

## ENERGIESZENARIEN BIS 2020

*Zusammenfassung einer Studie des WIFO im Auftrag der Bundesministerien für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sowie für Wirtschaft und Arbeit • Für die langfristige Prognose der Entwicklung von Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen hat das WIFO mit seinem Modell der Energienachfrage und -umwandlung in Österreich (DAEDALUS III) drei Szenarien simuliert: Das Baseline-Szenario schreibt die aktuelle Situation fort, während das Kyoto-Szenario die Effekte der österreichischen Klimastrategie abbildet. Darüber hinaus nimmt das Nachhaltigkeitsszenario internationale Ansätze zur Realisierung sozial verträglicher Maßnahmen zur Verringerung des Energieeinsatzes und zur Forcierung des technischen Fortschritts auf.*

In drei Szenarien wird die Entwicklung von Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2020 berechnet: Im „Baseline-Szenario“ steigt der Verbrauch an Treibstoffen, elektrischer Energie und Gas. Dadurch und aufgrund einer Zunahme der kalorischen Stromerzeugung erhöhen sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2010 um etwa 3,2 Mio. t p. a. Das „Kyoto-Szenario“ bildet die österreichische Klimastrategie ab, die eine Steigerung der Energieeffizienz und den forcierten Einsatz erneuerbarer Energie vorsieht, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber dem Baseline-Szenario bis 2010 um rund 13 Mio. t zu verringern. Ein „Nachhaltigkeitsszenario“ modelliert die Effekte einer sozial verträglichen Reduktion von Energiedienstleistungen und der beschleunigten Innovation und Technologiediffusion. Bis 2010 sinken Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen etwa gleich stark wie im Kyoto-Szenario, bis 2020 gehen die CO<sub>2</sub>-Emissionen jedoch auf 63% des Niveaus von 2000 zurück. Das Kyoto- und das Nachhaltigkeitsszenario sind mit erheblichen Kosten aufgrund der notwendigen Umlenkung von Ressourcen verbunden, BIP und Beschäftigung sind jeweils höher als im Baseline-Szenario.

### BASELINE-SZENARIO

Im „Baseline-Szenario“ spielen die Entwicklung des Rohölpreises, die allgemeine Wirtschaftsentwicklung und die Sonderfaktoren der Energiemarktliberalisierung in Österreich die bedeutendste Rolle. Vom Liberalisierungsprozess sind einerseits die Endverbraucherpreise von Gas und elektrischer Energie betroffen, andererseits die Aufbringung des österreichischen Verbrauchs an elektrischer Energie; aufgrund der im EIWOG definierten Ziele hängt auch die Entwicklung

Kurt Kratena, Stefan Schleicher,  
Energieszenarien bis 2020 • 2001 •  
150 Seiten • ATS 900,00 bzw.  
EUR 65,41 • Verfügbar ab Mitte  
November 2001 • Bestellungen bitte  
an das WIFO, Frau Christine Kautz,  
A-1103 Wien, Postfach 91,  
Tel. (+43 1) 798 26 01/282,  
Fax (+43 1) 798 93 86,  
E-Mail Christine.Kautz@wifo.ac.at

Übersicht 1: Energetischer Endverbrauch insgesamt

	2000	2005	2010	2015	2020
	In TJ				
Kohle	64.787	54.762	47.207	39.667	32.389
Erdöl, Brennstoffe	113.033	117.981	112.435	106.798	100.127
Erdöl, 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	944.405	1.009.222	1.048.306	1.083.857	1.120.596

der erneuerbaren Energieträger damit zusammen. Außerhalb des Bereichs der Stromerzeugung sind jedoch auch für andere Anwendungsformen von erneuerbarer Energie bis 2020 einschneidende Veränderungen zu erwarten; Informationen dazu wurden für das Baseline-Szenario aus einer neuen Analyse für Österreich (Haas – Berger – Kranzl, 2001) entnommen.

Die Entwicklung der Rohölpreise wurde die gemäß dem aktuellen „World Energy Outlook“ der IEA angenommen. Demnach sinkt der Rohölpreis zunächst bis 2003 auf 16,5 € real (Basis 1990; dies entspricht einem nominellen Preisniveau von 21,2 \$) und steigt danach bis 2020 kontinuierlich auf ein Niveau von 22,5 € real (Basis 1990; nominell 36 \$).

Die wesentlichen ökonomischen Rahmenbedingungen basieren auf einer mittelfristigen Prognose des WIFO mit dem Modell MULTIMAC III (Biffi – Kratena, 2001), die 32 Wirtschaftszweige umfasst. Die Prognose ergibt eine mittelfristige reale BIP-Wachstumsrate von rund 2% p. a. bei weiterhin massiven Strukturveränderungen in der österreichischen Wirtschaft.

Die Effekte der Energiemarktliberalisierung wurden für die Haushaltspreise von Strom mit -9,0% (2001), von Gas mit -2,5% (2002) und für den Industriepreis von Gas mit -5,0% (2002) angenommen. Nach den kurzfristigen Liberalisierungseffekten wird in der Literatur mittelfristig ein Prozess der wachsenden Marktmacht einzelner Anbieter mit einem entsprechenden Gegeneffekt auf die Preise erwartet, durch den etwa die Hälfte des dämpfenden Effektes der Liberalisierung für die Haushaltspreise wieder wettgemacht wird.

Auf der Aufbringungsseite für elektrische Energie bewirkt die Liberalisierung einerseits einen Anstieg der Nettoimportquote von derzeit -2,6% des inländischen Gesamtverbrauchs (Exportüberschuss) auf bis zu 3% (Defizit im Stromaußenhandel) und andererseits kurzfristig eine Stilllegung von kalorischen Kapazitäten in geringfügigem Ausmaß. Im gesamten Zeitraum des Baseline-Szenarios ist Österreich damit 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 leichten Zunahme der Erzeugung aus Wasser-

Übersicht 2: Gesamtenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen

	Gesamtverbrauch In TJ	CO <sub>2</sub> -Emissionen 1.000 t
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

und Windkraft, dass bei gegebenem Verbrauchszuwachs ein immer größerer Teil aus kalorischer Erzeugung aufgebracht werden muss.

Im Baseline-Szenario erhöht sich der energetische Endverbrauch, besonders an Treibstoffen, Gas und elektrischer Energie. Daraus resultiert ein Anstieg der durch den Endverbrauch verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2010 um rund 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 nehmen zu.

Entscheidende Bedeutung hat für die Prognose die Entwicklung der Aufbringung von elektrischer Energie. Der Pfad der nichtkalorischen Erzeugung wird vor allem durch die Revitalisierung von Kleinwasserkraftwerken und die Nutzung 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 pro Jahr, was einen leichten Zuwachs an Kapazitäten bei „independent power producers“ impliziert.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Umwandlungsprozesse nehmen dementsprechend bis 2010 um rund 3,2 Mio. t zu. Dies resultiert ausschließlich aus einer Steigerung der Emissionen der EVU (+1,5 Mio. t) und der industriellen Strom- und Wärmeerzeugung (+1,7 Mio. t). In der Folge erhöhen sich der energetische Gesamtverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen insgesamt.

Das Modell DAEDALUS III sieht zwei Schnittstellen zwischen dem Energiesystem und dem ökonomischen System vor: Die Entwicklung von BIP, Haushaltseinkommen und realem Output (Bruttoproduktionswert) der Sektoren bestimmt die Energienachfrage. Umgekehrt haben die Energiekosten und die heimische Aufbringung an Energie Einfluss auf Output und Beschäftigung der Wirtschaftssektoren.

Übersicht 3: Simulationen der Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen

	DAEDALUS III	„Klimastrategie“
	Mio. t	
Kyoto-Strategie: Einzelmaßnahmen	16,94	17,88
Kyoto-Strategie insgesamt	12,75	14,74
„Überschneidungen“	4,19	2,84

Im Baseline-Szenario wachsen die Energiekosten der österreichischen Wirtschaft bis 2020 geringfügig; einen massiven Anstieg verzeichnet der gewerbliche Verkehr. Die heimische Produktion der Energiewirtschaft nimmt im Baseline-Szenario in allen Bereichen von Ausnahme der Kohle zu, am stärksten in der Gasversorgung. Aufgrund der weiteren Produktivitätssteigerungen wird aber im Baseline-Szenario die Beschäftigung des Sektors in allen Bereichen weiter reduziert.

## DAS KYOTO-SZENARIO

Für die Erstellung des Kyoto-Szenarios wurde von der vorliegenden Klimastrategie der Bundesregierung in der Fassung vom 13. März 2001 ausgegangen. Die Klimastrategie basiert ebenfalls auf einem Trendszenario und formuliert das Ziel einer Reduktion aller Treibhausgasemissionen bis zum Kyoto-Verpflichtungszeitraum 2008 bis 2012 um 13% gegenüber dem Niveau von 1990. Das soll durch zahlreiche Einzelmaßnahmen in folgenden Bereichen realisiert werden: Gebäude, Elektrizität im Kleinverbrauch, Verkehr, Elektrizität und Wärme, Industrie, Landwirtschaft, Abfallwirtschaft und sonstige Gase. Die Maßnahmen sind auf den Kyoto-Verpflichtungszeitraum hin orientiert und laufen dann aus; permanente Effekte bleiben damit danach konstant. Die Maßnahmen können nach der Stufe ihrer Wirkungsweise im Energiesystem klassifiziert werden:

1. Reduktion von (redundanten) Energiedienstleistungen (z. B. Fahrleistungen im Verkehr, Regelung der Raumtemperatur),
2. Einsatz effizienterer Technologien im Endverbrauch (z. B. Fahrzeugmotoren, thermische Gebäudequalität),
3. Einsatz effizienterer Technologien in der Energietransformation (z. B. durch Co-Generation, Verbesserung des Wirkungsgrades der Anlagen),
4. Verschiebung des Energieträgermixes (z. B. forcierter Einsatz kohlenstoffärmerer und kohlenstofffreier Energie).

Die Maßnahmen wurden im Modell 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

Übersicht 4: Energetischer Endverbrauch im „Kyoto-Szenario“

	2000	2005	2010 In TJ	2015	2020
Kohle	64.787	52.621	43.414	36.251	30.047
Erdöl, Brennstoffe	113.888	103.087	79.720	71.034	61.240
Erdöl, 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
„Baseline-Szenario“	945.260	1.010.077	1.049.161	1.084.712	1.121.451

Kyoto-Szenario isoliert mit DAEDALUS III berechnet. Die Simulationen ergeben einen solchen Kompensationseffekt im Ausmaß von 4,2 Mio. t, d. h. 25% des Bruttoreduktionseffekts gehen durch die simultane Implementierung der Maßnahmen verloren.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen liegen im Jahr 2010 im Kyoto-Szenario bei etwa 53,5 Mio. t pro Jahr und somit um rund 5,2 Mio. t über dem Zielwert von 48,3 Mio. t, der sich aufgrund einer Reduktion um 13% gegenüber dem Niveau von 1990 ergäbe. Der CO<sub>2</sub>-Reduktionseffekt von 12,75 Mio. t gegenüber dem Baseline-Szenario resultiert zu drei Vierteln aus dem Endverbrauch (-9,55 Mio. t) und zu einem Viertel aus dem Umwandlungsbereich (-3,2 Mio. t).

Die ökonomische Entwicklung unterscheidet sich im Kyoto-Szenario aufgrund der Maßnahmen der Klimastrategie und ihrer Rückwirkungen von jener im Baseline-Szenario. Solche Rückwirkungen von Veränderungen im Energiesystem auf das ökonomische System führen über die Energiekosten der Wirtschaftssektoren und der Haushalte, den Output der entsprechenden Energiesektoren und die Veränderungen des energierelevanten Kapitalstocks (Investitionen). Durch die erfolgreiche Implementierung der Maßnahmen werden Änderungen im Verhalten und/oder im Einsatz der Technologien mit entsprechenden Investitionen (Substitution von Energiemengen durch Kapital) ausgelöst, sodass die Energiekosten sinken (induzierter, energiesparender technischer Fortschritt; *Newell – Jaffe – Stavins, 1999*).

Zur Quantifizierung der Effekte dieses technischen Fortschritts wurden 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. Vielmehr bestehen die gesamtwirtschaftlichen Kosten in der Umlenkung von Ressourcen: Da die Investitionen in energiesparende Technologien ohne zusätzlichen Impuls nicht getätigt würden, sind Ressourcen dafür einzusetzen, die an anderer Stelle abgezogen werden müssen. Diese Kosten bestehen in Anreizfinanzierungen für Investitionen, Impulsprogrammen, Informations- und Schulungs-

Übersicht 5: CO<sub>2</sub>-Emissionen im „Kyoto-Szenario“

	2000	2005	2010 1.000 t	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
Insgesamt	60.292	59.224	53.467	52.582	51.895
„Baseline-Szenario“	60.292	64.634	66.215	67.506	69.263

programmen zur Überwindung von Barrieren sowie der Vergütung von Einspeisetarifen für erneuerbare Energie in der Stromerzeugung.

Um bei gegebenem Ziel für das staatliche Defizit zusätzliche Ausgaben tätigen zu können, muss die öffentliche Hand höhere Steuereinnahmen oder Umschichtungen der Ausgaben realisieren, die gesamtwirtschaftlich als Verringerung des verfügbaren Einkommens wirken. Die Investitions- und Ausgabeneffekte wurden zusätzlich 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 auf die gesamtwirtschaftliche Nachfrage wirken. Über den Modellblock für den öffentlichen Sektor werden die Rückflüsse von Steuereinnahmen dargestellt.

Für das Kyoto-Szenario ergibt die Schätzung (zu heutigen Preisen) jährliche Kosten von 16,7 Mrd. S (kumuliert bis 2020: 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. Die Kosten des Energieverbrauchs verringern sich gegenüber dem Baseline-Szenario erheblich, vor allem in den Sektoren gewerblicher Verkehr und Haushalte (2020 insgesamt rund 19 Mrd. S).

Die positiven Nachfrageeffekte der Investitionen in energiesparenden technischen Fortschritt wirken teilweise nur bis 2010, während die Effekte der Verringerung des Energieverbrauchs und damit der Kosten aufgrund der Effizienzsteigerung bis 2020 kontinuierlich zunehmen. Ein massiver Rückgang (bis zu -30% gegenüber dem Baseline-Szenario) ergibt sich bis zum Jahr 2020 für Produktion und Beschäftigung in den Sektoren der Bereitstellung fossiler Energie. Bis 2010 erhalten die Sektoren Metallerzeugnisse, Büromaschinen und elektrotechnische Einrichtungen Impulse durch die Steigerung der Anlageinvestitionen, im gesamten Zeitraum profitiert die Bauwirtschaft von der Zunahme der thermischen Sanierungsinvestitionen. Leicht negativ betroffen sind Sektoren mit geringer Einkommenselastizität (Textilien-Bekleidung, Nahrungsmittel).

Insgesamt liegt der Bruttoproduktionswert unter jenem des Baseline-Szenarios, im Jahr 2020 um 2,3%. In fast

Übersicht 6: Bruttoproduktionswert im „Kyoto-Szenario“

Real zu Preisen von 1983	2005	2010	2015	2020
	Differenz zum „Baseline-Szenario“ in %			
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 NE-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

allen Sektoren außerhalb der Energiewirtschaft steigt die Beschäftigung gegenüber dem Baseline-Szenario; insgesamt ist die Beschäftigtenzahl um 20.000 bis 25.000 bzw. um 0,6% höher als im Baseline-Szenario.

Das Grundmuster der Ergebnisse einer Umlenkung von Ressourcen vom Energiebereich in die anderen Wirtschaftssektoren (motiviert durch die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen) ist ein Rückgang der vorleistungsintensiven Güternachfrage nach Energie (weniger „throughput“) bei einem Anstieg der arbeitsintensiven Güternachfrage nach Kapital (Einsatz neuer Technologien im Energiebereich). Das BIP (der Nettoproduktionswert der Sektoren) liegt im Kyoto-Szenario bis 2010 um rund 1% über dem Niveau des Baseline-Szenarios und danach um etwa 0,6%.

Der Rückgang der Nachfrage nach Energie betrifft zum Großteil importierte Vorleistungen, die im Bruttoproduktionswert enthalten sind, nicht aber im BIP und daher BIP-neutral wirken. Die Modellberechnungen 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 Staatsausgaben aufgrund der Kyoto-Maßnahmen netto nicht gesteigert werden können und die zusätzlichen Steuereinnahmen daher voll budgetwirksam werden. Insgesamt ist im Kyoto-Szenario eine Verringerung des Nettodefizits um bis zu 19 Mrd. S zu erwarten.

## DAS NACHHALTIGKEITSSZENARIO

Der Entwurf des „Nachhaltigkeitsszenarios“ orientiert sich an drei aktuellen internationalen Entwicklungen:

- der Nachhaltigkeitsstrategie der Europäischen Union,
- globalen Energieszenarien des United Nations Development Programme und des World Energy Council (WEC) sowie
- dem „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 auf eventuelle nachteilige Folgen für die Lebenschancen nachfolgender Generationen. Zwei Empfehlungen resultieren daraus:

- Der Wohlstand einer Gesellschaft soll mit wesentlich verringerter Energieintensität erreichbar sein.
- Ein kontrollierter Rückzug aus der Nutzung von fossiler Energie ist anzustreben.

Am Prinzip der Nachhaltigkeit orientierte Energieszenarien befassen sich zunächst mit technologischen Optionen, die sowohl das Volumen an Energieflüssen als auch die Art dieser Energieflüsse verändern. Gesucht werden Technologien, die einen erheblich verringerten Energiebedarf mit nichtfossilen Energieträgern abdecken. Die Verfügbarkeit solcher Technologien ist für die wichtigsten Energie-Dienstleistungen im Bereich Wohnen und Mobilität durchaus absehbar.

Das vorliegende „Nachhaltigkeitsszenario“ orientiert sich hauptsächlich an den von IIASA und WEC entwickelten Emissionsszenarien (*Nakicenovic – Nadejda – Tsuneyuki*, 1998). Darin wird am Beispiel der Energie die Frage einer globalen Nachhaltigkeitsstrategie unter den drei Aspekten „ökonomisch“, „ökologisch“ und „sozial“ diskutiert. Erhebliches Gewicht haben dabei die Probleme der bestehenden Energiesysteme in den Entwicklungsländern bezüglich der ökonomischen und sozialen Entwicklung sowie der Gesundheit. Das Leitbild der „nachhaltigen Entwicklung“ entwickeln *Nakicenovic – Nadejda – Tsuneyuki* (1998) im Szenario C, das auch für die vorliegende Studie als Ausgangspunkt dient. Zur Operationalisierung von Nachhaltigkeit werden in dem hier für Österreich entworfenen Szenario zunächst Energiedienstleistungen in sozial verträglicher Form reduziert. Das betrifft den Verkehrsbereich, die Haushaltsnachfrage nach elektrischer Energie und die Prozessenergie in der Industrie.

Einen weiteren Schwerpunkt des Nachhaltigkeitsszenarios bildet die Beschleunigung der Technologiediffusion. Das zugrunde liegende Paradigma ist das Verständnis von Nachhaltigkeit als Prinzip eines innovativen ökonomischen Entwicklungsmusters, in dem fast marktreife Technologien möglichst schnell in weite Bereiche diffun-

Übersicht 7: Energetischer Endverbrauch im „Nachhaltigkeitsszenario“

	2000	2005	2010 In TJ	2015	2020
Kohle	64.787	52.497	42.957	33.735	26.360
Erdöl, Brennstoffe	113.888	100.825	78.282	70.883	61.058
Erdöl, 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
„Baseline-Szenario“	945.260	1,010.077	1,049.161	1,084.712	1,121.451

dieren sollen. Dabei kommt den Null-Emissionsfahrzeugen und den Technologien der Strom- und Wärmeerzeugung (Ökostromerzeugung auf Basis von Windkraft und Photovoltaik) besondere Bedeutung zu. Aufgrund der allgemeinen Verbreitung von Co-Generation auf Basis von Brennstoffzellen treten in der Strom- und Wärmeerzeugung außerdem massive „Fuel-Shift“-Effekte (Verschiebung der Energieträgerstruktur) auf.

Der energetische Endverbrauch geht bis 2010 im Nachhaltigkeitsszenario ähnlich stark zurück wie im Kyoto-Szenario. Dadurch entsprechen auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem energetischen Endverbrauch mit 38,6 Mio. t im Jahr 2010 etwa jenen im Kyoto-Szenario (38,9 Mio. t). Bis 2020 werden die Emissionen aus dem energetischen Endverbrauch jedoch aufgrund der weiter wirkenden Nachhaltigkeitsstrategien auf 28,5 Mio. t gedrosselt.

Die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen erreichen 2010 ein ähnliches Niveau wie im Kyoto-Szenario (51,5 Mio. t, Kyoto-Szenario 53,5 Mio. t) und sinken bis 2020 weiter massiv auf 38,2 Mio. t. Das entspricht einem Rückgang auf 63% des Niveaus der Emissionen im Jahr 2000. Auf der Aufkommenseite von elektrischer Energie wird die kalorische Erzeugung durch die Erzeugung aus Windkraft und Photovoltaik deutlich zurückgedrängt. Die Auswirkungen auf die kalorische Erzeugung werden noch verstärkt durch die Abnahme der Erzeugung elektrischer Energie insgesamt.

Der wichtigste Unterschied zwischen Kyoto- und Nachhaltigkeitsszenario liegt daher im energetischen Endverbrauch von elektrischer Energie und nicht so sehr von fossiler Energie. Im Nachhaltigkeitsszenario werden CO<sub>2</sub>-Reduktionen im vorgelagerten Bereich der kalorischen Stromerzeugung mit einem „Multiplikator“ aufgrund des Wirkungsgrades (Relation zwischen Primärenergieeinsatz und Endenergieausstoß) von unter 100% realisiert. In der Folge divergiert die Entwicklung des energetischen Gesamtverbrauchs (brutto) ab 2010 zwischen Kyoto-Szenario und Nachhaltigkeitsszenario noch weiter als jene des energetischen Endverbrauchs.

Im Nachhaltigkeitsszenario ergeben sich für Unternehmen und Konsumenten Kosten von 25,4 Mrd. S pro

Übersicht 8: CO<sub>2</sub>-Emissionen im „Nachhaltigkeitsszenario“

	2000	2005	2010	2015	2020
			1.000 t		
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
Insgesamt	60.292	57.807	51.491	45.607	38.242
„Baseline-Szenario“	60.292	64.634	66.215	67.506	69.263

Jahr (kumuliert 450 Mrd. S) und jährliche Investitionen von rund 37,9 Mrd. S (kumuliert 638 Mrd. S), sodass als gesamtwirtschaftlicher Impuls die Differenz von 12,5 Mrd. S p. a. wirksam wird, um etwa 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 senkt jedoch die Grundstoffindustrie durch den Umstieg auf alternative Rohstoffe ihre Energiekosten erheblich. Für die Simulation wird die gesamte Kostensenkung annahmegemäß als Erhöhung des verfügbaren Einkommens wirksam. Alternativ könnte man die Kostensenkungen als Erhöhung der preisbedingten Wettbewerbsfähigkeit interpretieren und die entsprechenden Nachfrageeffekte in den Grundstoffbranchen darstellen.

Im Pkw-Verkehr sind die Energiekosten aufgrund der geringen Preiselastizität der Treibstoffnachfrage infolge der Steuererhöhung höher als im Baseline-Szenario, die jährlichen Kostensenkungen sind wegen der Rohölverteuerung (nach 2015) entsprechend geringer.

Für die gesamtwirtschaftlichen Variablen liefert das Nachhaltigkeitsszenario ähnliche Ergebnisse wie das Kyoto-Szenario. Massiv rückläufig ist die Produktion in den Sektoren der Bereitstellung fossiler Energie (bis 2020 bis zu -47% gegenüber dem Baseline-Szenario). Wie im Kyoto-Szenario wirken bis 2010 die Impulse der Ausweitung der Anlageinvestitionen (Metallerzeugnisse, Büromaschinen, elektrotechnische Einrichtungen) und über den gesamten Zeitraum die Effekte 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 analog zum Kyoto-Szenario auf die Beschäftigung mit einem proportionalen Rückgang. In den meisten anderen Sektoren steigt die Beschäftigung; insgesamt ist sie um etwa 1% bzw. 30.000 bis 40.000 höher als im Baseline-Szenario. Das BIP (der *Nettoproduktionswert* der Sektoren) liegt im Nachhaltigkeitsszenario bis 2010 um rund 1,4% über dem Niveau des Baseline-Szenarios und danach um etwa 1%.

Die Modellberechnungen ergeben die entsprechende Einnahmensteigerung des Staates von 20 bis 30 Mrd. S pro Jahr. Aufgrund der Anforderungen des EU-Stabilitäts-

Übersicht 9: Bruttoproduktionswert im „Nachhaltigkeitsszenario“

Real zu Preisen von 1983

	2005	2010	2015	2020
	Differenz zum „Baseline-Szenario“ in %			
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	+ 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 NE-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

paktes ist wie im Kyoto-Szenario davon auszugehen, dass die Finanzierung der Investitionsanreize und die sonstigen öffentlichen Kosten durch Ausgabenumschichtungen finanziert werden und die zusätzlichen Steuereinnahmen daher voll budgetwirksam werden.

## LITERATURHINWEISE

- Biff, G., Kratena, K., Die Zukunft der österreichischen Berufs- und Qualifikationslandschaft bis 2005, WIFO, Wien, 2001.
- Haas, R., Berger, M., Kranzl, L., Strategien zur weiteren Forcierung erneuerbarer Energieträger in Österreich unter besonderer Berücksichtigung des EU-Weißbuches für erneuerbare Energien und der „Campaign for Take Off“, Technische Universität Wien, Arbeitsgruppe für Energiewirtschaft, Forschungsprojekt im Auftrag der Bundesministerien für Wirtschaft und Arbeit sowie für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 2001.
- IEA (Hrsg.), World Energy Outlook, Paris, 2000.
- McDonald, A., Climate Change and World Energy. Interim Report IR-00-006, IIASA, Laxenburg, 2000.
- Nakicenovic, N., Nadejda, V., Tsuneyuki, M., Emissions Scenarios Database and Review of Scenarios, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, IIASA, Laxenburg, 1998, S. 95-120.
- Newell, R. G., Jaffe, A. B., Stavins, R. N., „The Induced Innovation Hypothesis and Energy-Saving Technological Change“, The Quarterly Journal of Economics, 1999, S. 941-975
- United Nations, United Nations Development Programme. World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability, New York, 2000.
- World Commission on Environment and Development, Our Common Future, Oxford University Press, Oxford, 1987.

### *Energy Scenarios up to 2020 – Summary*

On the basis of its model of energy demand and conversion in Austria (DAEDALUS III), WIFO simulated three scenarios to establish a long-term forecast of the development of energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions. The baseline scenario assumes a continuation of current developments, while the Kyoto scenario reflects the effects of the Austrian strategy to counteract climate change. The sustainability scenario is based on the adoption of international approaches to implement socially compatible measures aimed at minimising energy consumption and accelerating technological progress.

Under the „baseline scenario“, the consumption of fuels, electricity and gas continues to increase. This development, combined with a rising volume of electricity generation by thermal power plants, results in an increase of CO<sub>2</sub> emissions by about 3.2 million tons per

year until 2010. The „Kyoto scenario“ reflects the Austrian strategy of preventing climate change, which provides for an increase in energy efficiency and greater reliance on renewable sources of energy, the goal being to diminish the level of CO<sub>2</sub> emissions by about 13 million tons against baseline by 2010. The „sustainability scenario“ simulates the effects of a socially compatible reduction of energy services and an accelerated pace of innovation and technology diffusion. Until 2010, energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions decrease by more or less the same amounts as under the Kyoto scenario, but by 2020 CO<sub>2</sub> emissions drop to 63 percent of the year-2000 level. Both the Kyoto scenario and the sustainability scenario are associated with substantial costs, as they require a diversion of resources, but GDP and employment are higher than in the baseline scenario.

## WORKING PAPERS

- Nr. 153 • 2001      **How to Design an Optimal Rate Covenant in a Standard Debt Contract. An Application of the Risk-Sharing Paradigm**  
*Franz R. Hahn*
- Nr. 154 • 2001      **Macroprudential Financial Regulation and Monetary Policy**  
*Franz R. Hahn*
- Nr. 155 • 2001      **Patterns and Determinants of International Activities: Are SMEs Different?**  
*Heinz Hollenstein*
- Nr. 156 • 2001      **Innovation Modes in the Swiss Service Sector**  
*Heinz Hollenstein*
- Nr. 157 • 2001      **Risk-taking and Solvency Regulation in Banking – A Comment**  
*Franz R. Hahn*

Verkaufspreis ATS 100,- bzw. EUR 7,27 • Bestellungen bitte an das Österreichische Institut für Wirtschaftsforschung, Frau Christine Kautz, A-1103 Wien, Postfach 91, Tel. (1) 798 26 01/282, Fax (1) 798 93 86 • [http://www.wifo.ac.at/publ/verzeichnisse/working\\_p\\_all.html](http://www.wifo.ac.at/publ/verzeichnisse/working_p_all.html)

[www.ueberreuter.com](http://www.ueberreuter.com)

- versand ■
- logistik ■
- offsetdruck ■
- abo-service ■
- digitaldruck ■
- druckberatung ■
- personalisieren ■
- fulfillment-service ■
- dto ■
- setz/repro ■
- grafik-beratung ■
- intranet/internet ■
- datenkonzertierung ■
- digitale fotografie ■
- datenbank-management ■
- cross-media-publishing ■



**ueberreuter**  
Print und Digimedi@



## AUSTRIAN ECONOMIC QUARTERLY

- 1/2001 •  
pp. 1-11
- Temporary Slowdown in Economic Growth. Economic Outlook for 2001 and 2002**  
*Ewald Walterskirchen*
- 1/2001 •  
pp. 12-21
- CO<sub>2</sub> Emissions Trading – An Instrument for the Austrian Climate Strategy**  
*Daniela Kletzan, Angela Köppl*
- 1/2001 •  
pp. 22-35
- Benchmarking of Economic Framework Conditions at Company Level**  
*Michael Böheim*
- 1/2001 •  
pp. 36-45
- The Cyclical Adjustment of the Austrian Budget Balance by the European Central Bank**  
*Thomas Url*
- 2/2001 •  
pp. 37-46
- Marked Deceleration of Growth Due to Weaker External Environment. Economic Outlook for 2001 and 2002**  
*Markus Marterbauer*
- 2/2001 •  
pp. 47-56
- Labour Force Participation and Public Pension System. Changes in the Labour Market and Their Impact on the Pension Dependency Ratio**  
*Alois Guger, Christine Mayrhuber*
- 2/2001 •  
pp. 57-72
- Annual Working Hours and Labour Productivity by Industry**  
*Gudrun Biffel*
- 2/2001 •  
pp. 73-101
- Measuring the Intensity of Quality Competition in Industries**  
*Karl Aiginger*
- 3/2001 •  
pp. 102-111
- Marked Slowdown of Growth in Europe Dampening Domestic Business Activity. Economic Outlook for 2001 and 2002**  
*Markus Marterbauer*
- 3/2001 •  
pp. 112-119
- Company Integration Subsidies as a Tool to Integrate Older Unemployed**  
*Hedwig Lutz*
- 3/2001 •  
pp. 120-132
- Outsourcing, Competitiveness and Employment. Effects mapped with a Sector Model of Austrian Manufacturing**  
*Kurt Kratena, Michael Wüger*
- 3/2001 •  
pp. 133-140
- Favourable Growth Prospects Beyond the Temporary Downturn. Mediumterm Projections for the Austrian Economy Until 2005**

The Austrian Economic Quarterly is available as an exclusively electronic publication. Online access and free abstract list: <http://www.wifo.ac.at/publ/quarterly/index.html> • Articles are stored in both HTML as well as PDF format • Annual subscription rate ATS 1,000 or EUR 72.67 • Single access to „Economic Outlook“ ATS 300 or EUR 21.80, to other articles ATS 150 or EUR 10.90