	2020
Kokerei	365	348	346	338	332
Hochofen	78	88	97	100	104
Raffinerie	658	659	698	747	787
Fernwärme	1.548	1.494	1.342	1.456	1.668
Wärme kraft, EVU	7.243	8.459	7.653	7.796	8.860
Wärme kraft, Industrie	4.676	5.380	6.158	6.423	6.781
Umwandlungsvorgänge	14.568	16.429	16.294	16.860	18.534
CO ₂ , Insgesamt	60.292	62.600	62.367	63.318	65.043
CO ₂ , BASE	60.292	64.634	66.215	67.506	69.263

– Ergebnisse, "WOHNEN2"

Übersicht A4: Energetischer Endverbrauch: INSGESAMT, in TJ: "Kyoto"-Szenario: WOHNEN2

	2000	2005	2010	2015	2020
Kohle	64.787	54.683	46.962	39.453	32.194
Öl, Brennstoffe	113.888	111.103	90.562	83.724	74.927
Öl, Treibstoffe	256.654	272.430	290.574	305.689	320.205
Gas	174.148	190.402	188.038	192.222	190.625
Elektrischer Strom	181.875	201.027	212.710	225.811	241.121
Fossile Energie	609.476	628.619	616.137	621.087	617.951
Biomasse	105.015	112.035	117.802	120.598	122.821
Fernwärme	42.075	55.236	73.942	80.735	92.428
Umgebungswärme	6.773	11.081	19.855	26.012	34.086
Wasserkraft	46	46	46	46	46
INSGESAMT	945.260	1.008.044	1.040.493	1.074.290	1.108.452
INSGESAMT, BASE	945.260	1.010.077	1.049.161	1.084.712	1.121.451

Übersicht A5: CO₂-Emissionen im energetischen Endverbrauch, in 1.000 t: "Kyoto"-Szenario: WOHNEN2

	2000	2005	2010	2015	2020
1 Eisen- und Nicht-Eisen-Metalle	7.356	7.239	7.194	7.114	7.030
2 Chemie	803	910	967	781	667
3 Stein- und Glaswaren	1.776	1.747	1.711	1.608	1.450
4 Nahrungs- und Genussmittel	734	746	746	717	663
5 Textilien, Bekleidung, Schuhe	283	206	165	125	86
6 Papier und Pappe, Druckerei	1.301	1.627	1.664	1.539	1.284
7 Maschinen, Elektro, Fahrzeuge	810	854	931	958	933
8 Sonstige Sachgüterproduktion	498	428	327	221	135
Industrie, insgesamt	13.561	13.758	13.705	13.063	12.248
12 sonstige Dienstleistungen	5.635	6.263	6.821	7.500	7.859
Privater Verkehr	10.166	10.418	10.708	10.612	10.247
Gewerblicher Verkehr	2.352	2.977	3.727	4.625	5.743
Verkehr der Wirtschaftszweige	6.123	6.477	6.853	7.229	7.609
Verkehr, insgesamt	18.641	19.872	21.287	22.466	23.598
Haushalte	7.886	6.718	3.686	2.569	1.518
CO ₂ , ENDVERBRAUCH, insgesamt	45.724	46.611	45.499	45.598	45.223
CO ₂ , BASE	45.724	47.555	48.424	48.832	48.926

Übersicht A6: Erzeugung elektrischer Energie, in TJ: "Kyoto"-Szenario: WOHNEN2

	Erzeugung	Wasser, Wind, PV	Davon Wind, PV	Kalorisch	Davon EVU kalorisch
2000	212.085	154.108	262	57.977	41.384
2001	205.120	140.871	359	64.249	47.614
2002	209.526	142.012	492	67.514	49.262
2003	213.598	143.153	674	70.445	50.571
2004	218.229	144.294	923	73.935	52.310
2005	222.519	145.435	1.264	77.084	53.698
2006	226.130	146.576	1.732	79.554	54.450
2007	229.342	147.717	2.373	81.625	54.806
2008	231.800	148.858	3.251	82.942	54.468
2009	234.213	150.000	4.454	84.213	54.032
2010	236.917	151.141	6.036	85.776	53.820
2011	239.809	152.282	6.338	87.527	55.084
2012	242.738	153.423	6.655	89.315	56.381
2013	245.441	154.564	6.987	90.877	57.488
2014	248.365	155.705	7.337	92.660	58.779
2015	251.510	156.846	7.704	94.664	60.255
2016	254.603	157.987	8.089	96.616	61.687
2017	257.743	159.129	8.493	98.614	63.157
2018	261.053	160.270	8.918	100.783	64.769
2019	264.715	161.411	9.364	103.304	66.675
2020	268.566	162.552	9.832	106.014	68.737

Übersicht A7: CO₂-Emissionen (Umwandlung und insgesamt), in 1.000 t: "Kyoto"-Szenario: WOHNEN2

	2000	2005	2010	2015	2020
Kokerei	365	353	356	348	344
Hochofen	78	90	102	106	111
Raffinerie	658	658	682	727	761
Fernwärme	1.548	1.479	1.217	1.299	1.448
Wärme Kraft, EVU	7.243	8.872	8.559	8.893	9.777
Wärme Kraft, Industrie	4.676	5.525	6.560	6.896	7.340
Umwandlungsvorgänge	14.568	16.978	17.475	18.268	19.781
CO ₂ , Insgesamt	60.292	63.589	62.974	63.867	65.004
CO ₂ , BASE	60.292	64.634	66.215	67.506	69.263

- Ergebnisse, "ENELHH"

Übersicht A8: Erzeugung elektrischer Energie, in TJ: "Kyoto"-Szenario: ENELHH

	Erzeugung	Wasser, Wind, PV	Davon Wind, PV	Kalorisch	Davon EVU kalorisch
2000	212.085	154.108	262	57.977	41.384
2001	204.271	140.871	359	63.400	46.957
2002	207.962	142.012	492	65.950	48.013
2003	211.315	143.153	674	68.162	48.739
2004	215.222	144.294	923	70.928	49.908
2005	218.799	145.435	1.264	73.364	50.756
2006	221.703	146.576	1.732	75.127	50.995
2007	224.217	147.717	2.373	76.500	50.875
2008	226.001	148.858	3.251	77.143	50.114
2009	227.762	150.000	4.454	77.762	49.316
2010	229.915	151.141	6.036	78.774	48.827
2011	234.862	152.282	6.338	82.580	51.801
2012	237.682	153.423	6.655	84.259	53.006
2013	240.276	154.564	6.987	85.712	54.023
2014	243.080	155.705	7.337	87.375	55.215
2015	246.093	156.846	7.704	89.247	56.580
2016	249.071	157.987	8.089	91.084	57.917
2017	252.089	159.129	8.493	92.960	59.285
2018	255.270	160.270	8.918	95.000	60.790
2019	258.809	161.411	9.364	97.398	62.593
2020	262.543	162.552	9.832	99.991	64.559

Übersicht A9: CO₂-Emissionen (Umwandlung und insgesamt), in 1.000 t: "Kyoto"-Szenario: ENELHH

	2000	2005	2010	2015	2020
Kokerei	365	351	350	342	337
Hochofen	78	88	98	102	106
Raffinerie	658	671	719	764	802
Fernwärme	1.548	1.564	1.477	1.612	1.850
Wärme kraft, EVU	7.243	8.374	7.715	8.282	9.536
Wärme kraft, Industrie	4.676	5.403	6.233	6.568	6.961
Umwandlungsvorgänge	14.568	16.451	16.594	17.670	19.592
CO ₂ , Insgesamt	60.292	63.945	65.011	66.178	68.047
CO ₂ , BASE	60.292	64.634	66.215	67.506	69.263

– Ergebnisse, "VERKEHR"

Übersicht A10: Energetischer Endverbrauch: INSGESAMT, in TJ: "Kyoto"-Szenario: VERKEHR

	2000	2005	2010	2015	2020
Kohle	64.787	54.762	47.207	39.667	32.389
Öl, Brennstoffe	113.888	118.442	111.881	104.689	96.252
Öl, Treibstoffe	256.654	252.932	234.840	226.256	211.214
Gas	174.148	196.504	208.636	216.773	220.724
Elektrischer Strom	181.875	202.444	217.313	233.776	252.696
Fossile Energie	609.476	622.641	602.563	587.385	560.578
Biomasse	105.015	108.466	111.548	115.232	118.473
Fernwärme	42.075	48.909	52.576	57.252	65.706
Umgebungswärme	6.773	8.832	11.515	15.009	19.567
Wasserkraft	46	46	46	46	46
INSGESAMT	945.260	991.338	995.561	1.008.700	1.017.066
INSGESAMT, BASE	945.260	1.010.077	1.049.161	1.084.712	1.121.451

Übersicht A11: CO₂-Emissionen im energetischen Endverbrauch, in 1.000 t: "Kyoto"-Szenario:
VERKEHR

	2000	2005	2010	2015	2020
1 Eisen- und Nicht-Eisen-Metalle	7.356	7.239	7.194	7.114	7.030
2 Chemie	803	909	967	781	667
3 Stein- und Glaswaren	1.776	1.747	1.711	1.608	1.450
4 Nahrungs- und Genussmittel	734	746	746	717	663
5 Textilien, Bekleidung, Schuhe	283	206	165	125	86
6 Papier u. Pappe, Druckerei	1.301	1.627	1.664	1.539	1.283
7 Maschinen, Elektro, Fahrzeuge	810	853	931	958	933
8 Sonstige Sachgüterproduktion	498	428	327	221	135
Industrie, insgesamt	13.561	13.757	13.704	13.063	12.248
12 sonstige Dienstleistungen	5.635	6.239	6.735	7.323	7.576
Privater Verkehr	10.166	9.559	8.217	7.784	7.017
Gewerblicher Verkehr	2.352	2.550	2.496	2.344	2.101
Verkehr der Wirtschaftszweige	6.123	6.242	6.227	6.143	5.978
Verkehr, insgesamt	18.641	18.351	16.940	16.270	15.097
Haushalte	7.886	7.663	6.612	5.803	5.222
CO ₂ , ENDVERBRAUCH, insgesamt	45.724	46.010	43.992	42.459	40.143
CO ₂ , BASE	45.724	47.555	48.424	48.832	48.926

Übersicht A12: CO₂-Emissionen (Umwandlung und insgesamt), in 1.000 t: "Kyoto"-Szenario:
VERKEHR

	2000	2005	2010	2015	2020
Kokerei	365	353	354	348	344
Hochofen	78	89	100	105	110
Raffinerie	658	642	632	639	626
Fernwärme	1.548	1.583	1.511	1.664	1.929
Wärme kraft, EVU	7.243	9.114	9.272	9.991	11.075
Wärme kraft, Industrie	4.676	5.484	6.449	6.829	7.311
Umwandlungsvorgänge	14.568	17.265	18.318	19.575	21.395
CO ₂ , Insgesamt	60.292	63.275	62.310	62.034	61.538
CO ₂ , BASE	60.292	64.634	66.215	67.506	69.263

- Ergebnisse, "ELST"

Übersicht A13: Erzeugung elektrischer Energie, in TJ: "Kyoto"-Szenario: ELST

	Erzeugung	Wasser, Wind, PV	Davon Wind, PV	Kalorisch	Davon EVU kalorisch
2000	212.085	154.108	262	57.977	41.384
2001	205.137	141.051	359	64.086	47.536
2002	209.564	142.372	492	67.192	49.049
2003	213.661	143.693	674	69.968	50.232
2004	218.325	145.014	923	73.311	51.862
2005	222.673	146.335	1.264	76.338	53.175
2006	226.360	147.656	1.732	78.704	53.882
2007	229.671	148.977	2.373	80.694	54.233
2008	232.251	150.298	3.251	81.953	53.936
2009	234.825	151.620	4.454	83.205	53.606
2010	237.804	152.941	6.036	84.863	53.590
2011	240.766	154.082	6.338	86.684	54.913
2012	243.776	155.223	6.655	88.553	56.275
2013	246.585	156.364	6.987	90.221	57.472
2014	249.603	157.505	7.337	92.098	58.841
2015	252.825	158.646	7.704	94.179	60.380
2016	256.028	159.787	8.089	96.241	61.904
2017	259.281	160.929	8.493	98.352	63.467
2018	262.698	162.070	8.918	100.628	65.169
2019	266.488	163.211	9.364	103.277	67.181
2020	270.482	164.352	9.832	106.130	69.363

Übersicht A14: Brennstoffeinsatz für elektrische Energie und Wärme nach Umwandlungsvorgängen, in TJ: "Kyoto"-Szenario: ELST

	2000	2005	2010	2015	2020
<i>EVU, kalorisch</i>					
Steinkohle	26.558	37.896	23.234	9.455	989
Braunkohle	4.982	0	0	0	0
Heizöl	11.781	4.692	9.170	16.857	25.655
Gas	60.728	83.933	92.903	112.451	136.859
Biogene Energie	224	2.376	4.471	4.599	4.782
<i>Industrie</i>					
Gas	29.066	33.414	39.318	42.182	45.939
Biogene Energie	14.946	22.120	29.378	31.076	33.294
<i>FWVU</i>					
Heizöl	11.344	10.300	8.478	9.339	10.823
Gas	11.273	13.293	14.483	15.954	18.489
Biogene Energie	5.781	9.357	12.487	13.755	15.941
Geothermie	33	576	1.079	1.189	1.378

Übersicht A15: CO₂-Emissionen (Umwandlung und insgesamt), in 1.000 t: "Kyoto"-Szenario: ELST

	2000	2005	2010	2015	2020
Kokerei	365	352	353	345	341
Hochofen	78	89	100	103	108
Raffinerie	658	668	711	759	797
Fernwärme	1.548	1.585	1.513	1.667	1.931
Wärme kraft, EVU	7.243	8.550	8.015	8.395	9.337
Wärme kraft, Industrie	4.676	5.334	6.137	6.460	6.884
Umwandlungsvorgänge	14.568	16.578	16.829	17.730	19.398
CO ₂ , Insgesamt	60.292	64.133	65.253	66.562	68.324
CO ₂ , BASE	60.292	64.634	66.215	67.506	69.263

- Ergebnisse "INDUSTRIE"

Übersicht A16: Energetischer Endverbrauch: INSGESAMT, in TJ: "Kyoto"-Szenario: INDUSTRIE

	2000	2005	2010	2015	2020
Kohle	64.787	54.014	45.397	37.860	31.341
Öl, Brennstoffe	113.888	118.128	111.618	106.320	99.801
Öl, Treibstoffe	256.654	272.430	290.574	305.690	320.205
Gas	174.148	192.641	196.565	201.294	201.959
Elektrischer Strom	181.875	201.173	213.529	227.017	242.866
Fossile Energie	609.476	637.213	644.154	651.163	653.306
Biomasse	105.015	113.791	127.114	133.872	139.497
Fernwärme	42.075	49.020	52.801	57.607	66.171
Umgebungswärme	6.773	8.832	11.515	15.009	19.567
Wasserkraft	46	46	46	46	46
INSGESAMT	945.260	1.010.075	1.049.159	1.084.714	1.121.453
INSGESAMT, BASE	945.260	1.010.077	1.049.161	1.084.712	1.121.451

Übersicht A17: CO₂-Emissionen im energetischen Endverbrauch, in 1.000 t: "Kyoto"-Szenario:
INDUSTRIE

	2000	2005	2010	2015	2020
1 Eisen- und Nicht-Eisen-Metalle	7.356	7.239	7.194	7.114	7.030
2 Chemie	803	843	757	508	377
3 Stein- und Glaswaren	1.776	1.747	1.711	1.608	1.450
4 Nahrungs- und Genussmittel	734	746	746	717	663
5 Textilien, Bekleidung, Schuhe	283	206	165	125	86
6 Papier u. Pappe, Druckerei	1.301	1.379	976	755	418
7 Maschinen, Elektro, Fahrzeuge	810	853	931	958	933
8 Sonstige Sachgüterproduktion	498	411	275	167	78
Industrie, insgesamt	13.561	13.425	12.754	11.952	11.034
12 sonstige Dienstleistungen	5.635	6.264	6.821	7.500	7.859
Privater Verkehr	10.166	10.418	10.708	10.612	10.247
Gewerblicher Verkehr	2.352	2.977	3.727	4.625	5.743
Verkehr der Wirtschaftszweige	6.123	6.477	6.853	7.229	7.609
Verkehr, insgesamt	18.641	19.872	21.287	22.466	23.598
Haushalte	7.886	7.663	6.612	5.803	5.222
CO ₂ , ENDVERBRAUCH, insgesamt	45.724	47.223	47.474	47.721	47.713
CO ₂ , BASE	45.724	47.555	48.424	48.832	48.926

Übersicht A18: CO₂-Emissionen (Umwandlung und insgesamt), in 1.000 t: "Kyoto"-Szenario:
INDUSTRIE

	2000	2005	2010	2015	2020
Kokerei	365	352	353	345	340
Hochofen	78	89	100	103	108
Raffinerie	658	669	714	762	800
Fernwärme	1.548	1.585	1.513	1.667	1.931
Wärme kraft, EVU	7.244	8.917	8.727	9.088	10.022
Wärme kraft, Industrie	4.676	5.465	6.381	6.707	7.133
Umwandlungsvorgänge	14.568	17.078	17.787	18.672	20.334
CO ₂ , Insgesamt	60.293	64.301	65.261	66.392	68.047
CO ₂ , BASE	60.292	64.634	66.215	67.506	69.263

Literaturhinweise

- Andersson, B., Bergman, L., (1995), Market Structure and the Price of Electricity: An Ex Ante Analysis of Deregulated Swedish Markets, *The Energy Journal*, 16(2), 1995.
- Berndt, E. R., ed., (1991), *The Practice of Econometrics: Classic and Contemporary*, Massachusetts (Addison – Wesley), 1991.
- Berndt, E. R., Kolstad, Ch., Lee, J. - K., (1993), Measuring the Energy Efficiency and Produktivity Impacts of Embodied Technical Change, *The Energy Journal*, 14(1), 1993.
- Biffel, G., Kratena, K., *Die Zukunft der österreichischen Berufs- und Qualifikationslandschaft bis 2005*, WIFO, Wien 2000.
- Bittermann, W., *Energiebilanzen 1993 – 1999*, in: *Statistische Nachrichten* 11/2000.
- Buchner, Barbara und Stefan Schleicher. 2001. *Energie und Klima - Die globalen Storylines. Wissenschaft und Umwelt interdisziplinär - Kein Klima für die Klimapolitik?*. Wien: Forum Wissenschaft und Umwelt.
- Campbell, C.J. (1997), *The Coming Oil Crisis*, Petroconsultants SA, London, 1997.
- Considine, T.J., (2000), Cost Structures for Fossil Fuel – Fired Electric Power Generation, *The Energy Journal*, 21(2), 2000.
- Czerny, M., Hahn, F., Szeider, G., Wölfl, M., Wüger, M., (1997) , *Beschäftigungswirkung der Bausparförderung in Österreich , Teil 2: Entwicklungstendenzen auf dem österreichischen Wohnungsmarkt – Wohnungsnachfrage und Sanierungsbedarf durch Wärmedämmung bis 2005*, WIFO, Wien 1997
- Diewert, E. W., (1971), An Application of the Shephard Duality Theorem: A Generalized Linear Production Function, *Journal of Political Economy*, 79:3, S 482-507, 1971.
- European Commission. 2001. *European Union Strategy for Sustainable Development*. European Commission Consultation Paper. Brussels: European Commission.
- E.V.A. (Energieverwertungsagentur), (1998) , Hsg., *Integrierte Optimierung von Erzeugungs- und Einsparpotentialen, Ergebnisse der Modellrechnungen, Teilbericht Nr.4 im Rahmen des IRP-SAVE - Projektes "Integrierte Ressourcenplanung in österreichischen Produktions- und Verteilerunternehmen*, Wien, Februar 1998.
- Haas, R., Auer, H., Huber, C., Orasch, W., (2000), *How Will Electricity Prices in Deregulated Markets Develop in the Long Run? Arguments Why There Won't Be Any Really Cheap Electricity*, in: MacKerron, G., Pearson, P., (eds.), *The International Energy Experience. Markets, Regulation and the Environment*, Imperial College Press, London 2000.
- Haas R., Berger M., Kranzl L., (2001), *Strategien zur weiteren Forcierung erneuerbarer Energieträger in Österreich unter besonderer Berücksichtigung des EU-Weiß-buches für erneuerbare Energien und der „Campaign for Take Off“*, Arbeitsgruppe für Energiewirtschaft, TU Wien, Forschungsprojekt im Auftrag von BMWA und BMLFUW, Mai 2001.
- Harvey, A. C., Marshall, P., (1991), Inter-Fuel Substitution, Technical Change and the Demand for Energy in the UK Economy, *Applied Economics*, 1991, (23).
- Hoster, F., (1999), Effects of a European Electricity Market on the German Electricity Industry: Results from a Simulation Model of the European Power Systems, in: *Applied Economics*, (31), 1999, 107 – 122.
- IEA, (Hsg.) , *World Energy Outlook*, 1998 Edition, Paris 1998.
- IEA, (Hsg.) , *World Energy Outlook*, 2000, Paris 2000.
- IEA, (Hsg.) , *Monthly Oil Market Report*, verschiedene Nummern, Paris 2000.
- Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC). 2001. *Third Assessment Report*. Geneva: International Meteorological Organisation.
- Knoedel, P., *Werden die Ölreserven allmählich knapp?*, in: *Erdöl-Erdgas-Kohle* 11/2000.

- Kratena, K., (1999a), Energieverbrauch, CO₂-Emissionen und Energiebesteuerung. Simulationen mit dem Energiemodell DAEDALUS, WIFO, Wien 1999.
- Kratena, K., (1999b), "Inter – Fuel Substitution, Energy Demand and Embodied Technical Change", WIFO Working Paper 111, Vienna, 1999.
- Kratena, K., Schleicher, St., (1999a), "The Impact of CO₂ – Reduction on the Austrian Economy", Economic Systems Research, (11)1999, 245 – 261.
- Kratena, K., Schleicher, St., (1999b), Emissions Reduction Policies and Induced Technological Change: Microeconomic Evidence and Macroeconomic Impacts of the Austrian Kyoto Policy Package, (mimeo), Vienna, August 1999.
- Kratena, K., Schleicher, St., (2000), E3 Scenarios with Embodied and Induced Technological Change: Benefits and Costs of CO₂ Strategies for Austria, paper presented at the EMF Workshop, 20-22 June 2000, Stanford University, USA.
- Kratena, K., Wüger, M., Regularity and Cointegration in Demand Systems, WIFO Working Paper 105, Vienna, 1998.
- Lager, Ch., Musil, K., Skolka, J., (1983), Energieumwandlung in Österreich 1955 bis 1980, WIFO - Monatsberichte, 1983, 56(7), S. 475-489.
- Lesourd, J.-B., Percebois, J., Valette, F., (eds.), (1996), Models for Energy Policy, London (Routledge) 1996.
- McDonald, A., Climate Change and World Energy. Interim Report IR-00-006. Laxenburg: IIASA, 2000.
- Miller, R.E., Blair, F. D., (1985), Input - Output Analysis: Foundations and Extensions, Prentice-Hall, New Jersey, 1985.
- Morrison, C.J., (1990), The impacts of fixed inputs on firm behaviour and productivity: An empirical comparison of the U.S. and Japanese manufacturing industries, in: C. Hulten, (ed.), Productivity Growth in Japan and the United States, Chicago: University of Chicago Press, 1990.
- Nakicenovic, Nebojsa, Vactor Nadejda und Morita Tsuneyuki. 1998. Emissions Scenarios Database and Review of Scenarios. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, Vol. 3, Nos. 2-4, 95-120.
- Newell, R.G., Jaffe, A. B., Stavins, R. N., (1999), The Induced Innovation Hypothesis and Energy-Saving Technological Change, The Quarterly Journal of Economics, 1999, 941 – 975.
- Puwein, W., Wüger, M., (1999), Der Kraftstoffmarkt in Österreich, WIFO, Wien 1999.
- Schindler, J., Zittel, W., Fossile Energiereserven (nur Erdöl und Erdgas) und mögliche Versorgungsengpässe aus Europäischer Perspektive, Vorstudie im Auftrag des Deutschen Bundestages, des Ausschusses für Bildung, Technik und Technikfolgenabschätzung, LB-Systemtechnik GmbH, Ottobrunn, 2000.
- United Nations. 1992. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Bonn, Germany: UNFCCC Secretariat.
- United Nations. 1997. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on ClimateChange. Bonn, Germany: UNFCCC Secretariat.
- United Nations Development Programme. 2000. World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability. New York: United Nations.
- World Commission on Environment and Development. 1987. Our Common Future. Oxford: Oxford University Press.

© 2001 Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

Medieninhaber (Verleger), Herausgeber und Hersteller: Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung,
Wien 3, Arsenal, Objekt 20 • Postanschrift: A-1103 Wien, Postfach 91 • Tel. (+43 1) 798 26 01-0 •
Fax (+43 1) 798 93 86 • <http://www.wifo.ac.at/> • Verlags- und Herstellungsort: Wien

Verkaufspreis: ATS 900,00 bzw. EUR 65,41 • Download ATS 650,00 bzw. EUR 47,24