

# Erneuerbare Energie in Österreich: Modellierung möglicher Entwicklungsszenarien bis 2020

F. Hinterberger, A. Stocker et al.

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**31/2009**

## **Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

# Erneuerbare Energie in Österreich: Modellierung möglicher Entwicklungsszenarien bis 2020

Friedrich Hinterberger, Andrea Stocker,  
Lisa Bohunovsky, Katharina Kowalski  
SERI Nachhaltigkeitsforschungs und -kommunikations GmbH  
Wien

Marc Ingo Wolter, Anett Großmann  
Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH  
Osnabrück

Reinhard Madlener  
Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior  
E.ON Energy Research Center, RWTH Aachen  
Centre for Energy Policy and Economics (CEPE), ETH Zürich

Wien, April 2008

**Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie**



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus der Programmlinie ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT. Sie wurde 2003 vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften als mehrjährige Forschungs- und Technologieinitiative gestartet. Mit der Programmlinie ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT soll durch Forschung und Technologieentwicklung die Gesamteffizienz von zukünftigen Energiesystemen deutlich verbessert und eine Basis zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energieträger geschaffen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements und der großen Kooperationsbereitschaft der beteiligten Forschungseinrichtungen und involvierten Betriebe konnten bereits richtungsweisende und auch international anerkannte Ergebnisse erzielt werden. Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt über den hohen Erwartungen und ist eine gute Grundlage für erfolgreiche Umsetzungsstrategien. Mehrfache Anfragen bezüglich internationaler Kooperationen bestätigen die in ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT verfolgte Strategie.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist, die Projektergebnisse – sei es Grundlagenarbeiten, Konzepte oder Technologieentwicklungen – erfolgreich umzusetzen und zu verbreiten. Dies soll nach Möglichkeit durch konkrete Demonstrationsprojekte unterstützt werden. Deshalb ist es auch ein spezielles Anliegen die aktuellen Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit leicht zugänglich zu machen, was durch die Homepage [www.ENERGIESYSTEMEderZukunft.at](http://www.ENERGIESYSTEMEderZukunft.at) und die Schriftenreihe gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	7
Summary.....	8
Kurzfassung .....	9
Executive Summary .....	15
1 Einleitung .....	21
2 Status Quo des österreichischen Energiesystems.....	22
3 Ziele des Projektes.....	27
4 Die EE-Szenarien .....	28
4.1 Bedeutung der Szenarien.....	28
4.2 Generelles Vorgehen bei der Szenarienentwicklung.....	29
4.2.1 Partizipativer Prozess .....	30
4.2.2 Parameter zur Szenarien – Charakterisierung.....	32
4.2.3 Kriterien der Szenarioerstellung.....	38
4.3 Beschreibung der Szenarien .....	39
4.3.1 Darstellung des Business As Usual (BAU) Szenarios.....	39
4.3.2 Szenario 1: „Stärken ausbauen“ .....	41
4.3.3 Szenario 2: „Biomassiv“ .....	46
4.3.4 Szenario 3: „Denk an morgen“ .....	51
4.3.5 Zusammenfassende Bemerkungen .....	58
5 Das Umwelt-Energie-Wirtschaft-Modell „e3.at“ .....	62
5.1 Allgemeine Modelleigenschaften.....	63
5.2 Modellstruktur und Modellkomponenten im Überblick.....	66
5.2.1 Das Außenhandelsmodul.....	67
5.2.2 Das ökonomische Modell.....	68
5.2.3 Materialmodell.....	89
5.2.4 Energiemodell .....	92
6 Ergebnisse .....	113
6.1 Entwicklungen im Referenzszenario: Business as usual (BAU).....	113

6.1.1	Wirtschaftliche Entwicklung.....	113
6.1.2	Ergebnisse der Energiebilanz .....	116
6.1.3	Sensitivitätsanalysen.....	120
6.2	Ergebnisse der Szenarien .....	122
6.3	Qualitative Aspekte.....	131
6.4	Zusammenfassende Beurteilung der Ergebnisse.....	138
7	Detailangaben zu den Zielen der „Energiesysteme der Zukunft“ .....	140
7.1	Berücksichtigung von Zielgruppen .....	142
7.2	Eignung, marktfähige Technologieentwicklungen zu initiieren bzw. zu stärken .....	143
7.3	Umsetzungspotenziale für die Projektergebnisse .....	143
8	Schlussfolgerungen.....	144
9	Forschungsbedarf/Ausblick.....	145
10	Literaturverzeichnis .....	146
11	Anhang.....	157

# Zusammenfassung

## **Ausgangssituation und Projektziele:**

Erneuerbare Energie spielt in Österreich eine entscheidende Rolle, um einerseits die Abhängigkeit von importierten fossilen Energieträgern zu verringern und andererseits die notwendige Reduktion von Treibhausgasen zu unterstützen. Diese Rolle wird sich in den nächsten Jahren noch verstärken, da der derzeitige Anteil von rund 20 % am gesamten Energiemix zur Erfüllung der EU-Vorgaben bis ins Jahr 2020 auf 34 % erhöht werden muss. Im Zuge dieser angestrebten deutlichen Erhöhung ist es wichtig, die erwarteten Auswirkungen auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft quantitativ abzuschätzen. Dieses Projekt widmete sich dieser Quantifizierung, indem verschiedene Ausbauszenarien für erneuerbare Energie (EE-Szenarien) für die Wärme- und Strombereitstellung entwickelt und mit einem eigens für dieses Projekt entwickelten, integrierten Umwelt-Energie-Wirtschaft-Modell („e3.at“) simuliert wurden.

## **Methode:**

Zur Bearbeitung der Projektfragestellung wurde zunächst das Simulationsmodell „e3.at“ entwickelt, das die österreichische Volkswirtschaft in allen wesentlichen Aspekten abbildet und ihre Wechselwirkungen mit dem Energiesystem und der Umwelt aufzeigt. Dieses Modell bildete die Grundlage für die Berechnung der Auswirkungen der EE-Szenarien in Österreich.

Der Ablauf der Szenarienmodellierung (von der Szenarientwicklung bis hin zur Verbreitung der Modellierungsergebnisse) wurde als partizipativer Prozess gestaltet, der Stakeholder und ExpertInnen im Energiebereich aktiv in die wissenschaftliche Arbeit integrierte. Dadurch wurde die wissenschaftliche Arbeit um Erfahrungen, Wissen und Präferenzen der Stakeholder bereichert.

## **Ergebnisse**

Die Ergebnisse der Szenariensimulation deuten darauf hin, dass die Ziele, bis 2020 34 % des Energieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen abzudecken sowie die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 20 % (im Vergleich zu 1990) zu reduzieren, in keinem der Szenarien erreicht werden können. Durch eine Kombination aller Annahmen in den einzelnen Szenarien miteinander ließe sich die Situation zwar verbessern, die Zielerreichung jedoch nach wie vor nicht verwirklichen. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass sich der Energieverbrauch bis ins Jahr 2020 deutlich erhöhen wird. Könnte über Effizienzmaßnahmen und Verhaltensänderungen eine Stabilisierung des Energieverbrauchs auf dem Niveau von 2005 erreicht werden, wäre Österreich in der Lage, seinen Verpflichtungen im Rahmen des EU-Klimapakets nachzukommen.

# Summary

## Background and Project aims

Renewable energy plays an important role in Austria in order to reduce the dependency on imported fossil fuels and to support the reduction of greenhouse gases. This role will grow within the next years due to the fact that the current share of about 20% of the whole energy mix has to increase to 34% in the year 2020 in order to fulfill EU targets.

In this respect, it is important to estimate and quantify the effects of an intensified use of different renewable energy carriers and technologies for the supply of heat and power on the environment, on economy and society. Within this project, we aim at investigating possible economic, employment and environmental effects of an increasing use of renewable energy resources for heat and power generation. More specifically, an integrated environment-energy-economy model is used to simulate different energy scenarios with a focus on renewable energy for Austria until 2020.

## Method:

In order to analyse the research questions posed, the project comprises two main building blocks: the development of a simulation model and its application within a participatory modelling process.

The simulation model developed integrates energy, environmental and economic aspects in one single and consistent modelling framework. The model then serves as a basis for quantifying the effects of different scenarios of a more ambitious use of renewable energy technologies in Austria.

The process of scenario modelling (from the development of scenarios to the dissemination of the modelling results) also integrates participative elements, since stakeholders (representatives of interests, politicians, experts) in energy policy and supply are actively involved in the scientific work. Therefore, the research and decision process is not only built upon the work of researchers, but also integrates knowledge, expertise and preferences of various stakeholders.

## Results

The results of the scenario simulations indicate that the targets of increasing the share of renewable energies to 34% and to decrease CO<sub>2</sub> emissions by 20% until 2020 cannot be reached. However, this result is due to the fact that energy use clearly increases over time. Thus, it is obvious that there is no escape from reducing energy consumption. Only if it is possible to stop its growth through huge efficiency gains and changes in behaviour can renewable energy fulfil the promised role to reach a sustainable energy system.

# Kurzfassung

## **Ausgangssituation und Projektziele:**

Erneuerbare Energie spielt in Österreich eine entscheidende Rolle, um einerseits die Abhängigkeit von importierten fossilen Energieträgern zu verringern und andererseits die notwendige Reduktion von Treibhausgasen zu unterstützen. Diese Rolle wird sich in den nächsten Jahren noch verstärken, da der derzeitige Anteil von rund 20 % am gesamten Energiemix zur Erfüllung der EU-Vorgaben bis ins Jahr 2020 auf 34 % erhöht werden muss. Im Zuge dieser angestrebten Erhöhung ist es wichtig, die erwarteten Auswirkungen eines verstärkten Ausbaus von erneuerbarer Energie auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft quantitativ abzuschätzen. Das hier präsentierte Projekt widmete sich dieser Quantifizierung, indem verschiedene Ausbauszenarien für erneuerbare Energie (EE-Szenarien) entwickelt und mit dem integrierten Umwelt-Energie-Wirtschaft-Modell „e3.at“ simuliert wurden.

## **Methode:**

Um einen geeigneten Rahmen für die Bearbeitung der Projektfrage zu schaffen, umfasste das Projekt zwei Schwerpunkte: Erstens die Entwicklung des Simulationsmodells „e3.at“ und zweitens seine Anwendung im Rahmen eines partizipativen Modellierungsprozesses, in welchem in Zusammenarbeit mit Stakeholdern und ExpertInnen aus dem Energiebereich drei EE-Szenarien entwickelt wurden. Durch diesen partizipativen Ansatz wurde die wissenschaftliche Arbeit um Erfahrungen, Wissen und Anregungen von Stakeholdern bereichert.

## **Ergebnisse:**

### ***Das integrierte Modell „e3.at“***

Das Modell „e3.at“ bildet die österreichische Volkswirtschaft in allen wesentlichen Aspekten ab und zeigt ihre Wechselwirkungen mit dem Energiesystem und der Umwelt auf. Dadurch wird es möglich, neben der Berechnung des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Belastungen auch die Auswirkungen auf Wirtschaftswachstum und Beschäftigung zu analysieren. Das gesamte Modellsystem beinhaltet zum jetzigen Zeitpunkt ein Wirtschafts-, ein Energie- und ein Materialmodell. Alle Modellteile sind konsistent miteinander verbunden.

Das *Wirtschaftsmodell* umfasst ein Input-Output-Modell (zur Erklärung der Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Wirtschaftszweigen), die Darstellung des Kontensystems der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (zur Abbildung der Einkommensentstehung, -verteilung und -verwendung der privaten Haushalte, des Staats und der Unternehmen) und den Arbeitsmarkt. Das *Materialmodell* ordnet die inländischen und importierten Materialinputs den extrahierenden bzw. importierenden Wirtschaftssektoren zu und unterscheidet zwölf verschiedene Materialkategorien. Das *Energiemodell* beschreibt den Zusammenhang zwischen ökonomischer Entwicklung, Energieeinsatz und CO<sub>2</sub>-Emissionen. Es umfasst den Primärenergieverbrauch, die Energieumwandlung und den Endenergieverbrauch. Es ist in 21 Wirtschaftsbereiche gegliedert und unterscheidet 17 verschiedene Energieträger gemäß der Energiebilanz der Statistik Austria. Außerdem umfasst das Modell „e3.at“ ein *Außenhandels-*

modul, welches das österreichische Wirtschaftssystem in Form eines „Soft Links“ mit dem Weltmodell GINFORS verbindet.

### **Die EE-Szenarien**

Gemeinsam mit Stakeholdern und ExpertInnen aus dem Energiebereich wurden drei Szenarien entwickelt, die unterschiedliche Strategien zum Ausbau von erneuerbarer Energie darstellen und zusätzlich zu einem Business as Usual (BAU) Szenario modelliert wurden. Das BAU-Szenario beschreibt die wahrscheinliche zukünftige Entwicklung unter der Voraussetzung, dass abgesehen von bereits beschlossenen (politischen) Maßnahmen keine explizite Förderung von erneuerbarer Energie erfolgt. Es dient damit als „Referenzszenario“, um die Lücke zwischen dem in einem Szenario definierten Ausbau und der wahrscheinlichen Entwicklung ohne weiteres Handeln abzubilden.

Die Szenarien konzentrieren sich auf die Strom- und Wärmebereitstellung. Sie beziehen sich explizit nicht auf den Verkehrssektor, nicht auf effizienzsteigernde Maßnahmen bei privaten Haushalten sowie im verarbeitenden Gewerbe und nicht auf die Sanierung des Wohnungsbestands. Energieeffizienzsteigerungen sind aber im BAU-Szenario berücksichtigt.

#### *Szenario 1: „Stärken ausbauen“ (STA) - kurzfristig orientiert*

Im Mittelpunkt des Szenarios „Stärken ausbauen“ stehen jene Technologien, welche möglichst geringe spezifische Strom- bzw. Wärmegestehungskosten haben und eine rasche Kapazitätssteigerung erwarten lassen. „Stärken ausbauen“ setzt daher in erster Linie auf den Ausbau von Wind und (Klein-)Wasserkraft zur Stromerzeugung und Pellets zur Wärmebereitstellung. Bei allen genannten Technologien verfügt Österreich über eine gute technologische Ausgangssituation, wodurch auch die Wettbewerbsfähigkeit hoch ist. Die Versorgungssicherheit betreffend wird angenommen, dass das Szenario die Energieimporte nicht entscheidend reduzieren kann, während in Bezug auf die Versorgungsstruktur von einer eher steigenden Zentralität ausgegangen wird.

Da das Ausbaupotential von Wasserkraft, Wind und Pellets nicht sehr hoch ist, wäre dieses Szenario ohne zusätzliche Einbeziehung der Photovoltaik kaum in der Lage, einen nennenswerten Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erreichen. So ist der Ausbau von Großwasserkraft aufgrund von ökologischen Restriktionen kaum vorstellbar und sind die Effekte selbst einer erheblichen Kapazitätsausweitung der Kleinwasserkraft begrenzt. Auch bei Windenergie dürfte der unbeschränkte Ausbau an begrenzten Flächen mit günstigen Windverhältnissen und an mangelnder gesellschaftlicher Akzeptanz scheitern. Bei Pellets und Holzabfällen wird von einer Verdopplung der Leistung ausgegangen, einem Ausbau darüberhinaus sind jedoch aufgrund des hohen Bedarfs an Holzspänen, der zunehmend in Konkurrenz mit der stofflichen Späneverwertung in der Plattenindustrie gerät, Grenzen gesetzt.

#### *Szenario 2: „Biomassiv“ (BIO) - mittelfristig orientiert*

Das Szenario „Biomassiv“ wurde entwickelt, da die Biomasse als Energieträger in Österreich ein wichtiges Thema darstellt und eine umfassende und gleichzeitig nachhaltige Nutzung der verfügbaren Biomassepotentiale auch durchaus wahrscheinlich ist (z.B. Waldreichtum, Tradition, erfolgreiche Holzwirtschaft, Technologie Know-how). Es werden jene Technologien

am stärksten gefördert, mit denen in der Vergangenheit gute Erfahrungen gemacht wurden bzw. die großes Entwicklungspotential erwarten lassen. In erster Linie wird auf die Nutzung von fester Biomasse und Biogas gesetzt und eine stärker zentrale Versorgung mit Schwerpunkt auf Wärmebereitstellung angestrebt.

Das Szenario ist darauf ausgelegt, die maximale Biomasse-Nutzung innerhalb kritischer Rahmenbedingungen abzuschätzen. Dabei müssen insbesondere zusätzliche Biomasse-Potentiale (Flächen und Reststoffe), Nutzungskonflikte mit der Holz-, Papier-, Lebensmittelindustrie und der Agrartreibstoffproduktion, sowie der Biomasseimport betrachtet werden. Die technologischen Voraussetzungen sind für eine Umsetzung in Österreich ebenfalls gut. Allerdings ist bei einem starken Kapazitätsausbau der Biomasse von steigenden Importen bei Investitionsgütern auszugehen, weil ein Aufbau entsprechender Produktionskapazitäten in Österreich kurzfristig kaum möglich ist.

Im Ergebnis ist eine deutliche Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zum BAU-Szenario zu erwarten, die auch ohne Ausbau der Photovoltaik erzielt worden wäre, was allerdings den Vergleich mit dem Szenario „Stärken Ausbauen“ erschwert hätte. Die CO<sub>2</sub>-Reduktion erkaufte man sich durch vermehrte Importe von Investitionsgütern aus dem Ausland und durch eine Substitution der Importe von fossilen Energieträgern durch biogene Energieformen, die ebenfalls zum Teil importiert werden müssen.

#### *Szenario 3: „Denk an morgen“ (DAM) - langfristig orientiert*

Szenario 3 baut einerseits auf einer langfristig ausgerichteten Investitionsstrategie auf, die eine Förderung zwar kostenintensiver, aber gleichzeitig besonders zukunftssträchtiger Technologien (z.B. Photovoltaik, Geothermie) vorsieht. Andererseits werden bereits marktreife, „flächenarme“ Technologien (wie Wind und Solarthermie) forciert, um einen Kontrast zur flächenintensiven Biomassenutzung des Szenarios 2 zu schaffen. Im Szenario „Denk an morgen“ wird somit bewusst auf die Verbrennung oder Vergasung von Ressourcen verzichtet. Auf Anraten des Stakeholder-Kreises wird stattdessen in erster Linie auf die Wirkung der Sonne gesetzt, indem Photovoltaik massiv ausgebaut wird. Da die Photovoltaik zurzeit noch mit hohen Investitionskosten verbunden ist, bedarf es aber eines erheblichen gesamtstaatlichen Kraftaktes zur Finanzierung eines ambitionierten Ausbaus.

Hinzu kommt, dass die notwendigen Produktionskapazitäten für Solarzellen kaum in Österreich geschaffen werden können und somit die Solarzelle zum „Rohstoffimport“ wird. So könnte es zu einem Abfluss an Wertschöpfung ins Ausland kommen. Unterstellt man in der übrigen Welt ein ähnliches Verhalten dürften sich zudem erhebliche nachfragebedingte Preissteigerungen für Solarzellen ergeben. Außerdem ist auf die derzeit noch ressourcenintensive Bereitstellung der Anlagen hinzuweisen. Positiv ist anzumerken, dass eine nachhaltige Energiequelle erschlossen, eine erhebliche CO<sub>2</sub>-Reduktion erreicht und die Abhängigkeit von Ressourcenimporten deutlich verringert werden kann.

#### **Ergebnisse der Szenariensimulation**

Bezüglich der wirtschaftlichen Entwicklung sind sowohl im BAU-Szenario als auch in den EE-Szenarien positive Effekte zu erwarten. Im BAU-Szenario wird das Bruttoinlandsprodukt

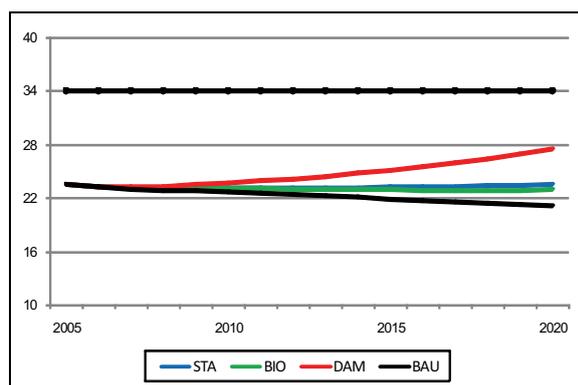
(BIP) in den nächsten Jahren mit ca. 2,1 % p.a. wachsen, in den EE-Szenarien fällt das BIP-Wachstum etwas stärker aus. Die Szenarien unterscheiden sich vor allem durch die Wachstumsdynamik der Investitionen. Insbesondere im Szenario „Denk an morgen“ sind erhebliche zusätzliche Investitionen notwendig. Demzufolge ist auch in diesem Szenario das BIP-Wachstum am stärksten. Wie bereits beschrieben, geht die Modellierung davon aus, dass ein Großteil der Solarzellen in Österreich produziert werden kann. Ist dies nicht der Fall, würden steigende Importe das heimische Wachstum bremsen.

Ein Blick auf die Beschäftigung zeigt, dass parallel zur wirtschaftlichen Entwicklung die Anzahl der Erwerbstätigen mit steigenden Investitionen im Vergleich zum BAU-Szenario zunimmt. Während im BAU-Szenario die Anzahl der Beschäftigten um 198.000 Personen zwischen 2005 und 2020 (+ 6,1 %) steigt, erhöht sich dieser Wert in den einzelnen Szenarien noch. In DAM werden rund 19.000 zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen, in BIO können 15.000, in STA 10.000 zusätzliche Arbeitskräfte beschäftigt werden.

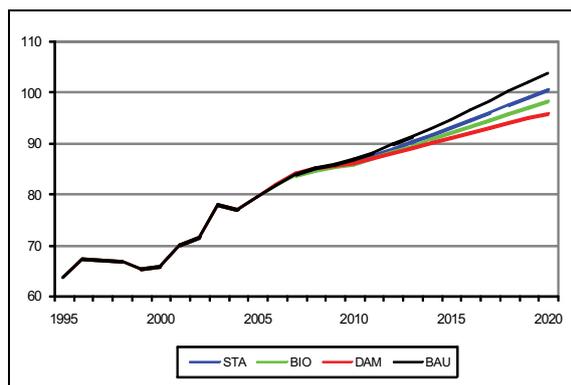
Die Zusammensetzung des energetischen Endverbrauchs nach Energieträgern entwickelt sich in den einzelnen Szenarien sehr unterschiedlich. Der Verbrauch von Heizöl zur Wärmeerzeugung ist im BIO- und im DAM-Szenario geringer als im BAU-Szenario. Vor allem im BIO-Szenario erhöht sich der Einsatz von Brennholz im Bereich der privaten Haushalte, wodurch sich der Verbrauch von Heizöl reduziert. Im DAM-Szenario wird in privaten Haushalten mehr Wärme durch Solarthermie erzeugt; ein deutlicher Rückgang des Heizöls ist auch hier die Folge.

Ein Vergleich der Anteile erneuerbarer Energien im Zeitverlauf zeigt, dass im BAU-Szenario der Anteil wegen des fehlenden Ausbaus der Großwasserkraft leicht zurückgeht. In den EE-Szenarien kann dieser Rückgang gestoppt werden (vgl. Abbildung 1).

**Abbildung 1: Anteil erneuerbarer Energie am energetischen Endverbrauch (in %)**



**Abbildung 2: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen (in Mio. Tonnen)**



Das Ziel, 34 % des Energieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen abzudecken, kann jedoch in keinem der Szenarien erreicht werden (vgl. Tabelle 1). Der höchste Anteil kann mit 27,5 % im Szenario „Denk an morgen“ realisiert werden. In „Stärken ausbauen“ ist zu erwarten, dass der Anteil aus dem Jahr 2005 gehalten werden kann, während in „Biomassiv“ sogar ein prozentueller Rückgang abzusehen ist. Durch die Kombination aller in den einzelnen Szenarien getroffenen Annahmen miteinander (vgl. Spalte „Gesamt“ in Tabelle 1) könnten 28,3 % des energetischen Endverbrauchs durch erneuerbare Energie gedeckt werden.

Allerdings muss bei diesen Berechnungen berücksichtigt werden, dass sich der Energieverbrauch bis ins Jahr 2020 deutlich erhöhen wird (vgl. Tabelle 1). Trotz des massiven Ausbaus können erneuerbare Energien daher den zusätzlichen Wärme- und Strombedarf nicht abdecken. Könnte über Effizienzmaßnahmen und Verhaltensänderung eine Stabilisierung des Energieverbrauchs auf dem Niveau von 2005 erreicht werden, würde sich der Anteil von erneuerbarer Energie von 28,3 % jedoch auf rund 37 % erhöhen.

**Tabelle 1: Anteil erneuerbarer Energie in % und in TJ**

	2005	BAU 2020	STA 2020	BIO 2020	DAM 2020	GESAMT 2020
<i>Energ. Endverbrauch (gesamt)</i>	1.105.190	1.448.683	1.451.472	1.452.544	1.453.400	1.453.400
<i>Transportverluste, Eigenverbrauch Energieunternehmen</i>	62	62	62	62	62	62
<i>Umwandlungseinsatz</i>						
Wasser	129.150	137.028	142.194	137.028	137.028	142.194
Photovoltaik	51	1.364	22.670	22.670	82.216	82.216
Wind	4.781	12.331	22.235	12.331	22.235	22.235
<i>Energetischer Endverbrauch</i>						
Erdwärme	259	351	353	354	354	354
Sonnenwärme	3.816	6.895	6.904	6.908	9.323	9.323
Energie aus Wärmepumpen	4.976	7.125	7.161	7.174	7.200	7.200
Brennholz	64.737	66.439	66.451	72.388	66.464	72.388
Brennbare Abfälle	10.615	13.957	13.972	13.981	13.981	13.981
biogenen Brenn- und Treibstoffe	16.139	20.500	20.514	20.516	20.529	20.529
Pellets, Holzabfälle	25.954	40.232	40.317	40.336	40.389	40.336
<i>Summe erneuerbare Energie in TJ</i>	260.477	306.222	342.771	333.685	399.719	410.757
<i>Anteil erneuerbarer Energie in %</i>	23,6	21,1	23,6	23,0	27,5	28,3

In Verbindung mit den geringen Anteilserhöhungen an erneuerbarer Energie sind auch die CO<sub>2</sub>-Einsparungen zu interpretieren. Zwar verbessert sich in allen Szenarien der CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Vergleich zum BAU-Szenario, da fossile durch erneuerbare Energie substituiert wird. Eine absolute CO<sub>2</sub>-Reduktion lässt sich jedoch über die Zeit nicht erreichen (vgl. Abbildung 2). Somit rückt auch das für Österreich und die EU geltende Ziel, bis 2020 die Treibhausgasemissionen um 20 % im Vergleich zum Jahr 1990 zu reduzieren, in weite Ferne.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die entwickelten Szenarien keine „Patentlösungen“ für den Ausbau von erneuerbaren Energietechnologien darstellen. Vorteile werden stets durch Nachteile erkauft. So zeichnet sich das Szenario „Stärken ausbauen“ zwar durch Kosteneffizienz und Wettbewerbsfähigkeit aus, jedoch ist ein ambitionierter Ausbau der Wind- und Großwasserkraft beschränkt und aus Umweltschutzgründen umstritten. Für das Szenario „Biomassiv“ ist eine hohe Bereitschaft zur politischen Umsetzung zu erwarten, jedoch wirken sich die erwähnten Nutzungskonkurrenzen und die Ressourcenknappheit negativ aus. Das Szenario „Denk an morgen“ wiederum, kann einen relativ hohen Anteil an erneuerbarer Energie und damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Einsparungen erreichen, die Investitionskosten sind allerdings erheblich.

Schließlich ist klar ersichtlich, dass kein Weg an der Verringerung des Energieverbrauchs vorbeiführt. Nur wenn es gelingt über Effizienzsteigerungen und Verhaltensänderungen den

Anstieg des Energieverbrauchs zu stoppen, können erneuerbare Energien die ihnen zugesprochene Rolle zur Erreichung eines nachhaltigen Energiesystems auch erfüllen.

### **Schlussfolgerungen**

Das neu entwickelte E3-Modell und die erstellten EE-Szenarien erlauben eine umfassende Analyse der (potentiellen) Auswirkungen des Ausbaus von erneuerbarer Energie bis 2020. Die explizite und konsistente Berücksichtigung der komplexen und vielfältigen Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Wirtschaftszweigen sowie die Effekte der Szenarien auf den Arbeits- und Energiemarkt und die dargestellten Parameter gewährleisten weitreichende Modellanalysen für die proaktive Gestaltung einer rationalen Energiepolitik.

Durch die Stakeholder-Einbindung leistete das Projekt einen wichtigen Beitrag zur Verbindung von Wissenschaft und Praxis. Grundsätzlich ist eine Zusammenarbeit mit wichtigen AkteurlInnen aus dem Energiebereich stets anzustreben, um sowohl statistische als auch ökonomische Besonderheiten in der Modellierung sachgerecht abbilden zu können.

Schließlich und vor dem Hintergrund der Gesamtleistung des Projektes ist festzuhalten, dass das Modell „e3.at“ erfolgreich eingesetzt werden konnte. Nicht nur die dargestellten Ergebnisse, sondern auch der Dialog mit den Stakeholdern bestätigt diese Einschätzung.

# Executive Summary

## Background and project aims:

Renewable energy plays an important role in Austria in order to reduce the dependency on imported fossil fuels and to support the reduction of greenhouse gases. This role will grow within the next years due to the fact that the current share of renewable of about 20% of the whole energy mix has to increase to 34% in the year 2020 in order to fulfil EU targets. In this respect, it is important to estimate and quantify the effects of an intensified use of renewable energy for the supply of heat and power on the environment, on economy and on society.

This project investigated possible economic, employment and environmental effects of an increasing use of renewable energy resources for heat and power generation. More specifically, the integrated environment-energy-economy model “e3.at” was used to simulate different scenarios with a focus on renewable energy (RET scenarios) for Austria until 2020.

## Method:

In order to analyse the research questions posed, the project comprises two main blocks: the development of the simulation model “e3.at” which integrates energy, economic and environmental aspects in one single and consistent modelling framework, and its application within a participatory scenario modelling process. After the creation of the simulation model and the development of the scenarios, the scenarios had to be implemented into the model. The outcome of the scenario simulation is a quantitative estimation of the effects of the diffusion of different renewable energies.

The process of scenario modelling (from the development of scenarios to the dissemination of the modelling results) integrates participative elements. A stakeholder and expert group of 30 people was formed actively accompanying the project by means of bilateral discussions and participation in workshops. In total, four workshops were held with the objective of presenting and discussing the set-up and functioning of the simulation model and to elaborate the scenarios. Thanks to these discussions, valuable inputs and helpful suggestions were received and considered in the project work. Thus, the research results are not only built upon the work of researchers, but also integrate knowledge, expertise and preferences of stakeholders.

## Results

### *The simulation model “e3.at”*

The model “e3.at” illustrates the interdependencies of the energy system, environment and economy, which not only allows the analysis of effects on economic growth and employment, but also on resource and energy use, as well as on CO<sub>2</sub> emissions. At the time being, the model comprises the following components:

- an economic model, consisting of an input-output model, the system of national accounts (SNA), and the labour market,
- an energy model, illustrating the relationship between economic development, energy use and CO<sub>2</sub> emissions; it comprises energy demand, transformation and supply,
- a resource model, allocating the domestic and imported material inputs to those sectors responsible for the material extraction, and finally
- “e3.at” has a soft link to a world model to illustrate the effects of foreign trade on the Austrian economy.

The model serves as a basis for quantifying the effects of different scenarios of a more ambitious use of renewable energy in Austria.

### ***The RET Scenarios***

Together with stakeholders and experts of energy policy, scenarios were defined to specify how an increased share of renewable energy may look like. Altogether three scenarios were worked out, illustrating different pathways to promote renewable energy and analyzed in comparison to a Business as Usual (BAU) scenario. The BAU scenario reflects the policy situation of 2005. Comparing the BAU scenario with the RET scenarios allows us to recognise effects of changes induced by the scenario design.

The scenarios focus on heat and power generation. They neither refer to the transport sector nor to measures to improve efficiency in the manufacturing industries or the thermal reconstruction of buildings. However, improvements of efficiency are considered in the BAU scenario.

#### *The scenario “Improve strengths” (short-term oriented)*

The scenario “Improve strengths” (STA) is based on those technologies which have low actual heat or power costs and are able to promptly expand their capacities. Thus, “Improve strengths” primarily focuses on the extension of wind power and small hydropower for power generation, as well as on pellets for heat generation. All these technologies have good chances of further implementation in Austria. Concerning the security of supply, the scenario is supposed not to be able to significantly reduce energy imports, while the structure of supply will be more centrally organised.

Due to the limited capacity expansion with respect to hydropower, wind power and wood pellets, this scenario would result in relatively small CO<sub>2</sub> savings. The expansion of hydropower is limited due to environmental constraints. Missing areas with favorable wind conditions and lacking social acceptance restrict the further exploitation for wind power. For wood pellets a doubling of the capacity is assumed, but a higher expansion is limited due to increasing competition with the wood industry. For these reasons, also an increase of photovoltaics is assumed.

*The scenario "Biomassiv" (middle-term oriented)*

The scenario „Biomassiv“ (BIO) was designed due to the importance of biomass as an energy carrier for Austria and due to the fact that a comprehensive and sustainable use of the available biomass potentials is very likely (e.g. richness of forests, tradition, successful wood industry, technological know-how). These technologies, which have led to substantial capacity building over the last years and which hold great potential for further development, are extended the most. Principally, the use of solid biomass and biogas receives the strongest support, leading to a central structure of supply with a focus on heat generation.

The scenario is constructed to estimate the maximum biomass use within critical framework conditions. In this respect, additional biomass capacity, recycling capacity, land use conflicts with wood, paper and food industry, and biofuels as well as biomass imports have to be considered. As it was the case for the first scenario, the technological conditions for the implementation are also given. However, a strong expansion of biomass utilisation will require increasing imports of investment goods in order to offset missing short-term production capacity in Austria.

As a result, a significant reduction of CO<sub>2</sub> emissions in comparison to the BAU scenario can be expected. This reduction, however, is not possible without imports of biomass carriers and technological equipment.

*The scenario "Think of tomorrow" (long term oriented)*

On the one hand, the scenario "Think of tomorrow" (DAM) is based on a long-term investment strategy, which is provided by the promotion of costly but very promising future technologies (e.g. photovoltaics, geothermal energy). On the other hand, market-ready technologies with low land use requirements are furthered in order to distinguish this scenario from „Biomassiv“.

Thus, "Think of tomorrow" disregards the combustion and the gasification of biomass resources. On advice of the stakeholder group the power of the sun is used in the form of a massive expansion of photovoltaics. However, due to the still high investment costs of photovoltaics, the financing of this scenario would have to be strongly supported by the government, and require substantial subsidy funding.

In addition, it is not easily possible to create the necessary production capacity for solar cells in Austria, leading to additional imports of solar cells, which would incur a run-off of value added. If a similar behavior in other countries is assumed, then demand-driven price increases for solar cells are likely. Furthermore, the provision of the technology is very resource-intensive. Positive factors of this scenario are the exploitation of a sustainable energy source, the achievement of a significant CO<sub>2</sub> reduction and the decrease of fossil resource imports.

**Results of scenario simulation**

With respect to the economic development the BAU scenario as well as the RET scenarios are supposed to have positive effects. In the BAU scenario the gross domestic product

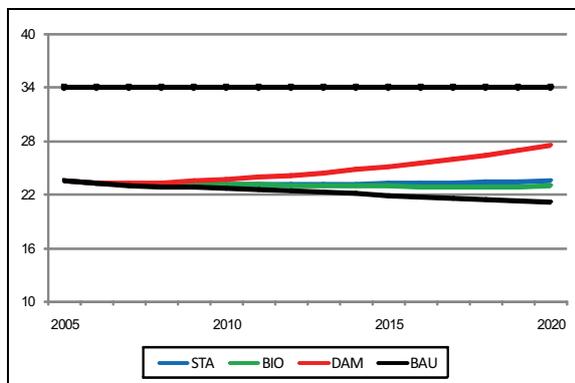
(GDP) will increase by 2.1% p.a., in the RET scenarios this growth will even be higher. The scenarios substantially differ in the growth dynamic of investments. The scenario „Think tomorrow“ requires considerable investments which entail the strongest growth of GDP. As already mentioned, it has to be assumed, however, that not all solar cells can be produced in Austria, implying that additional imports will reduce domestic economic growth.

The results for employment show that economic growth also leads to an increase of employees. While in the BAU scenario 198000 additional jobs can be created until 2020, this number is still higher in the three scenarios designed: In comparison to the BAU scenario the scenario „Think tomorrow“ leads to 19000 new jobs, in „Biomassiv“ about 15000 and in „Improve strengths“ about 10000 additional people can be employed.

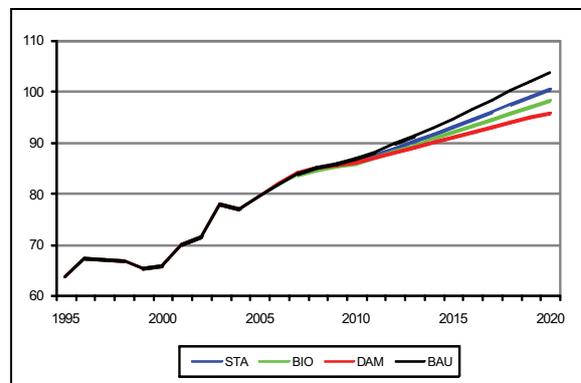
The composition of the final energy consumption according to energy sources develops very heterogeneously between the scenarios. The use of fuel oil is lower in „Biomassiv“ and in „Think tomorrow“ than in „Improve strengths“. Especially in „Biomassiv“ the higher use of firewood in private households reduces the use of fuel oil significantly. In the scenario „Think tomorrow“ it is the generation of heat by solar energy which decreases the use of fuel oil.

The comparison of the shares of renewable energy in the course of time shows that in the BAU scenario the share between 2005 and 2020 decreases due to the missing extension of hydropower. In the RET scenarios this decrease can be stopped (see figure 1).

**Figure 1: Share of renewable energy of final energy consumption (in %)**



**Figure 2: Development of CO<sub>2</sub> emissions (in million tons)**



The target to cover 34% of energy use by renewable energy cannot be met in neither of the scenarios (see table 1). The highest share with 27.5% in 2020 can be expected in the scenario „Think tomorrow“. „Improve strengths“ supposes that the share of the year 2005 can be kept, while in „Biomassiv“ even a slight decrease in percentage over time is possible.

By combining the assumptions of the different scenarios the overall share can be extended to 28.3%. Yet, it has to be noted that energy use will strongly increase until 2020 (see table 1), so that despite the massive expansion of renewable energy additional heat and power consumption cannot be covered. A stabilisation of energy use through efficiency gains and changes in consumption behaviour could lead to an increase of the share to 37%.

The resulting CO<sub>2</sub> reduction is caused by the realised shares of renewable energy. It is true that in all scenarios the CO<sub>2</sub> emissions can be reduced compared to the BAU scenario, since

fossil fuels can be substituted by renewable resources. An absolute reduction of CO<sub>2</sub> emissions over time is, however, not possible in neither of the scenarios (see figure 2). Thus, with an exclusive expansion of renewable energy the respective EU regulation of reducing CO<sub>2</sub> emissions by 20% compared to 1990 will not be met.

**Table 1: Share of renewable energy in % and in TJ**

	2005	BAU 2020	STA 2020	BIO 2020	DAM 2020	TOTAL 2020
<i>Final energy consumption (total)</i>	1.105.190	1.448.683	1.451.472	1.452.544	1.453.400	1.453.400
<i>Transport loss, energy sector use</i>	62	62	62	62	62	62
<i>Transformation input (renewables)</i>						
Hydro	129.150	137.028	142.194	137.028	137.028	142.194
Photovoltaic	51	1.364	22.670	22.670	82.216	82.216
Wind	4.781	12.331	22.235	12.331	22.235	22.235
<i>Final energy consumption (renewables)</i>						
Geothermal	259	351	353	354	354	354
Solar thermal	3.816	6.895	6.904	6.908	9.323	9.323
Heat pumps	4.976	7.125	7.161	7.174	7.200	7.200
Fire wood	64.737	66.439	66.451	72.388	66.464	72.388
Combustive waste	10.615	13.957	13.972	13.981	13.981	13.981
Biofuels	16.139	20.500	20.514	20.516	20.529	20.529
Pellets, woodwaste	25.954	40.232	40.317	40.336	40.389	40.336
<i>Sum renewable energy in TJ</i>	260.477	306.222	342.771	333.685	399.719	410.757
<i>Share renewable energy in %</i>	23,6	21,1	23,6	23,0	27,5	28,3

In summary, one can conclude that the scenarios developed do not provide a formula for success concerning the extension of renewable energy. There is nothing like a free lunch. The scenario „Improve strengths“ features cost efficiency and competitiveness, but the expansion of wind and hydropower is limited and problematic from an environmental point of view. „Biomassiv“ is supposed to have high potential for political implementation, but suffers from land use conflicts and resource scarcity. The scenario “Think tomorrow”, in turn, is able to achieve a high augmentation of renewable energy and large CO<sub>2</sub> savings, but requires high investment costs.

Finally, it is obvious that there is no escape from reducing energy consumption. Only if it is possible to stop its growth through huge efficiency gains and changes in behaviour can renewable energy fulfil the promised role to reach a sustainable energy system.

## Summary

In the course of the project the emphasis of the work was on the development of the simulation model, the design of the scenarios as well as on their simulation. The model “e3.at”, which integrates energy, environmental and economic aspects in an integral and consistent way, is well-suited for illustrating the impacts of an increased portion of renewable energy technologies. The integration of the environmental and socio-economic systems with their various linkages and feedbacks is needed to appropriately assist policy-makers in their decisions for suitable strategies to tackle the most challenging environmental and socio-economic problems.

Through its participatory approach, the project fosters the intensive exchange of experience between researchers and actual users of the results from the political, economic and societal domain. This enables an illustration of the potential impacts of renewable energy resources which reflects actual stakeholders' concerns. Furthermore, the involvement of various actors (energy suppliers, NGOs, public administration etc.) with their different interests and values represents a crucial element of a democratic decision process towards a sustainable energy future. In this respect, the project contributes to the connection of science and practice by improving the dialogue between stakeholders and researchers and by enhancing the transparency of the modeling process.

# 1 Einleitung

Erneuerbare Energieträger – wie Wind, Sonnenenergie, Wasser und Biomasse – spielen in Österreich eine entscheidende Rolle, um einerseits die Abhängigkeit von importierten fossilen Energieträgern zu verringern und andererseits die notwendige Reduktion von Treibhausgasen zu unterstützen. Sie können damit einen wichtigen Beitrag für die Umsetzung einer nachhaltigen Energiepolitik leisten.

Der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Bruttoinlandsenergieverbrauch in Österreich ist zwar relativ hoch und lag im Jahr 2005 bei 21,4 % (Statistik Austria, 2006). Nach wie vor beruht die heimische Energieversorgung jedoch weitgehend auf dem Einsatz von fossilen Energieträgern. Aufgrund geringer heimischer Vorkommen an fossilen Brennstoffen beträgt die Importabhängigkeit der österreichischen Energieversorgung insgesamt knapp 70 % (Umweltbundesamt, 2007). Die fortschreitende Verknappung fossiler Energieträgern und die damit verbundenen steigenden Ölpreise scheinen nun einem stärkeren Einsatz von erneuerbarer Energie das Tor zu öffnen. Um den Durchbruch tatsächlich zu erreichen, müssen geeignete Rahmenbedingungen und politische Strategien geschaffen werden.

Während die Rahmenbedingungen in einigen Bereichen noch unzureichend erscheinen (siehe z.B. die Diskussion um die Novellierung des Ökostromgesetzes), sind die Erkenntnisse zu einem verstärkten Einsatz von erneuerbarer Energie bereits definitiv. So haben sich beispielsweise die einzelnen Mitgliedsstaaten im Energie- und Klimapaket der EU zu ehrgeizigen Zielen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen und zur Förderung erneuerbarer Energien bis 2020 bekannt. Für Österreich ergibt sich daraus die Vorgabe, den Anteil an erneuerbarer Energie bis 2020 auf 34 % des gesamten Energiemixes zu erhöhen (siehe EU-Website „Energy for a Changing World“<sup>1</sup>). Bereits im Jahr 2006 hat die österreichische Bundesregierung das Vorhaben formuliert, den Anteil an erneuerbarer Energie von 23 % im Jahr 2004 auf 45 % im Jahr 2020 zu verdoppeln (BMLFUW, 2006).

Im Zuge dieser angestrebten Erhöhung ist es wichtig, die erwarteten Auswirkungen des Ausbaus der Nutzung der verschiedenen erneuerbaren Energieträger (z.B. feste Biomasse, Biogas, Wind, Solarthermie und Photovoltaik) auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft auch quantitativ abzuschätzen. Das EdZ-Projekt „Erneuerbare Energie in Österreich: Modellierung möglicher Entwicklungsszenarien bis 2020“ widmete sich dieser Quantifizierung, indem verschiedene Ausbauszenarien für erneuerbare Energieträger (EE-Szenarien) entwickelt und mit dem eigens für dieses Projekt geschaffenen integrierten Umwelt-Energie-Wirtschaftsmodell „e3.at“ simuliert wurden. Die Analyse fokussiert dabei auf die Wärme- und Strombereitstellung und bezieht sich explizit *nicht* auf den Verkehrssektor, auf effizienzsteigernde Maßnahmen und die Sanierung des Wohnungsbestands. Energieeffizienzsteigerungen sind aber im BAU-Szenario mit berücksichtigt.

---

<sup>1</sup> [http://ec.europa.eu/energy/energy\\_policy/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/index_en.htm), abgerufen 27.03.2008, 8:35.

Die Ergebnisse geben Aufschluss, mit welchen Technologien, Strategien und Maßnahmen das Ziel eines verstärkten Einsatzes von erneuerbaren Energieträgern erreicht werden kann und ob die daraus resultierenden Auswirkungen sozial ausgewogen, wirtschaftlich rentabel und ökologisch vorteilhaft sind. Mit Hilfe dieses neuen Analyse-Instruments wird politischen Akteuren eine deutlich verbesserte Entscheidungsbasis geboten.

Um einen geeigneten Rahmen für die Bearbeitung der Projektfragestellung zu schaffen, umfasste das Projekt zwei Schwerpunkte, erstens die Entwicklung des Simulationsmodells „e3.at“ und zweitens seine Anwendung im Rahmen eines partizipativen Modellierungsprozesses, in dem in Zusammenarbeit mit Stakeholdern und ExpertInnen aus dem Energiebereich EE-Szenarien entwickelt wurden.

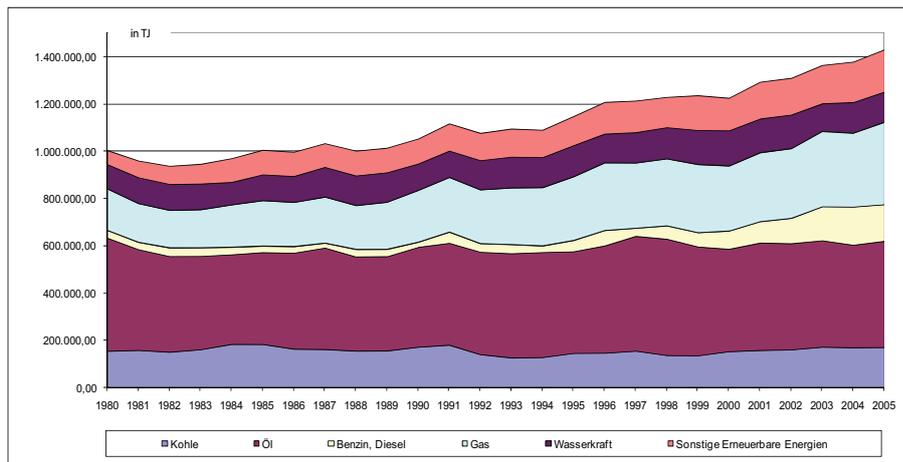
In diesem Bericht gehen wir zunächst auf den Status quo des österreichischen Energiesystems ein (Kapitel 2). Danach beschreiben wir die Ziele und Inhalte des Projekts ein (Kapitel 3) und erklären im Anschluss daran den Prozess und das Ergebnis der Szenarienentwicklung (Kapitel 4). In Kapitel 5 erfolgt eine umfassende Dokumentation des integrierten Modells „e3.at“. Nach der detaillierten Darstellung der Ergebnisse (Kapitel 6) und deren Verbindung zu den Zielen der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ (Kapitel 7) werden die wichtigsten Schlussfolgerungen präsentiert (Kapitel 8) und ein Ausblick auf den weiteren Forschungsbedarf geboten (Kapitel 0).

## **2 Status Quo des österreichischen Energiesystems**

Die Auswertung der Energiebilanz der Statistik Austria (2006) zeigt, dass die österreichische Energieversorgung auf einem relativ ausgewogenen Energieträgermix beruht, wobei sich die Struktur des Bruttoinlandsverbrauchs in den letzten Jahren zugunsten der erneuerbaren Energieträger und zulasten der fossilen Energieträger verschoben hat. Das Niveau des Bruttoinlandsverbrauch ist während der letzten 25 Jahre stetig gestiegen (vgl.

Abbildung 3), wobei der Anstieg an erneuerbarer Energie überdurchschnittlich war und im Jahr 2005 21,4 % betrug. In den letzten Jahren zeigte sich allerdings eine leichte Stagnation. Zwar hat sich der Einsatz von erneuerbaren Energieträgern im Zeitraum 2002-2005 von 298,7 PJ auf 307,5 PJ (plus 3 %) erhöht, der prozentuelle Anteil am Energieverbrauch ist jedoch zurück-gegangen, da der Bruttoinlandsverbrauch an Energie im gleichen Zeitraum stärker angewachsen ist. Dies hat gleichzeitig zur Folge, dass sich auch der Einsatz von fossilen Energieträgern wieder erhöht hat. Wasserkraft ist die bedeutendste erneuerbare Energiequelle und trägt mit 9 % zum Bruttoinlandsverbrauch bei.

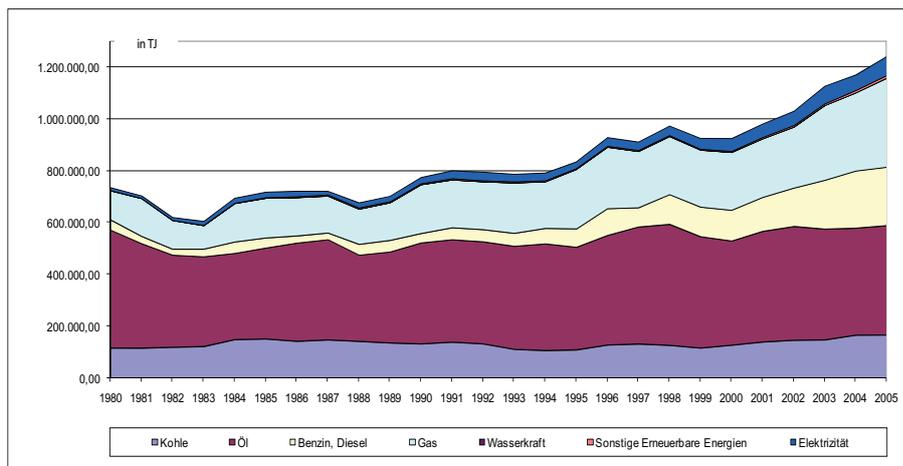
**Abbildung 3: Bruttoinlandsverbrauch an Energie in Österreich, 1980-2005 (in TJ)**



Quelle: Statistik Austria 2007, eigene Darstellung.

Da die Entwicklung der inländischen Energieerzeugung nicht mit dem starken Anstieg des Bruttoinlandsverbrauchs Schritt halten konnte, nahm die Importabhängigkeit Österreichs zu (vgl. Abbildung 4).

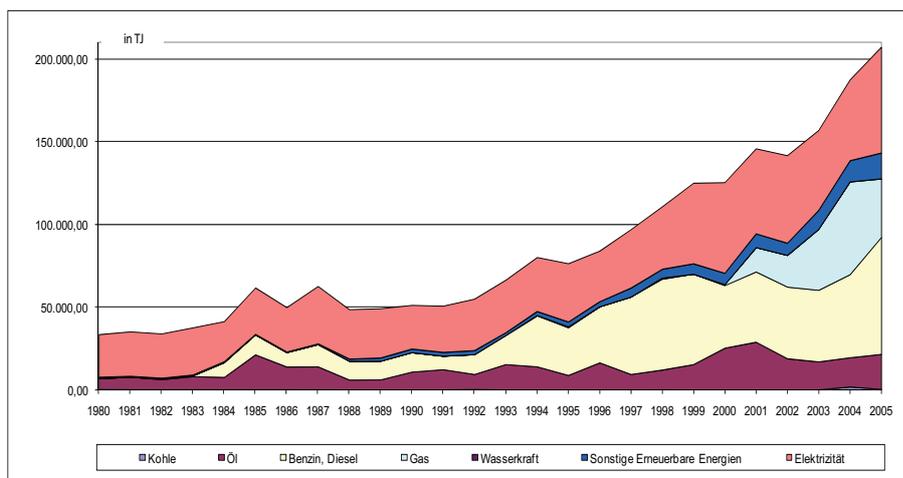
**Abbildung 4: Energieimporte in Österreich, 1980-2005 (in TJ)**



Quelle: Statistik Austria 2007, eigene Darstellung.

Aufgrund geringer heimischer Vorkommen an fossilen Brennstoffen beträgt die Importabhängigkeit der österreichischen Energieversorgung insgesamt knapp 70 %, wobei sich die Dominanz von Erdöl und Erdgas im Zeitraum von 2002 bis 2005 noch verstärkt hat (Umweltbundesamt, 2007). Erdöl ist mit rund 34 % (2005) an den gesamten Energieimporten nach wie vor der wichtigste Energieträger. Wenngleich auch die Stromimporte mengenmäßig weitaus weniger ins Gewicht fallen, verzeichnen sie seit Mitte der 1990er Jahre höhere Zuwächse.

**Abbildung 5: Energieexporte in Österreich (in TJ)**

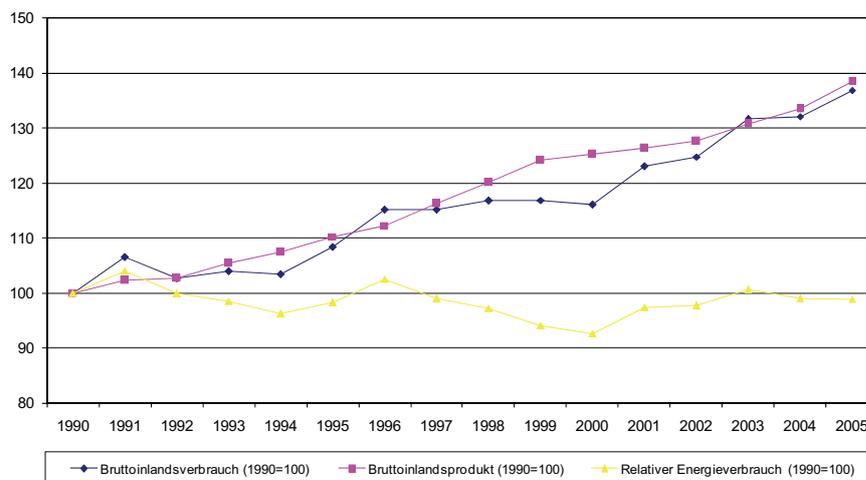


Quelle: Statistik Austria 2007, eigene Darstellung.

Die langfristige Entwicklung der *Exporte* ist durch eine starke Zunahme der Ausfuhr von Strom und raffinierten Produkten geprägt. Den höchsten Anteil an den Energieexporten haben Kraftstoffe zu verzeichnen (2005 34 %), gefolgt von Stromexporten mit 31 %.

Abbildung 6 zeigt, dass die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Bruttoinlandsverbrauch nur in kleinen Schritten erfolgte. In den letzten fünf Jahren war trotz einer eher unterdurchschnittlichen gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (BIP-Wachstum von durchschnittlich 1,4 % p.a.) eine starke Energieverbrauchszunahme (durchschnittlich um 3,4 % p.a.) zu verzeichnen. Tendenziell ging der relative Energieverbrauch (Energieverbrauch im Verhältnis zum BIP) bis 2005 zurück. Im Jahr 2000 lag der relative Energieverbrauch um 8 % unter dem Wert des Jahres 1990. Bis 2005 stieg dieses Verhältnis wieder an und verringerte sich gegenüber 1990 um nur 1 %.

**Abbildung 6: Entkopplung Bruttoinlandsverbrauch an Energie und Wirtschaftswachstum**



Quelle Statistik Austria 2007, eigene Darstellung.

Auch der energetische Endverbrauch ist seit 1980 kontinuierlich gestiegen, der Anstieg hat sich seit den 1990er-Jahren sogar beschleunigt. Die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der letzten fünf Jahre lag bei ca. drei Prozent.

Betrachtet man den energetischen Endverbrauch der Energieträger im Einzelnen (vgl. Tabelle 2) ist eine Veränderung in der Struktur hin zu erneuerbaren Energien zu erkennen.

**Tabelle 2: Wachstumsraten des energetischen Endverbrauches von 1980 - 2005 (in %)**

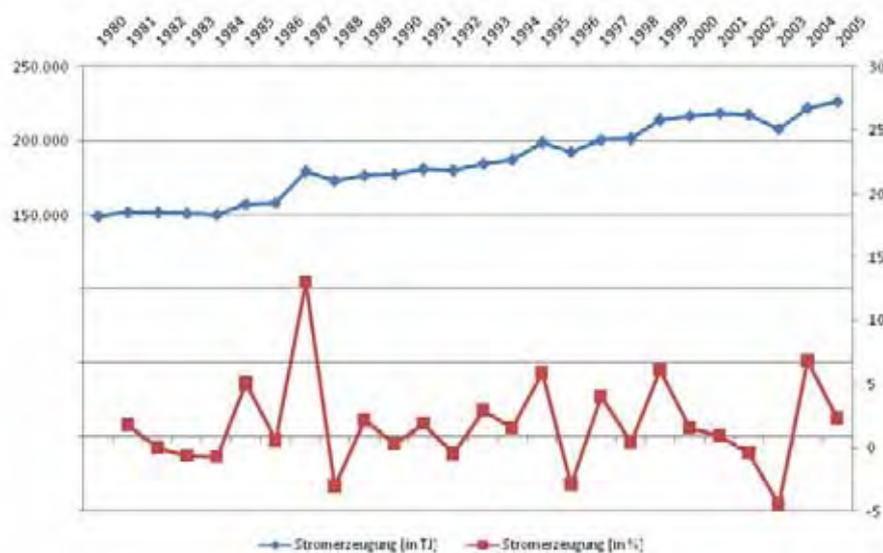
	1980-1985	1985-1990	1990-1995	1995-2000	2000-2005
Energetischer Endverbrauch	1,01	0,77	1,98	2,21	3,22
Kohle	4,26	-7,38	-7,76	-0,78	-5,32
Erdölprodukte	-5,63	-2,26	1,16	-1,24	1,02
Benzin, Diesel	0,45	3,35	2,85	3,48	5,97
Gas	0,70	3,13	4,80	3,49	3,30
Erdwärme	0,00	0,00	-1,42	6,29	6,28
Sonnenwärme	0,00	0,00	19,19	12,24	7,47
Fernwärme	7,91	4,82	6,74	4,17	3,91
Energie aus Wärmepumpen	0,00	0,00	13,72	6,40	3,52
Brennholz	11,23	-3,19	1,31	-2,23	1,48
Brennbare Abfälle	34,54	18,78	4,70	-1,37	17,51
Biogene Brennstoffe	10,44	1,41	-0,55	6,47	-2,12
Pellets	20,33	9,02	-3,44	17,60	6,46
Elektrizität	2,83	2,89	1,73	2,35	1,70

Quelle: Statistik Austria 2007, eigene Berechnungen.

Bereits in der Vergangenheit verringerte sich der energetische Endverbrauch von Kohle (1985-1990: -7,4 % und 2000-2005: -5,3 %). Demgegenüber wurde ab Ende der 1980er Jahre vermehrt auf erneuerbare Energie zurückgegriffen. Umgebungswärme wurde für den Endverbrauch nutzbar gemacht, beispielsweise durch Wärmepumpen. Vor allem der Energieträger Sonnenwärme verzeichnete hohe Wachstumsraten (1990-1995: ca. 19 % und 2000-2005: 7,5 %). Hohe durchschnittliche Wachstumsraten zeigen im historischen Verlauf auch die Energieträger brennbare Abfälle (1980-1985: 35 % und 2000-2005: 17,5 %) und Fernwärme (1980-1985: ca. 8 % und 2000-2005: 4 %). Die Wachstumsraten sind zwar bis 2005 positiv, jedoch sind sie in ihrer Höhe rückläufig.

Die Nachfrage nach Elektrizität stieg in den vergangenen Jahren jährlich um etwa 2,4 %. Der Großteil der Stromnachfrage wird durch die inländische Stromerzeugung gedeckt (teilweise mit importierten Primärenergieträgern). Dementsprechend erhöhte sich der Umwandlungsausstoß an Elektrizität um etwa 1,7 % p.a. Ab dem Jahr 2001 hat sich Österreich allerdings zu einem Nettostromimporteuer entwickelt, wodurch nicht ausgeschlossen werden kann, dass auch Atomstrom eingeführt wird.

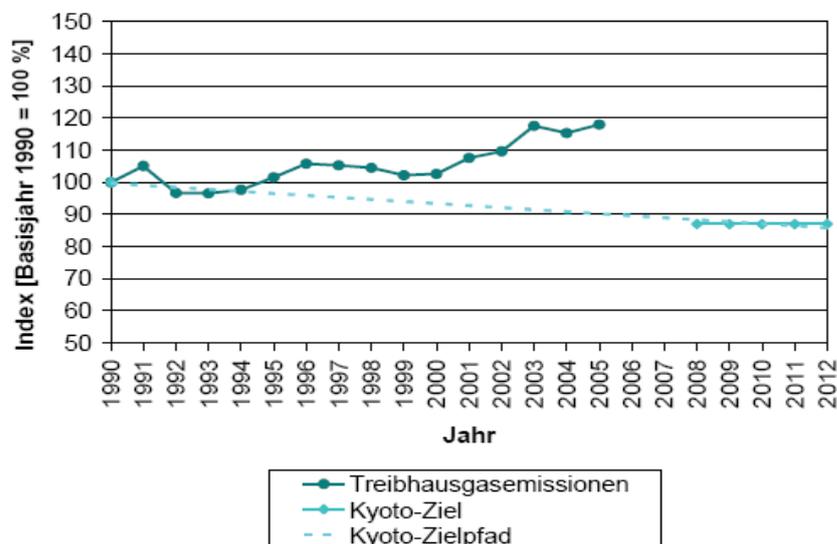
**Abbildung 7: Entwicklung Stromerzeugung (in % bzw. in Terajoule)**



Quelle Statistik Austria 2007, eigene Darstellung.

Einhergehend mit dem steigenden Endenergieverbrauch haben sich in der Vergangenheit auch die Treibhausgasemissionen<sup>2</sup> stark erhöht (vgl. Abbildung 8). Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind im betrachteten Zeitraum am stärksten gestiegen (+ 28,6 % gegenüber 1990). Im Jahr 2005 lagen die Treibhausgasemissionen mit 93,3 Mio. Tonnen (Kohlenstoffdioxid-Äquivalente) um 35,6 % über dem Kyoto-Ziel (Anderl et al., 2007).

**Abbildung 8: Treibhausgasemissionen in Österreich (1990 = 100)**



Quelle: Anderl, et al. (2007), S. 19.

Die in diesem Kapitel dargestellte historische Entwicklung des österreichischen Energiesystems hat gezeigt, dass der Anteil an erneuerbarer Energie zwar hoch ist, sich in den

<sup>2</sup> Zu den Treibhausgasen zählen CO<sub>2</sub> (Kohlendioxid), CH<sub>4</sub> (Methan), N<sub>2</sub>O (Lachgas), HFKW (halogenierte Fluorkohlenwasserstoffe), FKW (Fluorkohlenwasserstoff) und SF<sub>6</sub> (Schwefelhexalchlorid).

letzten Jahren jedoch aufgrund der steigenden Energienachfrage eine Stagnation bzw. ein leichter Rückgang des Anteils gezeigt hat. Somit war es auch nicht möglich, einerseits den heimischen Verbrauch an importierten fossilen Energieträgern zu verringern und andererseits die CO<sub>2</sub> Emissionen zu reduzieren.

### 3 Ziele des Projektes

Vorrangige Aufgabe des hier vorgestellten Projekts war die Analyse der Auswirkungen eines verstärkten Einsatzes verschiedener erneuerbarer Energieformen auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft. Dazu war es notwendig, zwei Ziele bzw. Schwerpunkte zu verfolgen, die der Erfüllung dieser Aufgabe behilflich sein sollten:

- (1) Entwicklung eines integrierten Umwelt-Energie-Wirtschaft-Modells<sup>3</sup>,
- (2) Entwicklung und Modellierung von EE-Szenarien zur Abschätzung des Potentials von erneuerbaren Energieträgern im Rahmen eines partizipativen Prozesses (unter Einbindung von Stakeholdern und ExpertInnen).

Die Modellentwicklung verfolgte das Ziel, ein adäquates Simulationsmodell für Österreich zu entwickeln, das in der Lage ist, die Erfordernisse an eine nachhaltige Energieversorgung und -politik und deren Konsequenzen auf nationaler Ebene abzubilden. Mit dem integrierten Umwelt-Energie-Wirtschaft-Modell „e3.at“ steht nun ein Instrument zur Verfügung, das in der Lage ist, umweltökonomische, energie- und nachhaltigkeitspolitische Fragestellungen zu untersuchen.

Als makroökonomisches, multisektorales Modell bietet es die Möglichkeit, in einem integrativen Rahmen die vielfältigen Interaktionen von Wirtschaft, Energiesystem und Umwelt zu beschreiben. Die dynamische Ausrichtung des Modells erlaubt es, Szenarien unterschiedlicher Politiken zu simulieren, und deren erwartete Effekte für einzelne Branchen und die Gesamtwirtschaft über einen Zeitraum von bis 10 bis 20 Jahren im Voraus abzuschätzen.

Das Modell bildet die Grundlage für die Berechnung der Auswirkungen einer Forcierung erneuerbarer Energieressourcen für Österreich. So können einzelne Maßnahmen in ihren gesamtwirtschaftlichen Konsequenzen und umweltrelevanten Effekten beleuchtet werden. Die Beurteilung energiepolitischer Maßnahmen erfolgt dabei im Kontext ihrer Auswirkungen auf sozial- und wirtschaftspolitische Themen (wie Budgetdefizit, Arbeitsmarktpolitik oder Importabhängigkeit) sowie umweltpolitische Aspekte (wie Ressourcenverbrauch, Klimawandel, Flächenverbrauch).

Das Ziel der Szenarienentwicklung und -modellierung liegt darin, die Auswirkungen unterschiedlicher Kombinationen verschiedener Energietechnologien zu quantifizieren, mögliche Zielkonflikte mit anderen gesellschafts- und wirtschaftspolitischen Fragestellungen

---

<sup>3</sup> In der Literatur werden derartige Modelle auch als „E3-Modelle“ bezeichnet, wobei die drei „E“ für „Economy“, „Environment“ und „Energy“ stehen.

zu erfassen und die Eignung der eingesetzten Technologien und Maßnahmen für die Erreichung eines höheren Anteils an erneuerbarer Energie zu beurteilen. Die Simulationsergebnisse zeigen somit die Chancen und Risiken der Energiepolitik im Kontext einer Forcierung verschiedener erneuerbarer Energien auf.

Der Ablauf der Szenarienentwicklung und -modellierung wurde als partizipativer Prozess gestaltet, der Stakeholder und ExpertInnen im Bereich der Energiepolitik und -versorgung aktiv in die wissenschaftliche Arbeit integriert. Durch diesen partizipativen Charakter fördert das Projekt den intensiven Erfahrungsaustausch zwischen Modell- und SzenarientwicklerInnen und den NutzerInnen (bzw. Betroffenen) der Ergebnisse aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Dadurch wird das Ziel verfolgt, einerseits die Modellierung zu verbessern und andererseits die Ergebnisrelevanz zu erhöhen.

## **4 Die EE-Szenarien**

Vor dem Hintergrund der Klimaproblematik und der Verknappung fossiler Ressourcen ist es notwendig, Nutzenergie anders zu erzeugen als durch das Verbrennen von Öl, Kohle und Gas. Wie bereits einleitend erwähnt, stellen erneuerbare Energieträger klima- und umweltverträgliche Alternativen zu fossilen Ressourcen dar und sollten daher deutlich stärker zur Deckung der Energienachfrage beitragen. Wie in Kapitel 2 analysiert, haben die fossilen Energieträger historisch einen hohen Stellenwert für die Energieerzeugung und den -verbrauch in Österreich. In Bezug auf erneuerbare Energie konnten bisher die Wasserkraft und die Biomassenutzung einen beachtlichen Beitrag leisten, alle anderen erneuerbaren Energiequellen weisen bisher keinen sehr hohen Stellenwert auf. Mit der Entwicklung von drei Szenarien möchten wir für Österreich unterschiedliche Ausbaupfade für erneuerbare Energieträger zur Strom- und Wärmeerzeugung bis zum Jahr 2020 aufzeigen und ihre Auswirkungen beleuchten.

In diesem Kapitel legen wir zunächst unser Verständnis von Szenarien dar. Danach wird die generelle Vorgehensweise bei der Szenarienentwicklung geschildert, welche die Beschreibung des partizipativen Prozesses sowie die Erläuterung der charakterisierenden Parameter und die Kriterien der Szenarienentwicklung einschließt. Anschließend werden die drei entwickelten Szenarien im Detail beschrieben und abschließend kurz gegenübergestellt.

### **4.1 Bedeutung der Szenarien**

Die EE-Szenarien skizzieren alternative zukünftige Entwicklungspfade, die gemeinsam einen Optionenraum („windows of opportunity“) aufzeigen. Grundsätzlich kann mit der Entwicklung von Szenarien die Komplexität der Themenstellung, die aus der Interdependenz und Dynamik gesellschaftlicher Prozesse resultiert, besser erfasst werden. Darüber hinaus können Szenarien dazu beitragen, Zielkonflikte, Zielinkonsistenzen und Wissenslücken zu beleuchten. Szenarien sind daher nicht als Prognosen zu verstehen. Vielmehr zeigen sie

zukünftige Entwicklungspfade, die sich unter den getroffenen Annahmen ergeben würden. Bei der Beschreibung der Szenarien werden ausdrücklich keine Angaben über die Wahrscheinlichkeit der einzelnen Varianten gemacht (Blazejczak et al., 2000; Kowalski et al., 2008).

Die Szenarien dienen als Orientierung für Entscheidungssituationen, indem sie Probleme verdeutlichen, mit der die Politik konfrontiert ist. Sie schaffen in diesem Sinne eine wichtige Grundlage für die Erarbeitung von Strategie- und Maßnahmenbündeln.

Bei der Szenarientwicklung werden auch qualitativ-argumentative Überlegungen angestellt, da Simulationen mit numerischen Modellen nur einige Aspekte der Szenarien abbilden können; andere - vor allem soziale und institutionelle Aspekte - bleiben ausgeklammert. Neben der quantitativen Modellierung der Szenarien erfolgt daher eine qualitativ-verbale Beschreibung, um möglichst viele Zusammenhänge zwischen Einflussfaktoren und Zielgrößen erfassen zu können (Hans-Böckler-Stiftung, 2000).

Somit setzt sich jedes Szenario aus der „Geschichte“ (storyline, narrative) als Basis und Interpretationshintergrund, und quantitativen Modellierungen zusammen. In den storylines werden die Ziele, Absichten und Handlungen zusammengefasst und festlegt, deren mögliche Implikationen in der nachfolgenden quantitativen Modellierung abgeschätzt werden. Die Simulation dient dazu, bestimmte Aspekte der „Geschichte“ mit Zahlen zu illustrieren.

## **4.2 Generelles Vorgehen bei der Szenarientwicklung**

Aufbauend auf im Projekt „ARTEMIS“ (vgl. Kowalski et al., 2006; Madlener et al. 2007; Kowalski et al., 2008 bzw. [www.project-artemis.net](http://www.project-artemis.net)) geleistete Vorarbeiten wurden insgesamt drei Szenarien entwickelt, die unterschiedliche Strategien zur Steigerung von erneuerbaren Energieträgern darstellen und zusätzlich zu einem Business as Usual (BAU) Szenario modelliert werden:

Szenario 1: „Stärken ausbauen“ (kurzfristig orientiert), in dem marktreife Technologien forciert und Wettbewerbsvorteile (z.B. im Export) gezielt ausgebaut werden.

Szenario 2: „Biomassiv“ (mittelfristig orientiert), das aufgrund des speziellen heimischen Ressourcenprofils im Bereich der Biomasse (z.B. Walddreichtum, Tradition, erfolgreiche Holzwirtschaft, Technologie-Know-how) und der aktuellen energiepolitischen Diskussion in Österreich gesondert betrachtet wird.

Szenario 3: „Denk an morgen“ (langfristig orientiert), das eine Förderung zwar kostenintensiver, aber gleichzeitig besonders zukunftssträchtiger Technologien vorsieht; ergänzt um bereits ausgereifte Technologien, die einen geringen Flächenbedarf aufweisen und damit langfristig nachhaltig sind.

Die Szenarien konzentrieren sich auf die Strom- und Wärmebereitstellung. Sie beziehen sich explizit nicht auf den Verkehrssektor, auf effizienzsteigernde Maßnahmen im verarbeitenden

Gewerbe sowie bei den privaten Haushalten und die Sanierung des Wohnungsbestands, Energieeffizienzsteigerungen sind aber im Business-as-usual (BAU)-Szenario berücksichtigt.

Wie diese Szenarien im Detail entwickelt wurden, wird im nächsten Kapitel näher beschrieben.

#### 4.2.1 Partizipativer Prozess

Der Vorgang der Entwicklung, Modellierung und Analyse der Szenarien wurde als partizipativer Prozess gestaltet, der Stakeholder und Expertinnen (z.B. InteressensvertreterInnen, PolitikerInnen, Betroffene aus der Bevölkerung) im Bereich der Energiepolitik und -versorgung aktiv in die wissenschaftliche Arbeit mit einbezog. Unter partizipativen Prozessen versteht man Forschungs- und Entscheidungsprozesse, die nicht ausschließlich von WissenschaftlerInnen und ExpertInnen durchgeführt werden, sondern die Erfahrung, das Wissen und die Präferenzen von Stakeholdern mit einbeziehen.

Die Auswahl der Stakeholder und ExpertInnen stützte sich auf eine Stakeholderanalyse, die sich an der Bedeutung der Akteure für die Fragestellung („Influence“) und ihrer Betroffenheit („Importance“) orientierte. Basierend auf dieser Analyse wurden rund 60 Personen per Email kontaktiert und gefragt, ob sie das Forschungsprojekt als Stakeholder bzw. ExpertIn begleiten wollen. Das Echo war sehr positiv: insgesamt konnten 30 Stakeholder und ExpertInnen in den Prozess aktiv mit eingebunden werden.

Während des Projektes wurden vier Workshops veranstaltet, in denen das Projektteam gemeinsam mit der Stakeholder- und ExpertInnengruppe einzelne Fragestellungen diskutierte. Ihre Mitarbeit war insbesondere bei der Entwicklung der Szenarien wichtig. Aus Tabelle 3 geht hervor, welche Themen in den einzelnen Workshops behandelt wurden.

**Tabelle 3: Überblick Workshops**

Veranstaltung	Inhalt	Datum
Workshop 1	Kurzvorstellung des Projekts und der geplanten Modellierung des Simulationsmodells Vorstellung der ARTEMIS – Szenarien	4. April 2006
Workshop 2	Vorstellung der drei neu entwickelten Szenarien Identifizierung von Input- und Zielwerten und Übersetzung in quantitative Szenarien	19. Dezember 2006
Workshop 3	Diskussion der ersten Simulationsergebnisse der Szenarien	27. September 2007
Workshop 4	Abschließende Vorstellung und Diskussion der Simulationsergebnisse	5. März 2008

Da eine professionelle Abwicklung der Workshops besonders wichtig ist, wurden alle Workshops von einem erfahrenen Moderator mit Hintergrundwissen im Energiebereich begleitet, um eine effiziente Arbeitsweise zu garantieren.

Als weiteres partizipatives Element wurde eine Website ([www.energiemodell.at](http://www.energiemodell.at)) realisiert, die sowohl der Öffentlichkeit Inhalte und Ergebnisse des Projekts näher bringen soll als auch den Stakeholdern Gelegenheit bot, sich laufend über die Projektfortschritte zu informieren.

Die Vorgehensweise bei der Szenarienentwicklung und -modellierung kann wie folgt zusammengefasst werden:

Als Ausgangsbasis wurden die nationalen Energieszenarien aus dem Projekt „ARTEMIS“<sup>4</sup> herangezogen. Diese Szenarien wurden der Stakeholder-Gruppe beim ersten Projektworkshop präsentiert. Aufbauend auf den Anregungen und Diskussionsbeiträgen aus dem ersten Workshop wurde mit der ersten Phase der Szenarienentwicklung begonnen. Dazu wurden die Leitgedanken und -fragen der jeweils zu analysierenden Szenarien festgelegt, die die Grundorientierung jedes Szenarios beschreiben. Ebenfalls im Vorfeld der eigentlichen Szenario-Analyse wurden die wichtigsten Einflussfaktoren (Inputparameter) sowie Zielgrößen und Indikatoren (Zielparameter) zur näheren Bestimmung der Szenarien identifiziert.

Diese Arbeiten bildeten die Grundlage für die Festlegung der relevanten Narrative (storylines), welche die Szenarien qualitativ-verbal beschreiben. In diesem Schritt wurden zunächst drei unterschiedliche Entwicklungspfade erarbeitet, die sich grundlegend im Hinblick auf die zu forcierenden erneuerbaren Energieträger unterscheiden. Für alle drei Zukunftsbilder wurden sodann Annahmen zu den Inputparametern getroffen und die erwartete Ausgestaltung der Zielparameter abgeschätzt. Im zweiten Projekt-Workshop wurde die Charakterisierung der Szenarien anhand der ausgewählten Parameter vorgestellt und diskutiert. Unter Berücksichtigung der Anregungen der Stakeholder und ExpertInnen wurden die Szenarien nachgebessert, indem zusätzliche Parameter aufgenommen und die Ausgestaltung einzelner Parameter an einigen Stellen modifiziert wurden.

Im nächsten Schritt wurden die quantifizierbaren Zusammenhänge zwischen den Einflussfaktoren und Zielgrößen mit Hilfe des Modells „e3.at“ (siehe Kapitel 5) analysiert. Dazu war es notwendig, die Parameter für die drei Szenarien zunächst im Modell zu implementieren und anschließend die Simulationsergebnisse zu berechnen. Die ersten Modellierungsergebnisse wurden der Stakeholder- und ExpertInnengruppe beim dritten Projekt-Workshop vorgestellt. Auch die Ergebnisse dieses Diskurses wurden berücksichtigt und die Szenarien erneut simuliert. Im vierten Projekt-Workshop wurden schließlich die endgültigen Simulationsergebnisse präsentiert und diskutiert und ein Feedback über den gesamten Projektverlauf eingeholt.

Ergänzend zu den quantitativen Szenariosimulationen erfolgte eine qualitative Beschreibung jener Parameter, die nicht mit dem Modell quantifiziert werden konnten. Dadurch wurde die umfassende Analyse der drei Szenarien komplettiert.

---

<sup>4</sup> Im Projekt „ARTEMIS“ wurden fünf exemplarische Szenarien (A – „Schnell und bekannt“, B – „Wettbewerbsvorteil ausbauen“, C – „Investitionen in die Zukunft“, D – „Biomasse im großen Stil“, E – „Große Wirkung im Kleinen“) formuliert und mit Hilfe einer Multi-Kriterien-Analyse bewertet (für Details siehe: Kowalski et al., 2006 bzw. Madlener et al., 2007; Kowalski et al., 2008). Diese Szenarien dienten dem hier präsentierten EdZ-Projekt als Ausgangspunkt bei der Entwicklung der drei EE-Szenarien.

Durch diesen partizipativen Prozess war ein intensiver Erfahrungsaustausch zwischen WissenschaftlerInnen einerseits sowie NutzerInnen (bzw. Betroffenen) der Ergebnisse aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft andererseits möglich. Die Einbeziehung der Stakeholder und ExpertInnen hat den Szenarienentwicklungs- und -modellierungsprozess deutlich bereichert, unter anderem wurden folgende positive Auswirkungen erzielt:

- Verbesserung der Szenarienentwicklung, indem das Wissen und die Erfahrungen der Stakeholder und ExpertInnen integriert werden konnte;
- Erhöhung der Ergebnisrelevanz und der -akzeptanz;
- Erhöhung der Glaubwürdigkeit und Transparenz der Modellierung.

Darüber hinaus stellt die Einbeziehung von verschiedenen Akteuren der heimischen Energieversorgung mit ihren unterschiedlichen Interessen und Wertvorstellungen ein wesentliches Element eines demokratischen Entscheidungsprozesses in Richtung einer nachhaltigen Energiezukunft dar. Das Projekt leistete somit einen wichtigen Beitrag zur Verbindung von Wissenschaft und Praxis, indem es den Dialog zwischen Stakeholdern und WissenschaftlerInnen fördert.

Einzelne Schritte im Rahmen des partizipativen Prozesses werden im Folgenden genauer erläutert.

#### **4.2.2 Parameter zur Szenarien – Charakterisierung**

Zur Beschreibung der einzelnen Szenarien wurde vom Projektteam eine Reihe von Parametern vorgeschlagen, die zentral im Zusammenhang mit der zukünftigen Entwicklung in bezug auf erneuerbare Energieträger in Österreich sind. Diese Parameter wurden im Rahmen des 2. Projekt-Workshops den Stakeholdern und ExpertInnen erläutert und mit diesen gemeinsam diskutiert und ergänzt. Die daraus resultierenden Parameter und ihre Bedeutung werden im Folgenden vorgestellt.

Die verwendeten Parameter beinhalten sowohl Inputparameter (Steuerungsgrößen) als auch Zielparameter (Ergebnisgrößen), wobei die Ausgestaltung der Zielparameter von den Annahmen der Inputparameter abhängt. Annahmen zu den Inputparametern sind notwendig, um die Szenarien im Modell implementieren zu können. Darüber hinaus müssen die Szenarien aber auch über zusätzliche Parameter beschrieben werden, um eine umfassende, schlüssige Darstellung zu ermöglichen. Daher wird auch eine Reihe von Zielparametern festgesetzt, die eine detailliertere Charakterisierung der Szenarien erlauben. Dabei ist zu beachten, dass nicht alle Parameter im Modell tatsächlich quantifiziert werden können, wodurch einige Indikatoren (z. B. Flächenverbrauch) qualitativ beschrieben werden müssen.

##### ***Inputparameter:***

Für die Entwicklung der Szenarien werden zunächst als Inputparameter die Schlüsseltechnologien und der zeitliche Horizont festgesetzt. Danach müssen für die quantitative Modellierung der einzelnen Szenarien für alle vorkommenden Schlüsseltechnologien die Parameter „Lernkurven“, „Preise“, „Ausbaupotentiale“ und „Investitionskosten“ vorgegeben

werden. Informationen zu diesen Größen wurden in einer umfassenden Recherche der einschlägigen Literatur entnommen (siehe Tabelle 4) und mit den TeilnehmerInnen des dritten Workshops diskutiert. Die angenommenen Werte in den einzelnen Szenarien werden in Kapitel 4.3 dargelegt, hier erfolgt lediglich eine kurze Beschreibung der Bedeutung dieser Steuerungsvariablen.

#### *a. Schlüsseltechnologien*

Unter den sog. „Schlüsseltechnologien“ verstehen wir jene Technologien, die in den einzelnen Szenarien forciert werden. Obwohl jeweils alle betrachteten Technologien eine gewisse Rolle spielen, bestimmen die Schlüsseltechnologien den Charakter der Szenarien.

Im Energiemodell (siehe Kapitel 5.2.4) werden Wasser, Photovoltaik, Wind, brennbare Abfälle, biogene Brenn- und Treibstoffe, Pellets und Holzabfälle, Geothermie, Wärmepumpen und Solarthermie getrennt erfasst. Die betrachteten Energien werden sowohl von den Erzeugern von Sekundärenergie als auch von den privaten Haushalten als Endenergienachfrager eingesetzt. Bei der Energieumwandlung werden Kraftwerke, Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen und Heizwerke unterschieden und die eingesetzten erneuerbaren Energieträger variiert. Die Umwandlungsanlagen Hochofen, Raffinerie (2005 zum ersten Mal Einsatz von biogenen Brenn- und Treibstoffen) und Kokerei werden nicht berücksichtigt, da sie keine erneuerbaren Energieträger zur Strom- bzw. Wärmeerzeugung einsetzen.

#### *b. Zeitlicher Horizont:*

Die Unterscheidung zwischen kurz- und langfristig richtet sich nach der breiten kommerziellen Einsetzbarkeit der betrachteten Technologien: Der Richtwert für kurzfristig liegt bei 1 bis 5 Jahren, während sich der Richtwert für langfristig bei 20 Jahren bewegt. Eine wesentliche Unterscheidung in diesem Zusammenhang bezieht sich auf heute verfügbare und kostengünstige Technologien (kurzfristige Denkweise) im Unterschied zu heute noch vergleichsweise teuren Technologien, deren spezifische Kosten sich dem Verlauf der Lernkurven entsprechend noch vermindern und mittel- bis langfristig gesehen daher noch deutlich kostengünstiger werden (können).

#### *c. Lernkurven und Lernraten:*

Lernkurven stellen den Zusammenhang zwischen den spezifischen Kosten einer Technologie (z.B. EUR/MWh bzw. EUR/MW) und ihrer kumulierten installierten Leistung (MW) oder produzierten Energiemenge (MWh) dar. Sie werden zur Abschätzung von Kostensenkungspotentialen verwendet. Die Lernrate gibt, vereinfacht gesagt, die prozentuale Kostenreduktion pro produzierter Einheit bei Verdoppelung der kumulierten Produktionsmenge (bzw. installierten Leistung) an (vgl. Harmon 2000, S.8).

#### *d. Investitionskosten:*

Basierend auf Angaben in unterschiedlichen Literaturquellen wurden für die einzelnen Szenarien plausibel erscheinende Investitionspfade berechnet. Jedoch wurden nur für die Photovoltaikanlagen und Anlagen zur Umwandlung von biogenen Brenn- und Treibstoffen Investitionskostenpfade bestimmt, da aufgrund der unterstellten erheblichen Kapazitätswachse umfangreiche Investitionen notwendig sind. Die zur Berechnung notwendigen

Angaben über Investitionskosten, Nutzungsdauer der Anlagen und Lernkurven wurden der Literatur entnommen (vgl. Tabelle 3).

*e. Kapazität bzw. Ausbaupotentiale:*

Die angenommenen Kapazitäten bis 2020 geben realisierbare wirtschaftliche Potentiale an, die ökologische Restriktionen und konkurrierende Nutzungsformen mit berücksichtigen. Das wirtschaftliche Potentiale weicht somit vom theoretisch nutzbaren Potential ab, das aufgrund von technischen, ökologischen, strukturellen und administrativen Schranken nur teilweise erschlossen werden kann (Kaltschmitt und Neubarth, 2000, S.22).

*f. Erzeugungspreise:*

Die Preise bzw. Kosten der Energieerzeugung hängen von den Investitionskosten und den damit verbundenen Abschreibungen, den Kosten für den laufenden Betrieb (Wartung, Reparatur usw.) und den Preisen der eingesetzten Energieressourcen ab. Technischer Fortschritt, regulatorische Gegebenheiten (z.B. Einspeisevergütungen) und angebots- und nachfrageseitige Marktverhältnisse üben einen großen Einfluss auf die erzielbaren Erzeugungspreise aus. Die Preise der fossilen Brennstoffe wurden in allen drei Szenarien gegenüber dem BAU-Szenario nicht verändert.

Im Energiemodell von „e3.at“ werden auf Basis von Szenariovorgaben und Lernkurven die Entwicklungen der Preise bestimmt. Die Vorgaben für die Fortschreibung der Preise der Energieträger sind diversen Studien entnommen.

**Tabelle 4: Quellennachweis**

Nr.	Quelle
Q 1	Fechner, H. & Lugmaier, A. (2007): Technologie Roadmap für Photovoltaik in Österreich. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 28/2007, BMVIT, Wien.
Q 2	Resch, G., Faber, T., Haas, R., Ragwitz, M., Held, A., Konstantinaviciute, I. (2006): Report (D4) of the IEE project OPTRES: Assessment and optimization of renewable support schemes in the European electricity market. Potentials and costs for renewable electricity in Europe – The Green-X database on dynamic cost-resource curves, Wien.
Q 3	Resch, G., Auer, H., Stadler, M., Huber, C., Nielsen, L., Twidell, J., Swider, D. (2003): Report of the project “Pushing A Least Cost Integration Of Green Electricity Into The European Grid Green Net”. Dynamics and basic interaction of RES-E with the grid, switchable loads and storage. Workpackage 1, Wien.
Q 4	Kratena, K. (2005): Volkswirtschaftliche Auswirkungen unterschiedlicher Maßnahmenensetzungen im Hinblick auf die Erreichung des Kyoto-Ziels. Unveröffentlicht.
Q 5	Energy Agency (2004): Energieeffizienz und Erneuerbare 2010. Endbericht, Wien.
Q 6	Moidl, S. (2003): Ökologische Leitlinien für den Ausbau von Ökostromanlagen in Österreich. Präsentation 8. September 2003.
Q 7	E-Control (2006): Bericht über die Ökostrom-Entwicklung und fossile Kraft-Wärme-Kopplung in Österreich gemäß § 25 Abs 1 Ökostromgesetz, Wien.
Q 8	Fritsche et al. (2004): Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Endbericht.
Q 9	Kranzl, L. & Stadler, M. (2006): Eckpunkte für die Entwicklung und Einführung budgetunabhängiger Instrumente zur Marktdurchdringung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt. Endbericht, Ausarbeitung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

---

Q 10 Energy Agency (2006): Vorstudie für einen nationalen Biomasseaktionsplan für Österreich.

---

Q 11 E-Bridge (2005): Studie über KWK-Potentiale in Österreich. Endbericht.

---

Q 12 Haas, R., Biermayr, P., Kranzl, L. (2006): Technologien zur Nutzung Erneuerbarer Energieträger – wirtschaftliche Bedeutung für Österreich. Endbericht, Wien.

---

Q 13 BMLFUW (2006): Nationaler Biomasseaktionsplan für Österreich. Begutachtungsentwurf, Wien.

---

Q 14 Biermayr, P., Cremer, C., Faber, T., Kranzl, L., Ragwitz, M., Resch, G., Toro, F. (2007): Bestimmung der Potentiale und Ausarbeitung von Strategien zur verstärkten Nutzung von erneuerbaren Energien in Luxemburg. Endbericht, Karlsruhe.

---

Q 15 Heinz, A. & Ising, M. (2004): Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Präsentation am 4. Mai 2004 in Berlin.

---

Q 16 Auskunft von Martina Prechtl: Kleinwasserkraft Österreich

---

Hinweis: Die angegebenen Quellennummern sind im Zusammenhang mit den Tabellen zur Parametrisierung der einzelnen Szenarien von Bedeutung: Durch die Nummerierung kann nachvollzogen werden, welchen Quellen die Annahmen entnommen wurden.

### Zielparameter

Die Charakterisierung der Zielparameter leitet sich größtenteils aus den Vorgaben zu den Inputparametern ab. Folgende Größen werden in Bezug auf die Projektfragestellung als relevant erachtet:

#### *g. Versorgungsstruktur*

Die Unterscheidung von zentralen und dezentralen Energiesystemen spielt in den vorgeschlagenen Szenarien eine besondere Rolle. In diesem Zusammenhang wurde die Definition der Versorgungsstruktur über die folgenden drei Aspekte vorgenommen: (a) die Kapazität der Technologien, (b) die Entscheidungsebene und (c) die Eigentümerstruktur. Die folgende Tabelle fasst die Unterscheidungsmerkmale zusammen.

**Tabelle 5: Aspekte der Versorgungsstruktur**

	Zentrale Produktionsstruktur	Dezentrale Produktionsstruktur
(a) Kapazität der Technologien	Kapazität > 100 kW <sup>5</sup>	Kapazität ≤ 100 kW
(b) Entscheidungsebene	Nationale Ebene	Regionale und kommunale oder Haushalts-Ebene
(c) Eigentümerstruktur	Im Besitz des Staates oder großer, wirtschaftlicher Konzerne	Im Besitz von Privatpersonen, Gemeinden oder (lokaler/regionaler) Genossenschaften

Diese Definition geht damit über eine rein technologische Erklärung hinaus. Aus technologischer Sicht können dezentrale Erzeugungstechnologien für Strombereitstellung durch folgende Kriterien charakterisiert werden (vgl. E-Control, 2005; Madlener und Wohlgemuth, 1999):

---

<sup>5</sup> Die genaue Kapazitätstrennlinie zwischen definitorisch zentralen und dezentralen Produktionsstrukturen wurde variiert hinsichtlich des speziellen Technologietypus und ist hier nur exemplarisch für Biomasse Wärmeproduktion angegeben.

- Kleine Baugrößen bzw. Leistungsklassen verfügbar
- Kein oder kurzer Transportweg: Die eingesetzten Primärenergieträger sind entweder direkt vor Ort verfügbar (Wind, Wasser, Sonne, Geothermie) oder der Brennstoff wird dezentral produziert (z.B. Biogas)
- Wärmeauskopplungsfähigkeit: Durch den verbrauchernahen Einsatz dieser Technologien kann bei thermischen Umwandlungsverfahren (Verbrennung) die durch Kraft-Wärme-Kopplung entstandene Wärme meist vor Ort genutzt werden.

Die Wärmebereitstellung beruht auf einer grundsätzlich anderen Verteilungslogik und ist an und für sich ein „dezentrales“ Gut. Nichts desto trotz kann auch hier in Bezug auf die kombinierte Definition der Versorgungsstruktur (Kapazität, Entscheidungsebene und Eigentumsstruktur) eine Unterscheidung in zentrale und dezentrale Wärmesysteme gemacht werden.

#### *h. Versorgungssicherheit*

Versorgungssicherheit soll gewährleisten, dass die Verbraucher fortlaufend und in ausreichender Menge mit Energie und Elektrizität versorgt werden, deren Preise transparent und im vertretbaren Rahmen sind. Dabei ist es wichtig, die Ausgewogenheit und Diversifizierung der verschiedenen Energiequellen (nach Energieträgern und geographischen Zonen) zu berücksichtigen (vgl. Europäische Union, 2001). Die Versorgungssicherheit steht auch in engem Zusammenhang mit einer Verringerung der Abhängigkeit von Energieimporten.

#### *i. Verhältnis zwischen Strom- und Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energieträgern*

Durch diese Unterscheidung wird es möglich, den Mix von Wärme- und Stromerzeugungstechnologien zu variieren, wobei sich das Verhältnis auf die Veränderung der Wärme- und Stromproduktion zwischen 2005 und 2020 bezieht. Diese Differenzierung erlaubt es, die unterschiedlichen Charakteristika von Wärme- und Strommarkt zu adressieren. Für die Stromproduktion aus erneuerbaren Energieträgern eignen sich vor allem Kleinwasserkraftwerke, Windkraft- und Photovoltaikanlagen. Die Wärmeproduktion erfolgt vorwiegend über Biomasse-Einzelanlagen, Biomasse-Nahwärmeanlagen und solar-thermische Kollektoren. Eine wichtige Rolle spielen auch Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWKs) auf Basis von fester Biomasse (i.W. Holz) und gasförmiger Biomasse (Biogas, Deponiegas, Klärgas) sowie auf Basis von Geothermie. Die Nachfrageentwicklung für Wärme und Strom ist in diesem Zusammenhang ebenfalls zu berücksichtigen.

#### *j. Zuwachs an erneuerbarer Energie bis 2020*

Über diesen Parameter soll ausgedrückt werden, wie hoch der Anteil der einzelnen erneuerbaren Energieformen im Jahr 2020 im Vergleich zu heute sein wird. Die Entwicklung hängt entscheidend vom erschließbaren Potential, aber auch von wirtschaftlichen Kriterien ab.

#### *k. CO<sub>2</sub>-Reduktionsbeitrag bis 2020*

Dieser Parameter gibt an, wie hoch die Einsparung an CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2020 relativ zum BAU-Szenario ausfällt, wenn erneuerbare Energie in mehr oder weniger starkem Ausmaß fossile Energieträger ersetzt. Grundsätzlich sind erneuerbare Energieträger CO<sub>2</sub>-neutral. Im

Fall der Biomasse gilt dies, solange der der Natur entnommene Vorrat wieder in dem Maße nachwächst und CO<sub>2</sub> bindet wie bei der Verbrennung dieser Biomasse freigesetzt wird. Treibhausgas- und Schadstoffemissionen, die bei der Produktion oder dem Transport von Anlagen oder Brennstoffen (Biomasse) entstehen, bleiben bei dieser Betrachtung allerdings unberücksichtigt<sup>6</sup>. Eine Lebenszyklus-Betrachtung, die sowohl die Nutzung als auch die Produktion der Technologie mit einschließt, ist für die Beurteilung daher entscheidend. Eine absolute Reduktion der Emissionen kann jedoch nur erreicht werden, wenn die Einsparungseffekte aus erneuerbaren Energie nicht durch den Zuwachs der Energienachfrage überkompensiert werden.

#### *l. Energieeffizienz*

Um bei gegebenen Mengen an Primärenergieträgern einen maximalen Energieoutput zu erzielen, müssen die eingesetzten Primärenergieträger bestmöglich genutzt werden. Die Effizienz der Energieerzeugung hängt von den eingesetzten Brennstoffen, der Anlagen- und Prozesstechnik sowie vom Standort der Energieerzeugungsanlagen (z.B. mögliche Wärmeauskopplung) ab. Effizienzsteigerungen bei der Energieübertragung dürfen nicht isoliert betrachtet werden, sondern müssen auch andere Faktoren (z.B. zentrale/dezentrale Energieerzeugung) mit berücksichtigen.

#### *m. Materialverbrauch*

Neben der Energieeffizienz ist auch der effiziente Einsatz von stofflichen Ressourcen bei der Bereitstellung der Energie entscheidend. Dabei soll Material entlang der gesamten Produktionskette (vom Bau der Anlagen über die Produktion bis hin zur Nutzung der erneuerbaren Energien) sparsamer und effizienter eingesetzt werden, wodurch auch weniger Emissionen und Abfälle entstehen. Ziel ist es, eine absolute Reduktion des Materialverbrauchs (Dematerialisierung) zu unterstützen, da ein höherer Ressourcen- bzw. Materialverbrauch im Allgemeinen auch mit einer höheren Umweltbelastung verbunden ist.

#### *n. Flächenbedarf, Landschaftsverbrauch*

Unter diesem Parameter verstehen wir die Flächennutzung für die Energiegewinnung, -umwandlung und -verteilung der unterschiedlichen erneuerbaren Energietechnologien. Hier gilt es auch, Flächenversiegelungen und -modifikationen, wodurch andere Nutzungen ausgeschlossen bzw. eingeschränkt werden, qualitativ zu diskutieren.

#### *o. Technologieexport und -führerschaft*

Mit dem erhöhten Einsatz von erneuerbaren Energieträgern können auch erhebliche Chancen für den Export von Technologien und Know-how verbunden sein, die sich positiv auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit auswirken können.

#### *p. Politische Umsetzbarkeit*

Unter diesem Parameter werden die Chancen bzw. die Hemmnisse im Hinblick auf die

---

<sup>6</sup> CO<sub>2</sub>-Emissionen können aber bei der Produktion der Energieversorgungsanlagen (Herstellungsprozesse und eingesetzte Materialien) selbst und der Bereitstellung der Endenergieträger (z.B. Biomassebereitstellung) entstehen. Sie können auch durch die benötigten (nicht erneuerbaren) Hilfs-Betriebsenergien der Anlagen (Elektromotore von Kessel, Steuer- und Regelungstechnik, Kompressoren, Pumpen, usw.) entstehen (Haas et al., 2006).

politische Umsetzung einer forcierten Nutzung der einzelnen erneuerbaren Energiequellen diskutiert. Hier soll qualitativ reflektiert werden, in welchem Ausmaß politischer Aufwand für eine spezifische Umstellung des Energiesystems notwendig ist. Die Notwendigkeit an institutionellem Wandel wäre z.B. hier eine relevante Größe.

#### *q. Begleitende politische Maßnahme*

Als politische Maßnahme wird in den Szenarien angenommen, dass der österreichische Staat bereit ist, in Form von Bürgschaften die Ausfallrisiken der Unternehmen wenigstens zum Teil mit zu tragen. Diese Unterstützung ist vor allem bei jenen Technologien wichtig, die mit hohen Investitionskosten verbunden sind, da die Auswirkungen von Fehlinvestitionen selbst für große Versorgungsunternehmen erheblich sein können. Es wird daher implizit unterstellt, dass der Staat die Hälfte der Investitionsvolumina mit Bürgschaften sichert. Um die Bürgschaften zu finanzieren, wird in der Modellsimulation angenommen, dass die Einkommensteuer erhöht wird. Ein Vorteil dieser Finanzierung ist, dass sie sich positiv auf die Verteilungsgerechtigkeit auswirkt: Private Haushalte mit höheren Einkommen zahlen aufgrund der Steuerprogression mehr Einkommens- bzw. Lohnsteuer, ihre anteilmäßigen Ausgaben für Energie fallen aber eher unterdurchschnittlich aus. Umgekehrtes gilt für private Haushalte mit geringem Einkommen.

Durch die Beschreibung der Szenarien anhand der angeführten Parameter können umfassende „storylines“ (siehe Kap.4.3) erzählt werden, die über eine reine quantitative Darstellung hinausgehen.

### **4.2.3 Kriterien der Szenarioerstellung**

Nach dem Festsetzen der charakterisierenden Parameter wurden die Szenarien schließlich unter drei Nebenbedingungen (Kriterien) kreiert:

- (1) Zum einen sollten die Charakteristika der Szenarien bei der Konstruktion eingehalten werden.
- (2) Ferner sollte gewährleistet sein, dass die Einstellungen z.B. für Kapazitätsveränderungen im Bereich des Möglichen liegen. Wie bereits angeführt, orientiert sich der Kapazitätsausbau an den realisierbaren wirtschaftlichen Potentialen, welche daher neben den ökonomischen Aspekten der Realisierbarkeit ökologische Restriktionen und konkurrierende Nutzungsformen bereits mit berücksichtigen.
- (3) Schließlich sollten die Vorgaben für die Szenarien relevante Einsparungen an CO<sub>2</sub>-Emissionen erreichen.

Das partizipative Vorgehen bei der Erstellung der Szenarien gliedert sich dementsprechend in folgende Schritte: Ausgehend von den Erfahrungen aus der Entwicklung der ARTEMIS-Szenarien erstellte das Projektteam zunächst eine erste Abschätzung über die Entwicklung der einzelnen Parameter und fasste die Ergebnisse in einer Matrix (vgl. Tabelle 15) zusammen. Diese Matrix wurde mit den Stakeholdern diskutiert und darauf aufbauend die erste Einschätzung überarbeitet. Eine umfangreiche Literaturrecherche ermöglichte im Anschluss daran die Ausgestaltung der einzelnen Steuerungsvariablen mit quantitativen

Vorgaben, wodurch die Implementierung der Szenarien im Modell und deren Simulation möglich wurde. Die Modell-Ergebnisse der Szenarien wurden danach im Hinblick auf die gestellten Kriterien voruntersucht und anschließend dem Kreis der Stakeholder vorgestellt, wobei bereits auf Stärken und Schwächen der Szenarien hingewiesen wurde. Als Ergebnis dieses Diskurses kam es zur Anpassung der Szenarien und auch zu einer Adjustierung einzelner Parameter bzw. Parameterwerte. In einem letzten Schritt wurde das Kriterium „CO<sub>2</sub>-Emissionen“ herangezogen und die Szenarien vor diesem Hintergrund nachgebessert.

Damit gestaltete sich der gesamte Erstellungsprozess als Zusammenspiel von Stakeholdern und ExpertInnen, Projektteam und Modell.

### **4.3 Beschreibung der Szenarien**

Im Folgenden werden die drei Szenarien anhand der in Kapitel 4.2.2 vorgestellten Parameter charakterisiert. Hier ist zu berücksichtigen, dass nicht alle Aspekte, die in den Szenarien aufgeworfen und diskutiert werden, auch tatsächlich mit dem Modell quantifiziert werden können, wodurch die Szenarien an einigen Stellen ergänzende qualitative Beschreibungen enthalten, die nicht modelliert werden. Bei der Darstellung der Szenarien wird zunächst immer das dahinterstehende Leitbild erläutert, um die Intention des Szenarios zu vermitteln. Danach wird die Ausgestaltung der Inputparameter beschrieben, die für die Implementierung der Szenarien im Modell notwendig sind. Abschließend wird die Einschätzung der Zielparameter (Ergebnisgrößen) diskutiert. Somit besteht jedes Szenario aus der „Geschichte“ (storyline, narrative) und quantitativen Modellierungen (vgl. Kapitel 6). Die „storylines“ stellen aber nicht nur den Hintergrund dar, vor dem die Simulationsergebnisse interpretiert werden, sie können auch genutzt werden, um nicht quantifizierbare Teile qualitativ zu integrieren.

Bevor die drei Szenarien detailliert betrachtet werden, werden zunächst die Annahmen, die dem Basisszenario zu Grunde liegen, dargestellt.

#### **4.3.1 Darstellung des Business As Usual (BAU) Szenarios**

Das Business As Usual (BAU) Szenario beschreibt die wahrscheinliche zukünftige Entwicklung unter der Voraussetzung, dass abgesehen von bereits beschlossenen (politischen) Maßnahmen keine explizite Förderung von erneuerbarer Energie erfolgt. Das bedeutet, dass der Status quo auf Grundlage der Verhaltensparameter der Vergangenheit fortgeschrieben wird. Der Basislauf dient damit als „Referenzszenario“, um die Lücke zwischen dem in einem Szenario definierten Ausbau und der wahrscheinlichen Entwicklung ohne weiteres Handeln abzubilden.

Die Annahmen, die den Inputparametern (Kapazitäten, Lernkurven und Preise) zugrunde liegen, können Tabelle 6 entnommen werden.

**Tabelle 6: Parametrisierung: Basislauf**

Schlüsseltechnologien	BAU - SZENARIO					
	Kapazität			Preise (inklusive Lernkurven)		
	in [TJ] 2005	in [TJ] 2020	Vorgaben (Quellen)	in [jw]. Einheiten] 2005	in [jw]. Einheiten] 2020	Vorgaben (Quellen)
Wasserkraft (Kraftwerke)	129.150	137.028	bis 2020 +6,1%; Kleinwasserkraft + 178%, Großwasserkraft konstant (Q1)	0,05 €/kwh	0,05 €/kwh	ab 2008 konstant
Photovoltaik (Kraftwerke)	51	1.372	Annahme: alle 5 Jahre Verdreifachung	65,14 Cent/kwh	37,54 Cent/kwh	Annahme: alle 4 Jahre weltweite Verdopplung der Kapazität; Lernrate bis 2010 20%, ab 2011 12% (Q2)
Wind (Kraftwerke)	4.781	12.331	bis 2020 + 258% (Q3)	7,75 Cent/kwh	7,13 Cent/kwh	bis 2020 Lernrate 9,5% (Q2)
Brennbare Abfälle (Kraftwerke)	3.634	12.718	bis 2010 +123% danach extrapoliert (Q7)	10,69 Cent/kwh	12,64 Cent/kwh	ab 2008 konstant
biogene Brenn-, Treibstoffe (ohne Pellets und Holzabfälle) (Kraftwerke)	10.879	13.525	keine Vorgaben	11,27 Cent/kwh	11,67 Cent/kwh	Lernrate bis 2010 12,5%, ab 2011 10% (Q2)
Pellets und Holzabfälle (Kraftwerke)	529	1.057	Annahme: Verdopplung bis 2020	3,26 Cent/kwh	5,01 Cent/kwh	an Erdölpreis gekoppelt
<b>Summe (Kraftwerke)</b>	<b>149.024</b>	<b>178.030</b>				
Brennbare Abfälle (KWK)	4.085	6.384	keine Vorgaben	10,69 Cent/kwh	12,64 Cent/kwh	ab 2008 konstant
biogene Brenn- und Treibstoffe (ohne Pellets, Holzabfälle) (KWK)	12.325	19.398	keine Vorgaben	11,27 Cent/kwh	11,39 Cent/kwh	Lernrate bis 2010 12,5%, ab 2011 10% (Q2)
Pellets, Holzabfälle (KWK)	1.000	1.568	keine Vorgaben	3,26 Cent/kwh	5,01 Cent/kwh	an Erdölpreis gekoppelt
<b>Summe (KWK)</b>	<b>17.390</b>	<b>27.350</b>				
Geothermie (Heizwerke)	582	868	keine Vorgaben	8,15 Cent/kwh	8,78 Cent/kwh	ab 2008 konstant
Brennbare Abfälle (Heizwerke)	1.976	3.048	keine Vorgaben	10,69 Cent/kwh	12,64 Cent/kwh	ab 2008 konstant
biogene Brenn- und Treibstoffe (ohne Pellets, Holzabfälle) (Heizwerke)	236	365	keine Vorgaben	11,27 Cent/kwh	11,41 Cent/kwh	Lernrate bis 2010 12,5%, ab 2011 10% (Q2)
Pellets (Heizwerke)	10.182	13.614	bis 2010 +23%, bis 2020 +34% (Q13)	3,26 Cent/kwh	5,01 Cent/kwh	an Erdölpreis gekoppelt
<b>Summe (Heizwerke)</b>	<b>12.956</b>	<b>17.893</b>				
Solarthermie (private Haushalte)	2.285	4.821	Annahme: bis 2020 +210%	8,16 Cent/kwh	8,28 Cent/kwh	Annahme: Lernrate wie bei Geothermie
Brennholz (private Haushalte)	59.532	59.532	ab 2008 konstant	37,05 €/RMM	56,98 €/RMM	an Erdölpreis gekoppelt
Pellets, Holzabfälle (private Haushalte)	6.603	14.079	keine Vorgaben	3,26 Cent/kwh	5,01 Cent/kwh	an Erdölpreis gekoppelt
Wärmepumpen (private Haushalte)	688	1.214	bis 2010 +71% (Q5)	8,15 Cent/kwh	8,78 Cent/kwh	Annahme: analog zu Erdwärme preis
<b>Summe (private Haushalte)</b>	<b>69.108</b>	<b>79.647</b>				
<b>Summe (insgesamt)</b>	<b>248.478</b>	<b>302.919</b>				

in Klammern Quellenangabe (vgl. Tabelle "Quellennachweis")

Auch das Referenzszenario ist mit einer Erhöhung der erneuerbaren Energie verbunden, die jedoch wesentlich moderater ausfällt als jene in den EE-Szenarien. Dieser Ausbau ist jedoch nicht in der Lage, den Anteil an regenerativer Energie am gesamten Energieverbrauch zu erhöhen, da gleichzeitig auch der Energieverbrauch erheblich gesteigert wird (siehe Tabelle 7). Die unterstellten moderaten Erhöhungen der Energieeffizienz sind nicht in der Lage, diesem Trend entgegenzuwirken.

**Tabelle 7: Ausmaß an erneuerbarer Energie in TJ und Anteil in %**

<b>BAU</b>	<b>2005 TJ</b>	<b>2020 TJ</b>	<b>2005 %</b>	<b>2020 %</b>
<i>Energetischer Endverbrauch</i>	1.105.190	1.448.683		
<i>Transportverluste, Eigenverbrauch Energieunternehmen</i>	62	62		
<i>Umwandlungseinsatz</i>				
Wasser	129.150	137.028	11,69	9,46
Photovoltaik	51	1.364	0,00	0,09
Wind	4.781	12.331	0,43	0,85
<i>Energetischer Endverbrauch</i>				
Erdwärme	259	351	0,02	0,02
Sonnenwärme	3.816	6.895	0,35	0,48
Energie aus Wärmepumpen	4.976	7.125	0,45	0,49
Brennholz	64.737	66.439	5,86	4,59
Brennbare Abfälle	10.615	13.957	0,96	0,96
biogenen Brenn- und Treibstoffe	16.139	20.500	1,46	1,42
Pellets, Holzabfälle	25.954	40.232	2,35	2,78
<i>Erneuerbare Energie gesamt</i>	260.477	306.222	<b>23,57</b>	<b>21,14</b>

Quelle: eigene Berechnungen.

Damit geht auch ein absoluter Anstieg an CO<sub>2</sub>-Emissionen einher, der belegt, dass ohne weiteres Handeln das Erreichen des österreichischen Kyoto-Ziels (Reduktion der Treibhausgasemissionen um 13 % bis 2008-2012 im Vergleich zum Basisjahr 1990) keineswegs möglich ist.

#### **4.3.2 Szenario 1: „Stärken ausbauen“**

##### **4.3.2.1 Leitbild**

Im Mittelpunkt des Szenarios „Stärken ausbauen“ stehen jene Technologien, welche möglichst geringe spezifische Strom- bzw. Wärmegestehungskosten und eine rasche Kapazitätssteigerung erwarten lassen. „Stärken Ausbauen“ setzt daher in erster Linie auf den Ausbau von Wind und (Klein-)Wasserkraft zur Stromerzeugung und Pellets zur Wärmebereitstellung. Bei allen genannten Technologien verfügt Österreich über eine gute technologische Ausgangssituation. Die Versorgungssicherheit betreffend wird angenommen, dass das Szenario die Energieimporte nicht entscheidend reduzieren kann, während in Bezug auf die Versorgungsstruktur von einer insgesamt eher steigenden Zentralität ausgegangen wird. Da das Ausbaupotential von Wasserkraft, Wind und Pellets nicht sehr hoch ist, wäre dieses Szenario ohne eine Einbeziehung der Photovoltaik kaum in der Lage, einen nennenswerten Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erreichen. Zum einen ist der Ausbau von Großwasserkraft kaum vorstellbar und die Auswirkungen selbst einer erheblichen Kapazitätsausweitung der Kleinwasserkraft begrenzt. Auch bei Windenergie dürfte der unbeschränkte Ausbau an begrenzten Flächen guter Windlagen und auch an mangelnder gesellschaftlicher Akzeptanz scheitern. Bei Pellets und Holzabfällen wird von einer Verdopplung der Leistung ausgegangen, einem Ausbau darüberhinaus sind jedoch

aufgrund des hohen Bedarfs nach Holzspänen, der zunehmend in Konkurrenz mit der stofflichen Späneverwertung in der Plattenindustrie gerät, ebenfalls Grenzen gesetzt.

#### **4.3.2.2 Inputparameter**

Das Szenario „Stärken ausbauen“ ist kurzfristig und vorwiegend auf Kosteneffizienz orientiert. Schlüsseltechnologien des Szenarios sind jene mit hoher Marktreife:

- Windkraft,
- Kleinwasserkraft,
- Biomasse Wärme und Biomasse KWK (zentrale Anlagen), befeuert mit Pellets und Holzabfällen.

Zusätzlich wird auch angenommen, dass die Photovoltaik stark ausgebaut (auf beinahe 23.000 TJ) wird, um eine entsprechende CO<sub>2</sub>-Verringerung erreichen zu können.

Zwischen 1980 und 2004 wurden je nach Witterungsbedingungen zwischen rund 60 und 74 % der gesamten österreichischen Stromproduktion aus der Wasserkraft<sup>7</sup>, vorwiegend der Großwasserkraft, gedeckt. Die Großwasserkraftnutzung wird auch in Zukunft eine wesentliche Rolle bei der Energieproduktion aus erneuerbaren Energien spielen, jedoch wird hier allgemein kein hohes zusätzliches Ausbaupotential mehr gesehen<sup>8</sup>. Beschränkungen für den weiteren Ausbau ergeben sich insbesondere aus ökologischen Zielen und Vorgaben, die in EU-Richtlinien vorgegeben sind (z. B. Wasserrahmenrichtlinie, Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie). Die öffentliche Akzeptanz für neue Großwasserkraftanlagen ist zudem gering und auch das technische und wirtschaftliche Potential (wie auch in anderen europäischen Ländern mit namhaften Wasserkraftressourcen) gut ausgeschöpft (Resch et al. 2003, S. 57). Optimistische Potentialabschätzungen gehen von einer Steigerung der Stromerzeugung aus Großwasserkraft bis 2020 von ca. 4 % aus, die auch diesem Szenario zugrunde gelegt werden. Das entspricht einer Zunahme von etwa 5.200 TJ bis 2020 gegenüber 124.711 TJ im Jahr 2005.

Eine wesentliche Rolle spielt in diesem Szenario der Ausbau der Kleinwasserkraft<sup>9</sup>. Derzeit liefert die Kleinwasserkraft von den durch das Ökostromgesetz regulierten erneuerbaren Energieträgern mit rund 4.440 TJ (2005) in Österreich hinter der Windenergie den zweitgrößten Beitrag an elektrischer Energie. Das zusätzlich ausbaufähige Potential (bis 2020) wird auf etwa 7.900 TJ (das entspricht einer Steigerung von 178 %) geschätzt.

---

<sup>7</sup> Siehe [www.eva.ac.at/\(de\)/enz/res-dat\\_strom.htm](http://www.eva.ac.at/(de)/enz/res-dat_strom.htm), abgerufen am 15.01.2008, 10:30 Uhr.

<sup>8</sup> Bereits in Planung befindliche Pumpwasserkraftwerke wurden nicht in die Szenarien einbezogen, da wir sie im strengen Sinn nicht als Stromproduktion/-erzeugung sondern „Stromveredelung“ verstehen. Dies wird natürlich auch in Zukunft eine wichtige ökonomische und logistische Rolle, auch im Zusammenhang mit erneuerbaren Energieträgern, spielen.

<sup>9</sup> Die Unterscheidung der Stromerzeugung aus Groß- bzw. Kleinwasserkraftwerken erfolgt im Modell anhand der Aufteilung in der Energiebilanz nach Unternehmen mit Eigenanlage (UEA) und Energieversorgungsunternehmen (EVU).

Bei Windenergie wird eine Vergrößerung des Potentials von derzeit 4.780 TJ auf über 22.200 TJ – also beinahe eine Verfünffachung – unterstellt. Speziell bei der Windenergie steigen mit zunehmendem technologischem Know-how die Potentiale, da zunehmend mehr Flächen zur Windproduktion herangezogen werden können, die installierbare Leistung pro Grundfläche mit ansteigender Anlagengröße zunimmt und die Volllaststunden mit steigender Turmhöhe ebenfalls ansteigen (Haas et al., 2007).

Im Wärme- und Kraft-Wärmebereich wird der Ausbau von Anlagen zur Nutzung von Pellets und Holzabfällen stärker forciert als in den anderen Szenarien. Bei KWK-Anlagen beläuft sich die Erhöhung auf 3.000 TJ zwischen 2005 und 2020 und bei Wärmeanlagen verdoppelt sich die Kapazität (Anstieg um 7.500 TJ zwischen 2005 und 2020). Ein Ausbau, der über dieses Niveau hinausgeht, ist aufgrund der zunehmenden Konkurrenz mit der stofflichen Späneverwertung in der Plattenindustrie eher unwahrscheinlich (Nemestothy, 2006). Der limitierende Faktor ist in diesem Bereich somit der Rohstoff, nicht der Anlagenbau.

Bezüglich der Erzeugungspreise ist Szenario 1 im Vergleich zu den anderen beiden Szenarien als günstig einzustufen, zumindest in der Anfangsphase. Aufgrund der in letzter Zeit stark gestiegenen Öl- und Gaspreise können die Kleinwasserkraft und gewisse Arten von Biomasseanlagen durchaus mit solchen auf Basis fossiler Energieträger konkurrieren. Nicht zuletzt aufgrund der Ökostromförderung weist auch Windkraft mittlerweile verhältnismäßig geringe Investitions- und Betriebskosten auf, und die Kosten der Solarthermie stellen – zumindest im Bereich der dezentralen Warmwasseraufbereitung – kein großes Hemmnis mehr dar.

Die Preisentwicklung bis 2020 wird bei der Wasserkraft als konstant angenommen und beträgt 0,05 EUR/kWh. Zwar wird davon ausgegangen, dass durch die Forcierung der Kleinwasserkraft der Preis steigt<sup>10</sup>, da aber der Anteil der Kleinwasserkraft an der Wasserkraft insgesamt nur unwesentlich zunimmt, sind diese Preiswirkungen zu vernachlässigen.

Für die Windenergie verringern sich die Preise bei einer angenommenen Lernrate von 9,5 % bis 2020 von derzeit 7,75 auf 6,73 Cent je kWh. Die Preise für Pellets und Holzabfälle erhöhen sich annahmegemäß von 3,26 Cent/kWh im Jahr 2005 auf 5,01 Cent/kWh in 2020. In den letzten Jahren war der Pelletspreis stark von Angebotsüberschüssen bzw. –knappheiten und Erwartungen geprägt und – mangels eines ausgereiften Marktes mit internationalem Handel und Preisbildung – durchaus starken Schwankungen unterworfen. In den nächsten Jahren ist jedoch aufgrund der zu erwartenden zunehmenden Knappheit kostengünstiger lokaler Ressourcen (Verfügbarkeit von Sägespänen) eine Erhöhung des Preises wahrscheinlich. Dabei erscheint die angenommene Kopplung an den Erdölpreis insofern gerechtfertigt, als auch in den Indexklauseln der Lieferverträge von Pelletskesseln häufig eine Kopplung an den Erdölpreis vorgesehen ist. Tabelle 8 fasst die Einstellungen für die einzelnen Inputgrößen zusammen.

---

<sup>10</sup> Laut Auskunft von Martina Prechtl, Geschäftsführerin des Kleinwasserkraftverbandes Österreich.

**Tabelle 8: Parametrisierung: Szenario „Stärken ausbauen“**

Schlüsseltechnologien	"Stärken ausbauen"					
	Kapazität			Preise (inklusive Lernkurven)		
	in [TJ] 2005	in [TJ] 2020	Vorgaben (Quellen)	in [jw. Einheiten] 2005	in [jw. Einheiten] 2020	Vorgaben (Quellen)
Wasserkraft (Kraftwerke)	129.150	142.194	bis 2020 +10,1%; da von Kleinwasserkraft+17,8% (Q16), Großwasserkraft+4,2% (Q1)	0,05 €/kWh	0,05 €/kWh	ab 2006 konstant
Photovoltaik (Kraftwerke)	51	22.810	bis 2020 +46.000% (Q3)	65,14 Cent/kWh	37,54 Cent/kWh	Annahme: alle 4 Jahre weltweite Verdopplung der Kapazität; Lernrate bis 2010 20%, ab 2011 12% (Q2)
Wind (Kraftwerke)	4.781	22.235	bis 2020 +465% (Q6)	7,75 Cent/kWh	6,73 Cent/kWh	bis 2020 Lernrate 9,5% (Q2)
Brennbare Abfälle (Kraftwerke)	3.634	12.718	bis 2010 +123% danach extrapoliert (Q7)	10,69 Cent/kWh	12,64 Cent/kWh	ab 2006 konstant
biogene Brenn-, Treibstoffe (ohne Pellets und Holzabfälle) (Kraftwerke)	10.879	13.525	keine Vorgaben	11,27 Cent/kWh	11,67 Cent/kWh	Lernrate bis 2010 12,5%, ab 2011 10% (Q2)
Pellets und Holzabfälle (Kraftwerke)	529	1.057	Annahme: Verdopplung bis 2020	3,26 Cent/kWh	5,01 Cent/kWh	an Erdölpreis gekoppelt
<b>Summe (Kraftwerke)</b>	<b>149.024</b>	<b>214.538</b>				
Brennbare Abfälle (KWK)	4.065	6.384	keine Vorgaben	10,69 Cent/kWh	12,64 Cent/kWh	ab 2006 konstant
biogene Brenn- und Treibstoffe (ohne Pellets, Holzabfälle) (KWK)	12.325	19.398	keine Vorgaben	11,27 Cent/kWh	11,39 Cent/kWh	Lernrate bis 2010 12,5%, ab 2011 10% (Q2)
Pellets, Holzabfälle (KWK)	1.000	3.998	bis 2020 +297% (Q11)	3,26 Cent/kWh	5,01 Cent/kWh	an Erdölpreis gekoppelt
<b>Summe (KWK)</b>	<b>17.390</b>	<b>29.780</b>				
Geothermie (Heizwerke)	582	967	keine Vorgaben	8,15 Cent/kWh	8,76 Cent/kWh	ab 2006 konstant
Brennbare Abfälle (Heizwerke)	1.976	3.048	keine Vorgaben	10,69 Cent/kWh	12,64 Cent/kWh	ab 2006 konstant
biogene Brenn- und Treibstoffe (ohne Pellets, Holzabfälle) (Heizwerke)	236	365	keine Vorgaben	11,27 Cent/kWh	11,41 Cent/kWh	Lernrate bis 2010 12,5%, ab 2011 10% (Q2)
Pellets (Heizwerke)	10.182	16.699	bis 2010 +46%, bis 2020 +84% (Q13)	3,26 Cent/kWh	5,01 Cent/kWh	an Erdölpreis gekoppelt
<b>Summe (Heizwerke)</b>	<b>12.956</b>	<b>20.979</b>				
Solarthermie (private Haushalte)	2.285	4.821	Annahme: bis 2020 +210%	8,15 Cent/kWh	8,28 Cent/kWh	Annahme: Lernrate wie bei Geothermie
Brennholz (private Haushalte)	59.532	59.532	ab 2006 konstant	37,05 €/RMM	56,98 €/RMM	an Erdölpreis gekoppelt
Pellets, Holzabfälle (private Haushalte)	6.603	14.079	keine Vorgaben	3,26 Cent/kWh	5,01 Cent/kWh	an Erdölpreis gekoppelt
Wärmepumpen (private Haushalte)	688	1.214	bis 2010 +71% (Q5)	8,15 Cent/kWh	8,76 Cent/kWh	Annahme: analog zu Erdwärmepreis
<b>Summe (private Haushalte)</b>	<b>69.108</b>	<b>79.647</b>				
<b>Summe (insgesamt)</b>	<b>248.478</b>	<b>344.943</b>				

in Klammern Quellenangabe (vgl. Tabelle "Quellennachweis")

#### 4.3.2.3 Zielparameter

Bezüglich des Verhältnisses von Strom zu Wärme liegt der Fokus auf der Strombereitstellung (Strom zu Wärme im Verhältnis 3:1). Wärme wird hauptsächlich über Biomasse-Nah- und Fernwärme- und KWK-Anlagen bereitgestellt. Strom wird überwiegend über Kleinwasserkraft, Windkraft und Photovoltaik, aber auch über die KWK-Anlagen produziert.

Bis dato ist die Stromversorgung in Österreich vorwiegend durch zentrale Produktionseinheiten sichergestellt, deren erzeugte Elektrizität über Übertragungs- und Verteilernetze zum Kunden transportiert wird (E-Control, 2005). Durch die Änderung von technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen und der Verfügbarkeit neuer bzw. stark verbesserter Erzeugungstechnologien findet auch die dezentrale Erzeugung zunehmende Verbreitung. Trotzdem ist im Szenario „Stärken ausbauen“ die Strombereitstellung durch die Kleinwasserkraftwerke und die Photovoltaik im Vergleich zum Baseline-Szenario zentral strukturiert. Auch Windkraftwerke sind eher der zentralen Stromerzeugung zuzuordnen, da Windparks vorwiegend im Nord-Osten Österreichs errichtet werden (d.h. nahe an Ballungszentren) und der erzeugte Strom in das 110-kV-Netz und darüber eingespeist wird (E-Control, 2005).

Die Bereitstellung von Wärme ist eher dezentral ausgerichtet, da die Wärmeverluste zentraler Systeme beträchtlich sein können und ein weiteres Ausbaupotential aufgrund der geringen Energiedichte von Biomasse im Vergleich zu fossilen Energieträgern (und einem entsprechend großen Einzugsgebiet bei Großanlagen) vor allem bei dezentralen Biomasse-Anlagen gegeben ist. Zentrale Technologien sind zwar vorhanden, die Versorgung mit Ressourcen kann sich allerdings schwierig gestalten.

Die Versorgungssicherheit wird zwar aufgrund des vielfältigen Energieträger-Mixes unterstützt, die Stromversorgung muss bei mäßigem Wind jedoch mit anderen einheimischen Kraftwerkskapazitäten und Stromimporten gesichert werden, da die Windkraft starken Schwankungen unterliegt und diese nur in sehr beschränktem Ausmaß (d.h. relativ kurzfristig) prognostizierbar sind.

Der Pelletsmarkt ist bereits jetzt internationalisiert. Da Österreich zwar einen hohen Anteil exportiert, aber gleichzeitig auch aus anderen Ländern importiert, wird die Importabhängigkeit nicht so einfach zu reduzieren sein (obwohl die Transportkosten in der Regel einen hohen Anteil an den gesamten Brennstoffkosten aufweisen und diese tendenziell steigen). Trotzdem wird die Versorgungssicherheit in diesem Szenario als relativ gut eingestuft, da die erneuerbaren Energien schon von Beginn an fossile Energieträger, die überwiegend importiert werden müssen, ersetzen.

Der prozentuelle Zuwachs an erneuerbarer Energie bis 2020 wird als vergleichsweise gering eingeschätzt. Die eingesetzten Technologien können zwar sofort umgesetzt werden, ein hoher Zuwachs bis 2020 kann jedoch aufgrund des beschränkten Ausbaupotentials bei Wind und Kleinwasserkraft nicht realisiert werden (siehe Tabelle 9).

**Tabelle 9: Ausmaß an erneuerbarer Energie in TJ und Anteil in %**

STA	2005 TJ	2020 TJ	2005 %	2020 %
<i>Energetischer Endverbrauch</i>	1.105.190	1.451.472		
<i>Transportverluste, Eigenverbrauch Energieunternehmen</i>	62	62		
<i>Umwandlungseinsatz</i>				
Wasser	129.150	142.194	11,69	9,80
Photovoltaik	51	22.670	0,00	1,56
Wind	4.781	22.235	0,43	1,53
<i>Energetischer Endverbrauch</i>				
Erdwärme	259	353	0,02	0,02
Sonnenwärme	3.816	6.904	0,35	0,48
Energie aus Wärmepumpen	4.976	7.161	0,45	0,49
Brennholz	64.737	66.451	5,86	4,58
Brennbare Abfälle	10.615	13.972	0,96	0,96
biogenen Brenn- und Treibstoffe	16.139	20.514	1,46	1,41
Pellets, Holzabfälle	25.954	40.317	2,35	2,78
<i>Erneuerbare Energie gesamt</i>	260.477	342.771	<b>23,57</b>	<b>23,61</b>

Quelle: eigene Berechnungen.

Das Potential zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist zu Beginn der Modellierungsperiode relativ hoch, da die Technologien bereits marktfähig sind und weite Verbreitung finden

können. Es geht jedoch später aufgrund der eingeschränkten Kapazitäten zurück. Die Material- und Energieeffizienz wird als relativ hoch angenommen, da die eingesetzten Technologien bereits gut ausgereift sind.

In Bezug auf den Flächenbedarf ist Szenario 1 mittelmäßig eingestuft. Die flächenintensive Biomassenutzung wird durch relativ flächenarme Technologien (Windkraftanlagen und Kleinwasserkraft) kompensiert.

Dem Export von Technologien kommt entscheidende Bedeutung zu, wobei die bei einigen Technologien bereits errungene Technologieführerschaft gestärkt und weiter ausgebaut werden soll. Im Bereich der Kleinwasserkraft-Technologien verfügt Österreich über umfassendes Know-how bei Planung, Errichtung und Betrieb, das international erfolgreich vermarktet wird; in einigen Segmenten gilt Österreich weltweit sogar als Markt- und Technologieführer (BMVIT, 2002). Ähnliches gilt für Biomasse- und Solarthermie-Anlagen. Komponenten für Windkraftanlagen stammen hingegen größtenteils aus dem Ausland, wodurch die Außenhandelsvorteile verringert werden. Einzelne Firmen sind zwar als Zulieferer tätig (Generatoren, Rotorblätter etc.), es gibt in Österreich jedoch keine Hersteller von Komplettsystemen (Bodenhöfer et al., 2004).

Die Chancen zur politischen Umsetzbarkeit dieses Szenarios werden als relativ hoch eingestuft. Aus der tagespolitischen Diskussion wird deutlich, dass Österreich in den nächsten Jahren verstärkt auf den Export von erneuerbaren Energietechnologien setzen will (siehe auch Diskussion zum Österreichischen Umwelttechnologie-Masterplan).

### **4.3.3 Szenario 2: „Biomassiv“**

#### **4.3.3.1 Leitbild**

Szenario 2 („Biomassiv“) wurde entwickelt, da die Biomasse als Energieträger in Österreich ein wichtiges Thema darstellt und eine umfassende und gleichzeitig nachhaltige Nutzung der verfügbaren Biomassepotentiale auch durchaus wahrscheinlich ist (starke Lobby und Tradition). Es werden jene Technologien am stärksten gefördert, mit denen in der Vergangenheit gute Erfahrungen gemacht wurden bzw. die großes Entwicklungspotential erwarten lassen.

Das Szenario ist darauf ausgelegt, die maximale Biomasse-Nutzung innerhalb kritischer Rahmenbedingungen abzuschätzen. Dabei müssen insbesondere zusätzliche Biomasse-Potentiale (Flächen und Reststoffe), Nutzungskonflikte mit Papier- und Lebensmittelindustrie und der Agrartreibstoffproduktion, sowie der Biomasseimport betrachtet werden. In diesem Szenario wird in erster Linie auf die Nutzung von fester Biomasse und Biogas gesetzt und eine zentralere Versorgung mit Schwerpunkt auf die Wärmebereitstellung angestrebt. Auch hier sind die technologischen Voraussetzungen für eine Umsetzung in Österreich gut. Allerdings ist bei einem starken Ausbau der Kapazität der Biomasse von steigenden Importen von Investitionsgütern auszugehen, weil ein Aufbau entsprechender Produktionskapazitäten in Österreich kurzfristig nicht möglich sein wird.

Im Ergebnis ist eine deutliche Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zum BAU-Szenario zu erwarten, die auch ohne Ausbau der Photovoltaik erzielt worden wäre, was allerdings den Vergleich mit dem Szenario „Stärken Ausbauen“ erschwert hätte. Die CO<sub>2</sub>-Reduktion erkaufte man sich durch vermehrte Importe von Investitionsgütern im Ausland und durch eine Substitution der Importe von fossilen Energieträgern durch biogene Energieträger, die ebenfalls zum Teil importiert werden müssen.

#### **4.3.3.2 Inputparameter**

Schlüsseltechnologien in Szenario 2 sind:

- Biogas (Einspeisung und Verstromung)
- Biomasse KWK,
- Biomasse Wärme,
- Biomasse Strom.

Bezüglich des zeitlichen Horizonts ist das Szenario mittelfristig orientiert. Es werden jene Technologien eingesetzt, die derzeit bereits stark verbreitet sind, jedoch relativ flächenintensiv sind und daher langfristig mit anderen Landnutzungsarten konkurrieren. Außerdem wird die kaskadische Nutzung der Biomasse forciert, welche bei einem möglichst geringen Einsatz an Biomasse den größtmöglichen energetischen und stofflichen Nutzen gewährleisten soll. Dabei stehen eine nachhaltige Maximierung der Anbaufläche und eine weitgehende Ausschöpfung des Ertragspotenzials im Wald - soweit ökonomisch möglich - im Mittelpunkt der Betrachtungen.

Die Preisentwicklung für die in diesem Szenario forcierten Energieressourcen ist als leicht steigend eingestuft, da zwar einige Biomasse-Technologien bereits günstig sind, die Erschließung des gesamten Potentials jedoch hohe zusätzliche Investitionskosten mit sich bringt. Außerdem sind trotz Skalenerträgen und Lerneffekten höhere Preise aufgrund von Ressourcenknappheiten zu erwarten. So wird angenommen, dass sich der Preis von Brennholz von derzeit 37 auf 57 EUR je RMM im Jahr 2020 erhöht. Bei biogenen Brenn- und Treibstoffen wird eine sehr moderate Steigerung der Preise unterstellt.

Bezüglich der Ausbaupotentiale wird angenommen, dass die biogenen Brenn- und Treibstoffe im Bereich der Kraftwerke von derzeit knapp 11.000 auf über 45.000 TJ im Jahr 2020 und im Bereich der Heizwerke von derzeit ca. 240 auf 390 TJ ausgebaut werden. Im Haushaltsbereich erhöht sich der Einsatz von Brennholz von derzeit rund 59.500 auf 65.500 TJ in 2020. Die hier angeführten Annahmen über die Ausbaupotentiale beziehen sich ausschließlich auf die Wärme- und Strombereitstellung, da eine Untersuchung des Verkehrsbereichs nicht Gegenstand des Projektes ist. Es wird aber implizit berücksichtigt, dass auch der EU-weit angepeilte Anteil an Agrarkraftstoffen erhöht werden muss, wiewohl dieser Ausbau nicht explizit modelliert wird. Die angenommenen Ausbaupfade schöpfen daher nicht die maximal verfügbaren Potentiale aus, sondern nehmen auch auf die Nutzungskonkurrenz mit Agrarkraftstoffen Bedacht.

Bezüglich der Investitionskosten wurden folgende Annahmen getroffen:

- (1) Die Einspeisevergütung entwickelt sich entlang der Lernrate.
- (2) Die Installation einer zusätzlichen Kapazität verursacht ein Investitionsvolumen von 3.420 EUR/kW im Jahr 2006. Die Kosten in den Folgejahren reduzieren sich entlang der Lernrate.
- (3) Die Lernrate beträgt bis 2010 12,5 % pro Verdopplung der weltweiten Kapazität an biogenen Brenn- und Treibstoffen und zwischen 2011 bis 2020 10 % pro Verdopplung der Kapazität.
- (4) Es wird angenommen, dass die Kapazität jährlich mit durchschnittlich 10 % wächst.
- (5) Es wird davon ausgegangen, dass die Anlagen permanent (24 Stunden/Tag, 7 Tage/Woche) in Betrieb sind.

Tabelle 10 fasst die Einstellungen für das Szenario „Biomassiv“ zusammen.

**Tabelle 10: Parametrisierung: Szenario „Biomassiv“**

Schlüsseltechnologien	"Biomassiv"					
	Kapazität			Preise (inklusive Lernkurven)		
	in [TJ] 2005	in [TJ] 2020	Vorgaben (Quellen)	in [jw. Einheiten] 2005	in [jw. Einheiten] 2020	Vorgaben (Quellen)
Wasserkraft (Kraftwerke)	129.150	137.028	bis 2020 +6,1%; davon Kleinwasserkraft + 178% (Q16), Großwasserkraft konstant (Q1)	0,05 €/kWh	0,05 €/kWh	ab 2006 konstant
Photovoltaik (Kraftwerke)	51	22.810	bis 2020 + 48.000% (Q3)	65,14 Cent/kWh	37,54 Cent/kWh	Annahme: alle 4 Jahre weltweite Verdopplung der Kapazität, Lernrate bis 2010 20%, ab 2011 12% (Q2)
Wind (Kraftwerke)	4.781	12.331	bis 2020 + 258% (Q3)	7,75 Cent/kWh	7,13 Cent/kWh	bis 2020 Lernrate 9,5% (Q2)
Brennbare Abfälle (Kraftwerke)	3.634	12.718	bis 2010 +123% danach extrapoliert (Q7)	10,69 Cent/kWh	12,64 Cent/kWh	ab 2006 konstant
biogene Brenn- und Treibstoffe (ohne Pellets und Holzabfälle) (Kraftwerke)	10.879	45.445	Annahme: durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von 10%	11,27 Cent/kWh	10,26 Cent/kWh	Lernrate bis 2010 12,5%, ab 2011 10% (Q2)
Pellets und Holzabfälle (Kraftwerke)	529	5.884	bis 2010 +123% danach extrapoliert (Q7)	3,26 Cent/kWh	5,01 Cent/kWh	an Erdölpreis gekoppelt
<b>Summe (Kraftwerke)</b>	<b>149.024</b>	<b>236.195</b>				
Brennbare Abfälle (KWK)	4.065	6.384	keine Vorgaben	10,69 Cent/kWh	12,64 Cent/kWh	ab 2006 konstant
biogene Brenn- und Treibstoffe (ohne Pellets, Holzabfälle) (KWK)	12.325	19.358	keine Vorgaben	11,27 Cent/kWh	11,39 Cent/kWh	Lernrate bis 2010 12,5%, ab 2011 10% (Q2)
Pellets, Holzabfälle (KWK)	1.000	3.998	bis 2020 +297% (Q11)	3,26 Cent/kWh	5,01 Cent/kWh	an Erdölpreis gekoppelt
<b>Summe (KWK)</b>	<b>17.390</b>	<b>29.740</b>				
Geothermie (Heizwerke)	582	887	keine Vorgaben	8,15 Cent/kWh	8,76 Cent/kWh	ab 2006 konstant
Brennbare Abfälle (Heizwerke)	1.976	3.048	keine Vorgaben	10,69 Cent/kWh	12,64 Cent/kWh	ab 2006 konstant
biogene Brenn- und Treibstoffe (ohne Pellets, Holzabfälle) (Heizwerke)	236	388	bis 2010 +46%, bis 2020 +84% (Q13)	11,27 Cent/kWh	11,33 Cent/kWh	Lernrate bis 2010 12,5%, ab 2011 10% (Q2)
Pellets (Heizwerke)	10.182	16.899	bis 2010 +46%, bis 2020 +84% (Q13)	3,26 Cent/kWh	5,01 Cent/kWh	an Erdölpreis gekoppelt
<b>Summe (Heizwerke)</b>	<b>12.956</b>	<b>21.001</b>				
Solarthermie (private Haushalte)	2.265	4.821	Annahme: bis 2020 +210%	8,15 Cent/kWh	8,28 Cent/kWh	Annahme: Lernrate wie bei Geothermie
Brennholz (private Haushalte)	59.532	65.485	Annahme: bis 2020 +10% gegenüber BAU	37,05 €/RMM	56,98 €/RMM	an Erdölpreis gekoppelt
Pellets, Holzabfälle (private Haushalte)	8.803	14.079	keine Vorgaben	3,26 Cent/kWh	5,01 Cent/kWh	an Erdölpreis gekoppelt
Wärmepumpen (private Haushalte)	688	1.214	bis 2010 +71% (Q5)	8,15 Cent/kWh	8,76 Cent/kWh	Annahme: analog zu Erdwärmepreis
<b>Summe (private Haushalte)</b>	<b>69.108</b>	<b>85.600</b>				
<b>Summe (insgesamt)</b>	<b>248.478</b>	<b>372.536</b>				

in Klammern Quellenangabe (vgl. Tabelle "Quellennachweis")

#### **4.3.3.3 Zielparameter**

In Szenario 2 liegt der Schwerpunkt zwar ebenfalls auf der Strombereitstellung (Verhältnis Strom : Wärme ist 3:1), jedoch ist der Beitrag der erneuerbaren Wärmeproduktion in diesem Szenario am höchsten. Dadurch wird der Vorteil von Biomasse genutzt, dass sie direkt gespeichert werden kann und keinen zeitlichen Schwankungen wie Wind und Sonne unterliegt.

Die Stromerzeugung erfolgt hauptsächlich über Kraftwerksanlagen. Hier ist zu bedenken, dass bei der Stromerzeugung alleine meist nur weniger als 25 % des Energieinhaltes der Biomasse genutzt werden können, was energiepolitisch zwar kaum vertretbar, aufgrund der häufig nicht realisierbaren Auskopplung von Wärme bei KWK-Anlagen jedoch nicht zu vermeiden ist. Biogas wird in diesem Szenario besonders gefördert, um auch eine stärkere Abgrenzung zu Szenario 1 zu erreichen. Biogas wird sowohl für die Strom- als auch die Wärmeerzeugung verwendet, vorausgesetzt, dass Abnehmer für die Wärme vorhanden sind. Allerdings ist derzeit bei Biogasanlagen die wirtschaftliche Nutzung der Abwärme nicht zuletzt wegen ihrer dezentralen Lagen noch einschränkt (Veigl, Tretter, 2005; Laaber et al., 2007). Neben der dezentralen Biogas-Verstromung bestehen auch Bestrebungen, eine Trennung des Ortes der Erzeugung vom Ort der Nutzung des Biogases zu erreichen, wodurch erhebliche Effizienzsteigerungs- und Absatzmöglichkeiten erschlossen werden könnten<sup>11</sup>.

Grundsätzlich wird der Wärmesektor als dezentral eingestuft. Um hohe Zuwachsraten in kurzer Zeit zu erreichen (Skalenerträge, straffe Organisation, geballte Investitionsentscheidungen), werden in diesem Szenario zur Wärmebereitstellung in Ergänzung zu den dezentralen auch zentrale Strukturen genutzt.

Auch wenn die Gestaltung des Szenarios darauf ausgerichtet ist, ein möglichst großes Biomassepotential auszunutzen, kann der Anteil an erneuerbarer Energie bis 2020 nicht erhöht werden. Aus Tabelle 11 ist sowohl die Veränderung des Energieverbrauchs als auch der erneuerbaren Energie zwischen 2005 und 2020 ersichtlich.

Über die gesamte Prozesskette betrachtet ist die CO<sub>2</sub>-Reduktion nur mittelmäßig einzustufen, da die Bereitstellung der Biomasse den Einsatz von (meist fossiler) Hilfsenergie erfordert und durch die erforderliche Düngung (landwirtschaftliche Biomasse) und den Biomasse-Transport auch Treibhausgasemissionen entstehen. Außerdem wird in der Literatur argumentiert, dass die Senkenfunktion des Waldes für CO<sub>2</sub> vermindert wird (vgl. Haberl et al., 2002).

---

<sup>11</sup>Hier wird in der bereits kurz vor der Serienreife stehenden Biogasaufbereitung (Abtrennung von schädlichen Gasbegleitstoffen und Methananreicherung durch CO<sub>2</sub>-Abtrennung) und einer anschließenden Einspeisung in das öffentliche Erdgasversorgungsnetz die Schlüsseltechnologie gesehen (vgl. Veigl und Tretter, 2005; Theißing, 2006).

**Tabelle 11: Ausmaß an erneuerbarer Energie in TJ und Anteil in %**

BIO	2005 TJ	2020 TJ	2005 %	2020 %
<i>Energetischer Endverbrauch</i>	1.105.190	1.452.544		
<i>Transportverluste, Eigenverbrauch Energieunternehmen</i>	62	62		
<i>Umwandlungseinsatz</i>				
Wasser	129.150	137.028	11,69	9,43
Photovoltaik	51	22.670	0,00	1,56
Wind	4.781	12.331	0,43	0,85
<i>Energetischer Endverbrauch</i>				
Erdwärme	259	354	0,02	0,02
Sonnenwärme	3.816	6.908	0,35	0,48
Energie aus Wärmepumpen	4.976	7.174	0,45	0,49
Brennholz	64.737	72.388	5,86	4,98
Brennbare Abfälle	10.615	13.981	0,96	0,96
biogenen Brenn- und Treibstoffe	16.139	20.516	1,46	1,41
Pellets, Holzabfälle	25.954	40.336	2,35	2,78
<i>Erneuerbare Energie gesamt</i>	260.477	333.685	<b>23,57</b>	<b>22,97</b>

Quelle: eigene Berechnungen.

Die Energieeffizienz wird ebenfalls nur als mittelmäßig eingestuft. Positiv wirkt sich die relativ hohe technische Effizienz von Biogas aus. Negativ macht sich der hohe Energie- und Materialverbrauch entlang der Prozesskette bemerkbar. Nachteilig wirkt sich auch der hohe Flächenbedarf der energetischen Biomassenutzung (z.B. große Anbauflächen für Energiewälder, lange Transportwege, etc.) aus.

Bezüglich der Versorgungssicherheit sollte die Biomasse für die Wärmegewinnung hauptsächlich aus dem Inland stammen, um die Auslandsabhängigkeit zu reduzieren. Dabei muss aber beachtet werden, dass die verfügbare heimische Fläche für einen verstärkten Anbau von Biomasse für Energiezwecke (Energiepflanzen bzw. -wälder) beschränkt ist und unterschiedliche Nutzer (Holz- und Papierindustrie, Nahrungsmittelindustrie, Agrartreibstoffe) um den Rohstoff Biomasse konkurrieren. Wesentlich für die wirtschaftliche Nutzung der Biomasse ist die sichere Brennstoffbeschaffung, die zunehmend schwieriger wird. Generell wird erwartet, dass eine Verknappung des heimischen Brennstoffangebots eintritt, was zu steigenden Importanteilen führt.

Auch in diesem Szenario sind die technologischen Voraussetzungen für eine Umsetzung in Österreich gut. Allerdings ist bei einem so starken Ausbau der Kapazität der Biomasse davon auszugehen, dass ein Großteil der Investitionsgüter importiert werden muss. Dieser Import kann im Modell nur im Rahmen der historischen Beobachtungen nachvollzogen werden. Eine stärkere Zunahme ist jedoch wahrscheinlich, da ein Aufbau entsprechender Produktionskapazitäten in Österreich kurzfristig nicht möglich sein wird. Zwar wird durch eine Umsetzung dieses Szenarios eine Reduktion der Importe von fossilen Brennstoffen erreicht. Allerdings muss auch die Biomasse größtenteils importiert werden, sofern keine nennenswerte Steigerung der heimischen Produktion - beispielsweise auf Grund der bereits erwähnten Flächen- und Nutzungskonkurrenz - möglich ist. Vor dem Hintergrund der

weltweiten Nachfrage nach Substituten für fossile Brennstoffe dürften auch hier ähnliche Preissteigerungen und damit ähnliche Abhängigkeiten von Rohstofflieferanten entstehen (globaler Nachfragedruck).

In Bezug auf den Technologieexport nimmt Österreich im Bereich der energetischen Nutzung von fester Biomasse (speziell bei Feuerungsanlagen im kleinen und mittelgroßen Leistungsbereich) eine internationale Spitzenposition ein (Bodenhöfer et al., 2004). Auch Österreichs Biogasanlagenhersteller zählen zu den weltweit führenden Herstellern von Gasmotoren, Gen-Sets und Blockheizkraftwerken (Dachverband Energie-Klima, 2005), wobei Biogas vor allem mittelfristig eine wichtige Rolle für die internationale Wettbewerbsfähigkeit spielen kann. Bei den einzelnen Schritten entlang der gesamten Kette sind noch erhebliche Potenziale festzustellen, die entweder die Wirtschaftlichkeit oder die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber konventionellen Stromproduktionsmethoden verbessern können. Gemäß ersten Analysen ist durch Optimieren einzelner Schritte etwa mit einer Halbierung der Stromgestehungskosten zu rechnen (Herdin, et al., 2005).

Aufgrund der bereits jetzt gegebenen Wichtigkeit der Biomasse für Österreich und der hohen gesellschaftlichen Akzeptanz wird auch die politische Umsetzbarkeit dieses Szenarios als gut eingestuft.

Aufgrund der forcierten Energiegewinnung aus Photovoltaikanlagen und Umwandlungsanlagen für biogene Brenn- und Treibstoffe sind in diesem Szenario verstärkte Investitionen in diese Technologien notwendig. Das Investitionsvolumen beträgt bis 2020 ca. 20 Mrd. EUR. Es wird unterstellt, dass der Staat die Hälfte der Investitionen in Form von Bürgschaften absichert. Weiterhin wird angenommen, dass 15 %<sup>12</sup> der Bürgschaften ausfallen, so dass dem österreichischem Staat in 15 Jahren ein Verlust von ca. 2,8 Mrd. EUR entsteht. In gleicher Höhe werden die Einkommensteuern angehoben, was jährlich einen zusätzlichen Bedarf von ca. 187 Mio. EUR an Steuergeldern verursacht

#### **4.3.4 Szenario 3: „Denk an morgen“**

##### **4.3.4.1 Leitbild**

Szenario 3 baut einerseits auf einer langfristig ausgerichteten Investitionsstrategie auf, die eine Förderung zwar kostenintensiver, aber gleichzeitig besonders zukunftssträchtiger Technologien (z.B. Photovoltaik) vorsieht. Andererseits werden bereits marktreife, „flächenarme“ Technologien (wie Wind und Solarthermie) forciert, um einen Kontrast zur flächenintensiven Biomassenutzung des Szenarios 2 zu schaffen.

Im Szenario „Denk an morgen“ wird bewusst auf die Verbrennung oder Vergasung von Ressourcen verzichtet, sondern – auf Anraten des Stakeholder-Kreises – auf die Wirkung der Sonne gesetzt, in dem Photovoltaik massiv ausgebaut wird. Zwar wird so eine frei zugängliche Energiequelle genutzt, dafür bedarf es aber eines erheblichen gesamtstaatlichen Kraftaktes zur Finanzierung der hohen Investitionskosten. Hinzu kommt, dass die

---

<sup>12</sup> In Anlehnung an die Auswertungen von Schmidt und Van Elkan 2006, S 85 ff.

notwendigen Produktionskapazitäten für Solarzellen kaum in Österreich geschaffen werden können und somit die Solarzelle zum „Rohstoffimport“ wird. So könnte es zu einem doch beachtlichen Abfluss an Wertschöpfung in das Ausland kommen. Unterstellt man in der übrigen Welt ein ähnliches Verhalten dürften sich zudem erhebliche nachfragebedingte Preissteigerungen für Solarzellen ergeben.

Positiv an diesem Szenario ist, dass eine nachhaltige Energiequelle erschlossen werden kann, eine erhebliche Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen erreicht wird und nach dem Kapazitätsausbau die Abhängigkeit von Ressourcenimporten deutlich sinkt.

#### **4.3.4.2 Inputparameter**

Schlüsseltechnologien des Szenarios sind:

- Photovoltaik,
- Solarthermie,
- Geothermie (Wärme) und
- Wind.

Ziel dieses Szenarios ist es, Zukunftstechnologien, deren Entwicklung kaum abzusehen ist, eine Chance zu geben. Im vorliegenden Fall wird vor allem auf die Photovoltaik gesetzt, da sie in Österreich neben der Großwasserkraft das technisch größte Potential zur elektrischen Stromerzeugung aus erneuerbarer Energie besitzt (Kaltschmitt und Neubarth, 2000). Gewählt wird die teuerste Ausbaualternative, die in der Literatur (siehe Fechner und Lugmaier, 2007) diskutiert wird. Es wird ein Ausbau auf eine Kapazität von 82.000 TJ bis zum Jahr 2020 unterstellt, was bei einer heutigen erzeugten Strommenge aus Photovoltaik von umgerechnet rund 50 TJ (2005) eine erhebliche Ausweitung darstellt.

Wenden wir uns nun den notwendigen Rahmenbedingungen für die Umsetzung dieses Szenarios zu. Photovoltaik (PV) bietet für Österreich im Bereich der erneuerbaren Energieträger die größte noch erschließbare Ausbaupotentialität. Laut Fechner und Lugmaier (2007) beträgt das technische Potenzial von gebäudeintegrierter Photovoltaik (GIPV) auf gut geeigneten südorientierten Flächen ca. 140 km<sup>2</sup> Dachfläche und ca. 50 km<sup>2</sup> Fassadenfläche. Das angestrebte Ausbauziel des Szenarios „Stärken ausbauen“ könnte durch die Verwendung von etwa 60 % dieser GIPV-Flächenpotentiale erreicht werden.

Um den geplanten beträchtlichen Ausbau dieses Szenarios einigermaßen realistisch gestalten zu können, müssen für die Steuerungsvariablen eine Reihe von Annahmen getroffen werden.

- (1) Die Einspeisevergütungen entwickeln sich entlang der Lernrate.
- (2) Die Installation einer zusätzlichen Kapazität verursacht ein Investitionsvolumen von 4000 EUR/kW im Jahr 2006. Die Kosten in den Folgejahren reduzieren sich entlang der Lernrate.

- (3) Die Lernrate beträgt zwischen den Jahren 2005 bis inklusive 2010 20 % pro Verdopplung der weltweiten Kapazität an Photovoltaik. Von 2011 bis 2020 wird eine Lernrate von 12 % pro Verdopplung der Kapazität unterstellt.
- (4) Es wird davon ausgegangen, dass weltweit alle zwei Jahre eine Verdopplung der installierten Kapazität erreicht wird.
- (5) Es wird ein Kapazitätsaufbaupfad unterstellt, der erhebliche Anstrengungen impliziert. Dabei wurde berücksichtigt, dass der Investitionspfad keinem Exponentialpfad folgen kann, da dann ein durchschnittliches Wachstum von 64 % pro Jahr unterstellt werden müsste und damit in den Jahren 2015 bis 2020 erhebliche Kapazitätssprünge vorlägen (2018 + 12.000 TJ, 2019 + 20.000 TJ, 2020 + 32.000 TJ). Ein solcher Investitionspfad wird als nicht umsetzbar angesehen. (Die Ausgestaltung des Investitionspfades ist in Abbildung 10 dargestellt.)
- (6) Es wird im Durchschnitt von drei ausnutzbaren Sonnenstunden pro Tag ausgegangen. Eine installierte Einheit kann aufgrund dieser Annahme 1050 kWh im Jahr erzeugen. Die Leistung sinkt durch Abnutzung um etwa 11 % pro Jahr.
- (7) Es wird unterstellt, dass eine Anlage 20 Jahre im Betrieb bleibt und damit keine Anlage während der Simulationsperiode aus dem Kapitalstock ausscheidet.
- (8) Es wird angenommen, dass eine Anlage ihre Einspeisevergütung beibehält, d.h. je später investiert wird, desto geringer ist die Einspeisevergütung. Außerdem unterscheidet sich die durchschnittliche Einspeisevergütung von der Einspeisevergütung der zuletzt installierten Einheit (vgl. Abbildung 9).
- (9) Es wird unterstellt, dass die durch Photovoltaikanlagen erzeugte Elektrizität lokal genutzt wird.

Neben den eben aufgeführten expliziten Annahmen, sind weitere implizite Annahmen auf Grund der Modellspezifikation enthalten:

- (1) Die Kostenstruktur des Wirtschaftsbereichs Energiewirtschaft mit Ausnahme des Einsatzes von fossilen Energieträgern und der Abschreibungen bleibt unverändert. Davon ist insbesondere der Personaleinsatz betroffen. Es ist davon auszugehen, dass der Wartungsaufwand höher ist als bei Großkraftwerken. Ferner werden auch die technischen Anforderungen an die Überwachung der Anlagen und die damit verbundenen Aufwendungen nicht berücksichtigt.
- (2) Aufbauend auf den Erfahrungen aus der Vergangenheit geht das Modell davon aus, dass ein großer Teil der installierten Anlagen im Inland produziert werden kann (ca. 2/3). Vor dem Hintergrund der stark steigenden Produktionskapazitäten ist jedoch damit zu rechnen, dass ein höherer Anteil importiert werden muss. In diesem Fall würden sich die positiven Wirkungen der zusätzlichen Investitionen verringern, nur noch die Preissteigerungen wären wirksam.
- (3) Ferner geht das Modell implizit davon aus, dass in der übrigen Welt ausreichend Produktionskapazitäten installiert werden, so dass die weltweite Nachfrage nach

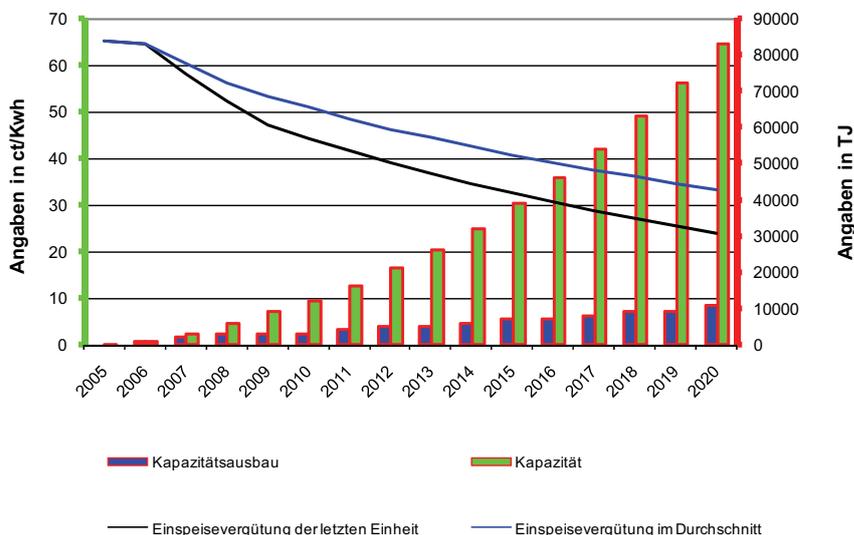
Solarzellen nicht auf Angebotsrestriktionen trifft, die dann zu Preissteigerungen für die importierten Solarzellen führen würden.

- (4) Es wird unterstellt, dass die bestehenden Gas- und Kohlekraftwerke nach und nach abgeschaltet werden und damit keine weiteren Kosten z.B. durch Abbaumaßnahmen verbunden sind. Ferner wird angenommen, dass ohne den Ausbau der PV keine Erweiterungsinvestitionen für Gas und Kohle stattfinden werden.
- (5) Im gleichen Maße, wie die neuen Kapazitäten ausgebaut werden, werden Kraftwerke auf Basis fossiler Energieträger abgeschaltet und vom Netz genommen. Es wird also unterstellt, dass Photovoltaikanlagen genauso wie Kohle- und Gas-kraftwerke in der Lage sind, Grundlast zu liefern. Diese Annahme ist fraglich, da selbst im Durchschnitt nur 3 Stunden pro Tag ausreichend Sonne vorhanden und die Speicherung der Energie zurzeit noch problematisch ist (siehe auch Kapitel 6.3).

Abgesehen von Punkt (4) wirken alle genannten Punkte preismindernd. Die Auswirkungen auf die Preise bei Nicht-Zutreffen der impliziten Annahmen sind nicht abschätzbar. Es ist aber davon auszugehen, dass die Wirkungen erheblich sein dürften. Insgesamt muss das Szenario als optimistisch bezeichnet werden.

Die folgende Abbildung zeigt auf der Primärachse die Entwicklung der Einspeisevergütung der letzten Einheit und die durchschnittliche Einspeisevergütung der bereits installierten Kapazität. Auf der Sekundärachse werden die Entwicklung der Kapazität sowie die Entwicklung des jährlichen Ausbaus der Kapazität dargestellt.

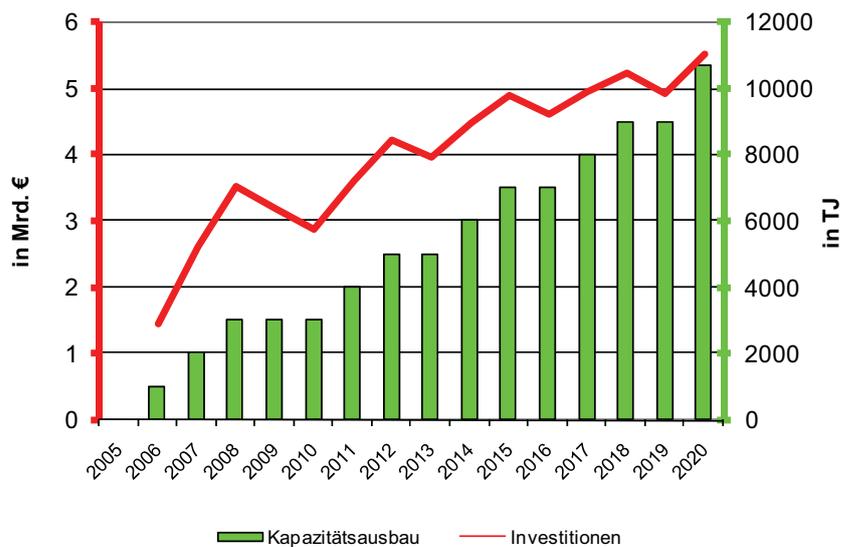
**Abbildung 9: Entwicklung der Einspeisevergütung und der Kapazität**



Quelle: eigene Berechnungen.

Der sich ergebende Investitionspfad und die Entwicklung des Kapazitätsausbaus werden in Abbildung 10 gegenübergestellt.

**Abbildung 10: Investitionspfad und Entwicklung des Kapazitätsausbaus**



Quelle: eigene Berechnungen.

Der Kapazitätsausbau erfolgt schrittweise: 1.000 TJ in 2006, 2.000 TJ in 2007, 3.000 TJ in 2008-2010, 4.000 TJ im Jahr 2011, je 5.000 TJ 2012 und 2013, 6.000 TJ 2014 usw. Ob dieser Kapazitätsausbau tatsächlich möglich ist, ob also ausreichend Solarzellen hergestellt, transportiert und aufgebaut werden können, ist ungewiss. Bleibt der Kapazitätsausbau einige Jahre konstant, fallen *ceteris paribus* die dafür notwendigen Investitionen auf Grund der Lernrate. Erst beim nächsten Sprung im Kapazitätsausbau steigen sie wieder an.

Zusätzlich zur Photovoltaik werden in diesem Szenario auch Geothermie, Solarthermie und Wind forciert.

Die Geothermie (Erdwärme) spielt derzeit in Österreich noch eine untergeordnete Rolle. Bei der Geothermie wird die im Erdinneren entstehende und im oberen Teil der Erdkruste gespeicherte Wärme als Energiequelle genutzt, wobei zwischen direkter Nutzung (Nutzung der Wärme selbst) und der indirekten Nutzung (Umwandlung in Strom) unterschieden wird. Weiters wird die Geothermie in die Tiefen-Geothermie und die Oberflächen-Geothermie (mittels Wärmepumpen) unterteilt<sup>13</sup>. In diesem Szenario wird die Geothermie hauptsächlich direkt als Wärme genutzt und sowohl der Ausbau der Tiefen-Geothermie als auch der Wärmepumpen in etwa verdoppelt. Während in Österreich im Jahr 2005 nur zwei Geothermianlagen in Betrieb waren (Proidl, 2006), die 562 TJ erbrachten, wird bis 2020 ein Ausbau der Kapazität unter den derzeitigen wirtschaftlichen und geologischen

<sup>13</sup> Mit Hilfe der Tiefen-Geothermie wird die Erdwärme über Tiefbohrungen erschlossen. Sie ermöglicht die Umsetzung von größer dimensionierten Energieversorgungsprojekten inklusive der Produktion von Strom. Bei der oberflächennahen Nutzung von Erdwärme wird Grundwasser für die Gebäudebeheizung im Winter und Kühlung im Sommer genutzt. Zur Wärmenutzung wird dem geförderten Grundwasser Energie mit Hilfe einer Wärmepumpe entzogen, und das abgekühlte Wasser anschließend in den Grundwasserleiter zurückgespeist (siehe z.B. Haas et al., 2001).

Rahmenbedingungen auf 1.125 TJ thermische Energie angestrebt. Die Kapazität von Wärmepumpen wird von 688 TJ im Jahr 2005 auf 1.215 TJ im Jahr 2020 erhöht.

Im Bereich der Solarthermie wird die Kapazität von 2.285 TJ im Jahr 2005 auf 7.232 TJ im Jahr 2020 ausgebaut. Sowohl bei Erdwärme als auch bei Solarthermie wird von gleichbleibenden Preisen im Vergleich von 2020 zu 2005 ausgegangen. Die Annahmen für den Ausbau der Windenergie entsprechen jenen des Szenarios „Stärken ausbauen“.

In Tabelle 12 sind die Einstellungen der Parameter für das Szenario „Denk an morgen“ zusammengefasst.

**Tabelle 12: Parametrisierung: Szenario „Denk an morgen“**

Schlüsseltechnologien	"Denk an morgen"					
	Kapazität			Preise (inklusive Lernkurven)		
	in [TJ] 2005	in [TJ] 2020	Vorgaben (Quellen)	in [jwL. Einheiten] 2005	in [jwL. Einheiten] 2020	Vorgaben (Quellen)
Wasserkraft (Kraftwerke)	129.150	137.028	bis 2020 +8,1%; davon Kleinwasserkraft +178% (Q10), Großwasserkraft konstant (Q1)	0,05 €/kWh	0,05 €/kWh	ab 2006 konstant
Photovoltaik (Kraftwerke)	51	82.722	bis 2020 + 182.253% (Q1)	65,14 Cent/kWh	21,77 Cent/kWh	Annahme: alle 3 Jahre weltweite Verdopplung der Kapazität; Lernrate bis 2010 20%, ab 2011 12% (Q2)
Wind (Kraftwerke)	4.781	22.235	bis 2020 +465% (Q6)	7,75 Cent/kWh	6,73 Cent/kWh	bis 2020 Lernrate 9,5% (Q2)
Brennbare Abfälle (Kraftwerke)	3.634	12.718	bis 2010 +123% danach extrapoliert (Q7)	10,69 Cent/kWh	12,64 Cent/kWh	ab 2006 konstant
biogene Brenn- , Treibstoffe (ohne Pellets und Holzabfälle) (Kraftwerke)	10.879	13.525	keine Vorgaben	11,27 Cent/kWh	11,67 Cent/kWh	Lernrate bis 2010 12,5% , ab 2011 10% (Q2)
Pellets und Holzabfälle (Kraftwerke)	529	1.057	Annahme: Verdopplung bis 2020	3,26 Cent/kWh	5,01 Cent/kWh	an Erdölpreis gekoppelt
<b>Summe (Kraftwerke)</b>	<b>149.024</b>	<b>269.284</b>				
Brennbare Abfälle (KWK)	4.085	6.384	keine Vorgaben	10,69 Cent/kWh	12,64 Cent/kWh	ab 2006 konstant
biogene Brenn- und Treibstoffe (ohne Pellets, Holzabfälle) (KWK)	12.325	19.398	keine Vorgaben	11,27 Cent/kWh	11,39 Cent/kWh	Lernrate bis 2010 12,5% , ab 2011 10% (Q2)
Pellets, Holzabfälle (KWK)	1.000	3.998	bis 2020 +297% (Q11)	3,26 Cent/kWh	5,01 Cent/kWh	an Erdölpreis gekoppelt
<b>Summe (KWK)</b>	<b>17.390</b>	<b>29.780</b>				
Geothermie (Heizwerke)	582	1.125	Annahme: Verdopplung bis 2020	8,15 Cent/kWh	8,06 Cent/kWh	bis 2020 Lernrate 8% (Q2)
Brennbare Abfälle (Heizwerke)	1.976	3.048	keine Vorgaben	10,69 Cent/kWh	12,64 Cent/kWh	ab 2006 konstant
biogene Brenn- und Treibstoffe (ohne Pellets, Holzabfälle) (Heizwerke)	236	365	keine Vorgaben	11,27 Cent/kWh	11,41 Cent/kWh	Lernrate bis 2010 12,5% , ab 2011 10% (Q2)
Pellets (Heizwerke)	10.182	16.699	bis 2010 +46% , bis 2020 +64% (Q13)	3,26 Cent/kWh	5,01 Cent/kWh	an Erdölpreis gekoppelt
<b>Summe (Heizwerke)</b>	<b>12.956</b>	<b>21.236</b>				
Solarthermie (private Haushalte)	2.285	7.232	Annahme: +50% gegenüber BAU	8,15 Cent/kWh	8,02 Cent/kWh	Annahme: Lernrate wie bei Geothermie
Brennholz (private Haushalte)	69.532	69.532	ab 2006 konstant	37,05 €/RMM	58,98 €/RMM	an Erdölpreis gekoppelt
Pellets, Holzabfälle (private Haushalte)	6.603	14.079	keine Vorgaben	3,26 Cent/kWh	5,01 Cent/kWh	an Erdölpreis gekoppelt
Wärmepumpen (private Haushalte)	688	1.214	bis 2010 +71% (Q5)	8,15 Cent/kWh	8,06 Cent/kWh	Annahme: analog zu Erdwärmepreis
<b>Summe (Private Haushalte)</b>	<b>69.108</b>	<b>82.057</b>				
<b>Summe (insgesamt)</b>	<b>248.478</b>	<b>402.358</b>				

in Klammern Quellenangabe (vgl. Tabelle "Quellennachweis")

#### 4.3.4.3 Zielparameter

Im Vergleich zum BAU-Szenario und zum Szenario „Stärken ausbauen“ ist die Stromerzeugung, die durch die Schlüsseltechnologien Photovoltaik und Wind charakterisiert ist, durch eine zentrale Struktur gekennzeichnet. Obwohl auch Solarthermie und Geothermie forciert werden, wird Wärme trotzdem zu einem großen Teil über Biomasse bereit gestellt.

Das Verhältnis von zusätzlicher Strom- und Wärmegeneration ist in diesem Szenario ca. 4,5 : 1, was bedeutet, dass anteilmäßig sehr viel Strom bereitgestellt wird.

Bezüglich der Versorgungssicherheit hat die jüngere Vergangenheit gezeigt, dass der wachsende Stromverbrauch nicht durch Erhöhungen bei der einheimischen Stromerzeugungskapazität gedeckt werden konnte und sich Österreich daher ab 2001 zu einem Nettoimporteur von Strom entwickelte (siehe Kapitel 2). Die zusätzliche Erschließung dezentraler Erzeugungskapazitäten kann diese Situation in Zukunft verbessern, für sich allein betrachtet die Versorgungssicherheit jedoch nicht garantieren. Insgesamt wird die Versorgungssicherheit in diesem Szenario als hoch eingestuft, da die zwar langfristig orientierten Technologien 2020 bereits eine hohe Leistung entfalten.

Der prozentuelle Zuwachs an erneuerbarer Energie bis 2020 (siehe Tabelle 13) wird im Vergleich zu den beiden anderen Szenarien als hoch angenommen, da der Ausbau der PV sehr stark ist und sich zwischen 2005 und 2020 von 51 TJ auf 82.722 TJ erhöht (das entspricht einem prozentuellen Zuwachs von 163.198 %). Zwar brauchen die langfristig orientierten Investitionen in die Schlüsseltechnologien eine gewisse Vorlaufzeit und dynamisieren sich erst langsam, was sich kurzfristig in einem eher geringen CO<sub>2</sub>-Reduktionsbeitrag niederschlägt. Längerfristig betrachtet fällt die CO<sub>2</sub>-Reduktion aber aufgrund der stark zunehmenden Kapazität hoch aus.

**Tabelle 13: Ausmaß an erneuerbarer Energie in TJ und Anteil in %**

DAM	2005 TJ	2020 TJ	2005 %	2020 %
<i>Energetischer Endverbrauch</i>	1.105.190	1.453.400		
<i>Transportverluste, Eigenverbrauch Energieunternehmen</i>	62	62		
<i>Umwandlungseinsatz</i>				
Wasser	129.150	137.028	11,69	9,43
Photovoltaik	51	82.216	0,00	5,66
Wind	4.781	22.235	0,43	1,53
<i>Energetischer Endverbrauch</i>				
Erdwärme	259	354	0,02	0,02
Sonnenwärme	3.816	9.323	0,35	0,64
Energie aus Wärmepumpen	4.976	7.200	0,45	0,50
Brennholz	64.737	66.464	5,86	4,57
Brennbare Abfälle	10.615	13.981	0,96	0,96
biogenen Brenn- und Treibstoffe	16.139	20.529	1,46	1,41
Pellets, Holzabfälle	25.954	40.389	2,35	2,78
<i>Erneuerbare Energie gesamt</i>	260.477	399.719	<b>23,57</b>	<b>27,50</b>

Quelle: eigene Berechnungen.

Die Material- und Energieeffizienz ist noch relativ gering, da bei den einzelnen Technologien noch ein hohes Verbesserungspotential vorhanden ist. Besonders die Photovoltaik hat eine sehr energie- und materialintensive Vorleistungskette (insbesondere wenn die Solarzellen aus Primärsilizium hergestellt werden müssen und nicht wie bisher aus Reststoffen der Halbleiterindustrie). Im Gegensatz dazu ist jedoch der Flächenbedarf in diesem Szenario gering. Beispielsweise ist bei der Nutzung von Photovoltaik in Verbindung mit Gebäuden,

d.h. bei eher kleinen, dezentralen Anlagen, mit der Installation und dem Betrieb der Anlagen kein unmittelbarer Landschaftsverbrauch verbunden.

Neben bedeutender Technologieexporte im Bereich der Kleinwasserkraft und im Biomasse-sektor hat sich auch die österreichische Solarindustrie in den vergangenen Jahren am internationalen Markt gut etablieren können, und zwar sowohl in Bezug auf Technologieführerschaft als auch in Bezug auf den Export von Komponenten und Anlagen. Diese Position soll in den nächsten Jahren erhalten bzw. sogar noch weiter ausgebaut werden (Weiss et al., 2005).

Außerdem sind österreichische Firmen auch im Bereich der PV-Folgetechnologien (Wechselrichter, Leistungselektronik) und in der Photovoltaik-Zulieferindustrie (Schutzfolien für Solarmodule) international gut etabliert (Bodenhöfer et al., 2004). Zwar werden in Österreich keine PV-Zellen hergestellt, jedoch einzelne Anlagenkomponenten (z.B. Wechselrichter).

Gelingt es Österreich, bei der Entwicklung neuer Technologien Marktnischen zu erobern, kann auch langfristig gesehen Technologieführerschaft erreicht bzw. erhalten werden.

Der beschriebene ambitionierte PV-Ausbaupfad, der einen hohen Finanzierungsbedarf impliziert, wird nicht ohne begleitenden politischen Prozess umsetzbar sein. Dieser Umstand hängt auch mit den noch hohen Preisen der Technologie<sup>14</sup> (bzw. hohen Gestehungskosten) und der anfangs noch mangelnden Wirtschaftlichkeit zusammen. Es wird davon ausgegangen, dass die Einspeisevergütung bis zum Jahr 2020 aufrecht erhalten wird und damit die privaten Haushalte durch höhere Strompreise an der Finanzierung teilhaben. Ferner wird es erheblichen Kommunikationsbedarf zwischen Politik und Stromversorgern geben. Investitionen in der dargestellten Größenordnung können kaum durch neue Firmen geschultert werden, da die Risiken erheblich sind.

Bezüglich der Reduktion des Ausfallsrisikos über Bürgschaften wird angenommen, dass 15 %<sup>15</sup> der Bürgschaften ausfallen und damit dem österreichischen Staat in 15 Jahren ein Verlust von ca. 6,3 Mrd. EUR entsteht (Investitionsvolumen insgesamt 42 Mrd. EUR). Diese hohen Kosten entstehen, da auch neue Konsortien bzw. Unternehmen wegen einer möglichst dezentralen Ausgestaltung des Kapazitätsausbaus durch den Staat abgesichert werden. Daraus wird abgeleitet, dass zur Finanzierung der Bürgschaften jährlich ca. 420 Mio. EUR an Steuergeldern aufgewendet werden müssen, die über die Erhöhung der Einkommenssteuer aufgebracht werden.

#### **4.3.5 Zusammenfassende Bemerkungen**

In diesem Projekt wurden neben dem BAU-Szenario drei Szenarien entwickelt, um verschiedene, auf erneuerbaren Energien basierende, Simulationen durchführen zu können.

---

<sup>14</sup> Es ist aber zu erwarten, dass die anfangs hohen Preise sich langfristig deutlich verringern (siehe dazu die an früherer Stelle in diesem Kapitel formulierten Annahmen).

<sup>15</sup> In Anlehnung an die Auswertungen von Schmidt und Van Elkan (2006), S. 85 ff.

Um die Annahmen, die den einzelnen Szenarioparametern zugrunde liegen und in den letzten Unterkapiteln detailliert erläutert wurden, besser vergleichen zu können, stellen Tabelle 14 und Tabelle 15 einen Überblick über alle Szenarien bereit.

Die drei Szenarien unterscheiden sich vor allem hinsichtlich ihres Technologiemixes; allen gemeinsam ist nur ein starker Photovoltaikzuwachs. Aus Tabelle 14 ist der angenommene Kapazitätsausbau in den einzelnen Szenarien ersichtlich. Zum Vergleich ist auch das BAU-Szenario angegeben, das ebenfalls einen Ausbau an erneuerbarer Energie vorsieht, wengleich dieser aber weitaus geringer ausfällt. So lässt sich sofort erkennen, welche Energieträger in den einzelnen Szenarien als Schlüsseltechnologien forciert werden. In Summe resultiert unter den zugrunde liegenden Annahmen im Szenario „Denk an morgen“ der stärkste Ausbau an erneuerbaren Energieträgern (mit zusätzlich fast 176.000 TJ zwischen 2005 und 2020), der in erster Linie durch einen Anstieg an elektrischer Energie (hauptsächlich PV) erreicht werden kann. Dadurch fallen auch die CO<sub>2</sub>-Einsparungen in diesem Szenario am größten aus.

Allen Szenarien ist der Fokus auf die Strombereitstellung aus Kraftwerken ohne KWK gemeinsam. Dies entspricht zwar nicht der effizientesten Energieversorgung, lässt sich jedoch durch mehrere Argumente begründen. Erstens wird in den nächsten Jahren der Bedarf an Elektrizität stärker steigen als der Bedarf an Wärme. Zweitens waren der Literatur keine Anhaltspunkte zu entnehmen, wie viel Kapazität tatsächlich durch KWKs nutzbar ist. Und drittens sind die erforderlichen Rahmenbedingungen für die Nutzung der Wärme aus KWK-Anlagen nicht immer gegeben.

In Tabelle 15 ist die Charakterisierung der einzelnen Parameter für alle drei Szenarien zusammengefasst.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die entwickelten Szenarien keine „Patentlösungen“ für den Ausbau von erneuerbaren Energietechnologien darstellen. Aus den Ausführungen zu den einzelnen Szenarien wurde deutlich, dass Vorteile stets durch Nachteile erkaufte wurden. So zeichnet sich das Szenario „Stärken ausbauen“ zwar durch Kosteneffizienz und Technologieführerschaft aus, jedoch ist ein ambitionierter Ausbau der Wind- und Großwasserkraft aus Umweltschutzgründen umstritten. Für das Szenario „Biomassiv“ ist eine hohe Bereitschaft zur politischen Umsetzung zu erwarten, jedoch wirken sich die erwähnten Nutzungskonkurrenzen und die Ressourcenknappheit negativ aus. Das Szenario „Denk an morgen“ wiederum, kann einen relativ hohen Anteil an erneuerbarer Energie und damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Einsparungen erreichen, die Investitionskosten sind allerdings erheblich.

**Tabelle 14: Angenommener Kapazitätsausbau in den einzelnen Szenarien (Zunahme in TJ von 2005 bis 2020)**

Schlüsseltechnologien	BAU	STA	BIO	DAM
	[TJ]	[TJ]	[TJ]	[TJ]
Wasserkraft (Kraftwerke)	7.878	13.044	7.878	7.878
Photovoltaik (Kraftwerke)	1.321	22.759	22.759	82.671
Wind (Kraftwerke)	7.550	17.454	7.550	17.454
Brennbare Abfälle (Kraftwerke)	9.084	9.084	9.084	9.084
biogene Brenn-, Treibstoffe (ohne Pellets und Holzabfälle) (Kraftwerke)	2.646	2.646	34.566	2.646
Pellets und Holzabfälle (Kraftwerke)	528	528	5.335	528
<b>Summe Kraftwerke</b>	<b>29.006</b>	<b>65.514</b>	<b>87.171</b>	<b>120.260</b>
Brennbare Abfälle (KWK)	2.319	2.319	2.319	2.319
biogene Brenn- und Treibstoffe (ohne Pellets, Holzabfälle) (KWK)	7.073	7.073	7.033	7.073
Pellets, Holzabfälle (KWK)	568	2.998	2.998	2.998
<b>Summe KWK</b>	<b>9.960</b>	<b>12.390</b>	<b>12.350</b>	<b>12.390</b>
Geothermie (Heizwerke)	304	305	305	563
Brennbare Abfälle (Heizwerke)	1.072	1.072	1.072	1.072
biogene Brennstoffe (ohne Pellets, Holzabfälle) (Heizwerke)	129	129	152	129
Pellets (Heizwerke)	3.432	6.517	6.517	6.517
<b>Summe Heizwerke</b>	<b>4.937</b>	<b>8.023</b>	<b>8.045</b>	<b>8.280</b>
Solarthermie (private Haushalte)	2.536	2.536	2.536	4.947
Brennholz (private Haushalte)	0	0	5.953	0
Pellets, Holzabfälle (private Haushalte)	7.476	7.476	7.476	7.476
Wärmepumpen (private Haushalte)	526	526	526	526
<b>Summe private Haushalte</b>	<b>10.539</b>	<b>10.539</b>	<b>16.492</b>	<b>12.949</b>
<b>Summe gesamt</b>	<b>54.441</b>	<b>96.465</b>	<b>124.058</b>	<b>153.880</b>

Quelle: eigene Berechnungen.

**Tabelle 15: Szenarienmatrix**

Parameter	Szenario 1 „Stärken ausbauen“	Szenario 2 „Biomassiv“	Szenario 3 „Denk an morgen“
A Schlüsseltechnologien	V.a. ausgereifte Technologien (auf der Lernkurve bereits im flachen Ast): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Windkraft</li> <li>• Kleinwasserkraft</li> <li>• Biomasse Wärme</li> <li>• Biomasse KWK (zentrale Anlagen)</li> <li>• Photovoltaik</li> </ul>	Aufgrund der aktuellen Diskussion und des österreichischen Ressourcenprofils: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biogas (Einspeisung und Verstromung)</li> <li>• Biomasse (inkl. Holzgas) Wärme,</li> <li>• Biomasse KWK</li> </ul>	Technologien mit Zukunftspotential, die noch nicht marktreif sind, ergänzt um „flächenarme“ Technologien, die bereits jetzt ausgereifter sind: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Photovoltaik</li> <li>• Wind</li> <li>• Solarthermie</li> <li>• Geothermie</li> </ul>
B Zeitlicher Horizont	Kurzfristig	mittelfristig	eher langfristig
G Verhältnis Strom : Wärme	Stromschwerpunkt Strom : Wärme = 3 : 1	Stromschwerpunkt , jedoch Wärmebereitstellung am höchsten im Vergleich zu den anderen beiden Szenarien Strom : Wärme = 3 : 1	Starker Stromschwerpunkt Strom : Wärme = 4,5 : 1
H Versorgungsstruktur (zentral / dezentral)	stark zentral	zentral, jedoch weniger als die anderen Szenarien	zentral
I Beitrag zur Erhöhung der Versorgungssicherheit	niedrig – mittel	mittel	hoch
J Zuwachs des Anteils an Erneuerbaren bis 2020	gering	gering	hoch
K CO <sub>2</sub> Reduktionsbeitrag bis 2020	gering	mittel	hoch
L Energieeffizienz	mittel	mittel	gering
M Materialverbrauch	mittel	mittel	hoch
N Flächenbeanspruchung	mittel	hoch	gering, da gebäudeintegrierte Anlagen
O Technologieführerschaft	Hoch	mittel	mittel
P Politische Umsetzbarkeit	hoch	Hoch	gering

## 5 Das Umwelt-Energie-Wirtschaft-Modell „e3.at“

Das integrierte Modell „e3.at“ ist in der Lage, energie- und nachhaltigkeitspolitische Fragestellungen zu untersuchen. Es bildet die österreichische Volkswirtschaft in allen wesentlichen Aspekten ab und zeigt ihre Wechselwirkungen mit dem Energiesystem und der Umwelt auf. Dadurch wird es möglich, neben der Berechnung des Energieverbrauchs und den CO<sub>2</sub>-Belastungen auch die makroökonomischen Auswirkungen auf Wirtschaftswachstum und Beschäftigung zu analysieren.

Als makroökonomisches, multisektorales Modell stellt es ein wirkungsvolles Werkzeug zur Messung der Auswirkungen von Politikmaßnahmen auf die ökologische, ökonomische und soziale Dimension nachhaltiger Entwicklung dar. Es verbessert die Entscheidungsgrundlage für politische Akteure bei der Wahl von geeigneten Instrumenten und Maßnahmen zur Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung, indem es die systematischen Zielkonflikte zwischen den unterschiedlichen Indikatoren (z.B. Materialverbrauch, Energieverbrauch, CO<sub>2</sub>-Emissionen, Wirtschaftswachstum, Beschäftigung etc.) in einem konsistenten Rahmen betrachtet und quantifiziert.

Das Modell zeigt außerdem die strukturellen Verflechtungen zwischen den einzelnen Branchen der österreichischen Volkswirtschaft und ihre Interaktion mit der Umwelt und ermöglicht es somit, Gewinner und Verlierer einer Steigerung von erneuerbaren Energietechnologien zu identifizieren. Dies ist deshalb entscheidend, da das langfristige Ziel nachhaltiger Entwicklung eine Umorientierung der ökonomischen Strukturen erfordert. So ist es möglich, belastende Auswirkungen auf bestimmte Branchen oder soziale Gruppen zu erkennen und durch einen gesellschaftlichen Ausgleich und unterstützende Maßnahmen abfedern zu können. Der Übergang zu einer nachhaltigen Entwicklung kann dadurch mit Bedacht auf soziale und wirtschaftliche Verträglichkeit gestaltet werden.

Durch die tiefe sektorale Gliederung - das Modell unterscheidet 57 Wirtschaftsbereiche - können auch die Auswirkungen auf einzelne Branchen betrachtet werden, wodurch wertvolle Aufschlüsse über den strukturellen Wandel und alle damit verbundenen Wirkungen auf vor- und nachgelagerte Wirtschaftsbereiche gewonnen werden können.

Diese mesoökonomische Betrachtungsweise erscheint aktuell wichtiger denn je, da die langfristige wirtschaftliche Entwicklung von einem sich beschleunigenden Strukturwandel begleitet wird. Neue Branchen und Produkte entstehen mit rasanter Geschwindigkeit, während gleichzeitig altbekannte an Bedeutung verlieren. Technologische Neuerungen und politische Entscheidungen haben auf diese Änderungen großen Einfluss.

Neben der tief gegliederten Darstellung der Wirtschaftsbereiche ist auch die Konsumseite im Modell sehr detailliert erfasst, indem die Konsumnachfrage differenziert nach 37 Verwendungszwecken abgebildet wird. Dies hilft bei der Untersuchung von Veränderungen in der Konsumstruktur.

Das Modell „e3.at“ bietet somit ein geeignetes Gerüst für differenzierte Analysen, die über ökonomische Sachverhalte hinausgehen und auch ökologische und soziale Auswirkungen verschiedener politischer Maßnahmen und Eingriffe aufzeigen.

In diesem Kapitel wird das Modell detailliert präsentiert. Nach einer Beschreibung allgemeiner Modelleigenschaften werden die einzelnen Modellkomponenten und die zugrunde liegenden Datenbasen im Detail erläutert.

## **5.1 Allgemeine Modelleigenschaften**

Das sektoral tief gegliederte Simulationsmodell „e3.at“ wurde in Anlehnung an das deutsche Modell PANTA RHEI konstruiert. PANTA RHEI ist bei zahlreichen umwelt- und nachhaltigkeitspolitischen Fragestellungen zur Anwendung gekommen (u.a.: Distelkamp et al. 2005; Lutz 2005; Lutz et al. 2005; Ahlert et al. 2005; Frohn et al. 2003, Staiß et al. 2006). Das österreichische Modell ist aber keine Kopie des deutschen Modells. Vielmehr wurde das Modell durch die Anwendung allgemeiner, auch für andere Länder gültiger Konstruktionsprinzipien entwickelt und auf die Spezifikationen Österreichs angepasst.

Die vorliegende Version e3.at\_07 ist bereits die erste Aktualisierung der Ende 2005/Anfang 2006 erstellten ersten Version (e3.at\_06). Neben der historischen Datenbasis, die nun bis zum Jahr 2005 reicht, ist auch die Modellierung auf Grund neuer Erfahrungen angepasst worden. Ferner konnte das Modell „e3.at“ bereits erfolgreich zur Abschätzung von Materialkosteneinsparungen eingesetzt werden (Stocker et al. 2007).

Das Modell ist durch die Konstruktionsprinzipien „Bottom-up“ und „Vollständige Integration“ gekennzeichnet. Das Konstruktionsprinzip „Bottom-up“ besagt, dass jeder der 57 Wirtschaftsbereiche der Volkswirtschaft detailliert modelliert ist und die gesamtwirtschaftlichen Variablen durch explizite Aggregation im Modellzusammenhang gebildet werden. Das Konstruktionsprinzip „Vollständige Integration“ beinhaltet eine komplexe und simultane Modellierung, welche die interindustrielle Verflechtung ebenso beschreibt wie die Entstehung und die Verteilung der Einkommen, die Umverteilungstätigkeit des Staates sowie die Einkommensverwendung der privaten Haushalte für die verschiedenen Güter und Dienstleistungen. Der disaggregierte Aufbau des Modells ist in das vollständig endogenisierte Kontensystem der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen eingebettet.

Damit weist das Modell einen hohen Endogenisierungsgrad auf. Exogen vorgegeben sind im Wesentlichen Steuersätze, die Bevölkerungsentwicklung und die weltwirtschaftliche Entwicklung. Die Struktur des Modells ist hochgradig interdependent. Neben den üblichen Kreislaufinterdependenzen sind die Zusammenhänge zwischen Mengen und Preisen sowie Löhnen und Preisen abgebildet. Hervorzuheben ist, dass das gesamte System simultan gelöst wird. Die Angaben für die weltwirtschaftliche Entwicklung stammen aus dem internationalen GINFORS-System (Meyer, Lutz, Wolter 2003, 2004, 2005; Meyer et al.

2006), das auf der Philosophie des COMPASS-Modells beruht (Meyer, Uno 1999; Vanwynsberghe, Hohmann 2002; Meyer, Lutz 2002, a, b, c).

„e3.at“ ist ein ökonometrisches Input-Output-Modell. In den Verhaltensgleichungen werden EntscheidungsROUTINEN modelliert, die nicht explizit aus dem Optimierungsverhalten der Agenten abgeleitet sind, sondern beschränkte Rationalität zum Hintergrund haben. Die Herstellungspreise sind das Ergebnis einer Aufschlagskalkulation der Unternehmen. Die Zeit ist im Modell historisch und unumkehrbar. Die Kapitalstockfortschreibung generiert Pfadabhängigkeit.

Dem Input-Output-Ansatz wird gemeinhin eine nachfrageorientierte Modellierung zugesprochen. Dies trifft auf das vorliegende Modell allerdings nicht zu. Es ist zwar richtig, dass die Nachfrage die Produktion bestimmt, aber alle Güter- und Faktornachfragevariablen hängen unter anderem von relativen Preisen ab; die Preise sind wiederum durch die Stückkosten der Unternehmen in Form einer Preissetzungshypothese bestimmt. Der Unterschied zu den allgemeinen Gleichgewichtsmodellen, in denen ein Konkurrenzmarkt modelliert wird, liegt in diesem Punkt in der unterstellten Marktform, nicht in der Betonung der einen oder der anderen Marktseite. Anders formuliert: Die Unternehmen wählen aufgrund ihrer Kostensituation und der Preise der konkurrierenden Importe ihren Absatzpreis. Die Nachfrager reagieren darauf mit ihrer Entscheidung, die dann die Höhe der Produktion bestimmt. Angebots- und Nachfrageelemente sind also im gleichen Maße vorhanden (vgl. Meyer 2002).

Neben der in 57 Produktions- bzw. Wirtschaftsbereiche tief gegliederten Ebene der Input-Output-Rechnung enthält das Modell zur Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Variablen das Kontensystem der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) Österreichs mit seinen institutionellen Transaktoren Staat, private Haushalte und private Organisationen ohne Erwerbszweck, finanzielle und nichtfinanzielle Kapitalgesellschaften und das Ausland sowie den funktionellen Transaktoren Produktion, Einkommensentstehung, primäre Einkommensverteilung, sekundäre Einkommensverteilung, Einkommensverwendung, Vermögensänderung und Sachvermögensbildung. Dieses System umfasst sowohl die gesamte Einkommensumverteilung einschließlich der Sozialversicherung als auch die Steuerzahlungen zwischen Staat, privaten Haushalten und Unternehmen. Es ermöglicht so die Berechnung der verfügbaren Einkommen, die wiederum wichtige Determinanten der Endnachfrage sind. Außerdem werden die Finanzierungssalden der institutionellen Transaktoren bestimmt, wodurch auch die staatliche Budgetrestriktion im Modell enthalten ist. Somit ist die gesamte Fiskalpolitik in dieses System endogen eingebunden.

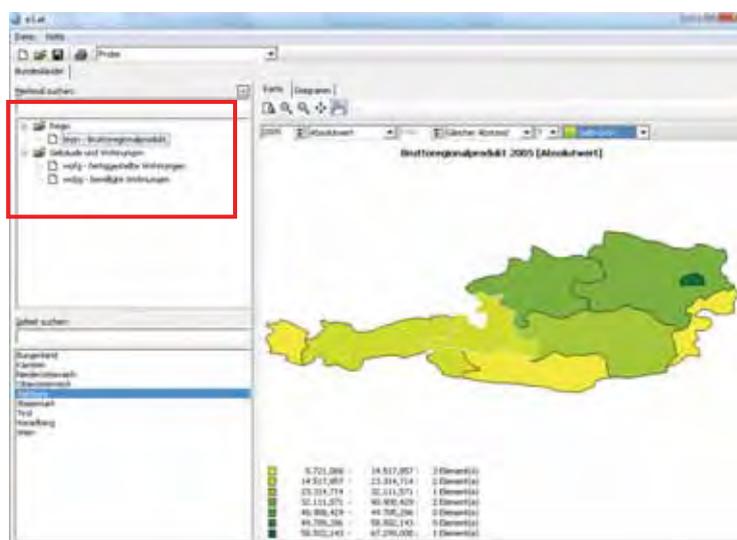
Die Parameter der Modellgleichungen werden mit dem OLS-Verfahren über den Zeitraum 1980 (teilweise ab 1995) bis 2005 ökonometrisch geschätzt. Bei der Auswahl alternativer Schätzansätze werden zunächst a priori-Informationen über Vorzeichen und Größenordnungen der zu schätzenden Koeffizienten genutzt und ökonomisch unsinnige Schätzergebnisse verworfen. Die verbleibenden Schätzungen werden auf Signifikanz der geschätzten Parameter mit dem t-Test geprüft. Ist auf dieser Basis eine Diskriminierung



Vielzahl von Gleichungen. Allein das Kontensystem der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen besteht aus ca. 150 Verhaltens- und Definitionsgleichungen.

Zur Visualisierung von Regionalanalysen steht in Deutschland ein weiteres Tool zur Verfügung, welches in Österreich noch nicht eingesetzt wird. Kartendarstellungen auf Bundes- oder Kreisebene sowie eine weltweite Darstellung der Modellierungsergebnisse veranschaulichen die Regionaldaten plastisch. Für Österreich könnte die Kartendarstellung (vgl. Abbildung 12) in Projekten mit regionalspezifischen Aspekten ebenfalls angewandt werden, wäre jedoch mit hohen Kosten verbunden, da die notwendigen Daten – vor allem auf Gemeindeebene - sehr teuer sind.

**Abbildung 12: Kartendarstellung - Bundesländer Österreichs**



Quelle: eigene Darstellung.

Die Erweiterungen der Oberfläche betreffen neben der graphischen Darstellung auch die thematische Gliederung der Variablen, die vor allem eiligen NutzerInnen ein schnelles Navigieren durch die Datenbank ermöglichen soll. Dieser thematische Zugang zu den Daten wird zur Zeit in die Oberfläche IMAGINE integriert.

Die graphische Darstellung als auch das Gleichungsinformationssystem erhöhen für die NutzerInnen die Transparenz der Modellierung und bieten gleichzeitig umfassende Auswertungsmöglichkeiten.

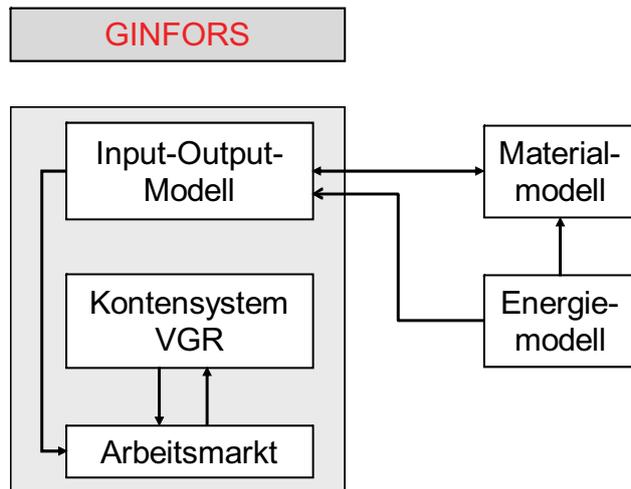
## 5.2 Modellstruktur und Modellkomponenten im Überblick

Für das Verständnis der folgenden Modellbeschreibung ist die Vorstellung eines *simultanen Lösungsverfahrens* hilfreich. Es handelt sich nicht um ein blockrekursives Lösungsverfahren, bei dem das Ergebnis einer Gleichung bzw. eines definierten Gleichungsblocks in den nächsten Gleichungsblock eingeht. Vielmehr ist das Lösungsverfahren iterativ, so dass jedes

Gleichungsergebnis jedes andere Gleichungsergebnis beeinflusst unabhängig davon, an welcher Stelle eine Gleichung im Programmcode abgelegt worden ist.

Das gesamte Modellsystem beinhaltet zum jetzigen Zeitpunkt ein Wirtschaftsmodell, ein Energiemodell, ein Materialmodell und ein Außenhandelsmodul (Verbindung zum Weltmodell GINFORS). Abbildung 13 gibt einen groben Überblick über das Gesamtsystem.

**Abbildung 13: Modellstruktur im Überblick**



Quelle: eigene Darstellung.

Das *Wirtschaftsmodell* umfasst im Wesentlichen ein Input-Output-Modell, die Darstellung des Kontensystems der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen und den Arbeitsmarkt. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Wirtschaftsmodellteile folgt in Kapitel 5.2.2.

Das *Materialmodell* ordnet die inländischen und importierten Materialinputs den extrahierenden bzw. importierenden Wirtschaftssektoren zu. Es wird in Kapitel 5.2.3 näher erläutert.

Das *Energiemodell*, beschreibt den Zusammenhang zwischen ökonomischer Entwicklung, Energieeinsatz und CO<sub>2</sub>-Emissionen. Es umfasst den Primärenergieverbrauch, die Transformation und den Endenergieverbrauch. Es ist in 21 Wirtschaftsbereiche gegliedert und unterscheidet 17 verschiedene Energieträger gemäß der Energiebilanz der Statistik Austria. Kapitel 5.2.4 beschreibt das Energiemodell im Detail.

Das *Außenhandelsmodul* verbindet den österreichischen Außenhandel in Form eines „Soft Links“ mit dem GINFORS-Modell und wird in Kapitel 5.2.1 beschrieben.

### 5.2.1 Das Außenhandelsmodul

Das Außenhandelsmodul verbindet den österreichischen Außenhandel in Form eines „Soft Links“ mit dem GINFORS-Modell (Meyer et al., 2003, 2004). GINFORS „liefert“ Weltimportpreise und die Weltimportnachfrage als Ausgangsgrößen für das österreichische Modellsystem.

GINFORS (Global Interindustry Forecasting System) ist ein zur Analyse internationaler und weltwirtschaftlicher Fragestellungen eingesetztes Modellsystem, das seit 1995 entwickelt worden ist, um die Analyse internationaler und weltwirtschaftlicher Fragestellungen auf eine verbesserte Basis zu stellen. Basierend auf einem umfassenden Datensatz internationaler Statistiken verbindet es die ökonomisch bedeutsamen Länder über ihre Handelsströme. Die Lösung aller Modellteile erfolgt simultan.

Das Modell umfasst 50 Ländermodelle und 2 Regionen, 21 davon inklusive Input-Output-Tabellen, alle anderen sind als Makromodelle angeschlossen. Die Ländermodelle sind über den Außenhandel miteinander verbunden. Diese Verbindung wird über ein bilaterales Handelsmodell gewährleistet, das die Exporte und Importe von 25 Gütergruppen und Dienstleistungen für alle Länder und Regionen erfasst.

Im Zuge des von der Europäischen Kommission geförderten Projektes MOSUS<sup>16</sup> wurde GINFORS auch um bio-physischen Daten (Energie, Materialinput) erweitert, um die Wechselwirkungen zwischen sozio-ökonomischen Aktivitäten und den Druck auf die Umwelt in der EU zu quantifizieren und umweltpolitische Maßnahmen auf ihre sozialen und wirtschaftlichen Auswirkungen hin zu evaluieren. GINFORS enthält Materialmodelle für alle 52 Länder, die auf dem detaillierten Datensatz über die heimische Extraktion beruhen. Diese Zeitreihen wurden von SERI erstellt und im Rahmen des MOSUS-Projektes erstmals mit GINFORS zu einem Gesamtmodell verknüpft.

## **5.2.2 Das ökonomische Modell**

### **5.2.2.1 Datenbasis**

Zentraler Bestandteil der Datenbasis des Wirtschaftsmodells sind die revidierten Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) von Statistik Austria (2006) und das Statistische Jahrbuch Österreichs (2006). Hierzu zählen insbesondere folgende Datensätze:

- Input-Output-Tabellen zu Herstellungspreisen nach 57 Gütergruppen / Produktionsbereichen in jeweiligen Preisen,
- Übergang der Vektoren der letzten Verwendung nach 57 Gütergruppen von Anschaffungspreisen auf Herstellungspreise in jeweiligen Preisen,
- Konten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen in jeweiligen Preisen.

Die historische Datenbasis für die aktuelle Version des Österreich-Modells umfasst grundsätzlich die Jahre 1980 bis 2005. Allerdings liegt ein Großteil des Datensatzes erst ab dem Jahr 1995 vor. Für einen konsistenten Datensatz sind neben den oben aufgeführten Daten noch weitere Informationen nötig. Dies gilt insbesondere für die Vektoren des

---

<sup>16</sup> Das Projekt MOSUS (*Modeling Opportunities and Limits for a Restructuring of Europe Towards Sustainability*) wurde im 5. Rahmenprogramm der EU gefördert (siehe [www.mosus.net](http://www.mosus.net)). In MOSUS wurde GINFORS angewandt, um umweltpolitische Maßnahmen in der EU auf ihre ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Auswirkungen hin zu evaluieren.

Aufkommens und der Verwendung sowie für die Verflechtungsmatrizen (vgl. ANHANG Abbildung 52). Zunächst gilt es im Folgenden die wesentlichen zusätzlichen Datenquellen, die Arbeitsschritte und Hypothesen bei der Erstellung der historischen Datenbasis darzustellen.

Für die Ermittlung der Exporte nach Gütergruppen wird zusätzlich auf die STAN (STructural ANalysis) Daten der OECD zurückgegriffen, da zum Zeitpunkt der Erstellung der Datenbank lediglich für die Jahre 1995, 2000 bis 2003 Informationen aus den Input-Output-Tabellen bzw. den Aufkommens- und Verwendungstabellen vorlagen<sup>17</sup>.

Für die Vektoren der letzten und intermediären Verwendung gilt es den Übergang von Anschaffungs- auf Herstellungspreise abzubilden. Dafür ist eine Übergangsmatrix (vgl. ANHANG Abbildung 53) erstellt worden, die für alle Endnachfragekomponenten die Gütersteuern sowie die Gütersubventionen enthält. Neben den Gütersteuer- und Subventionsmatrizen von Statistik Austria werden die Daten vom Bundesministerium für Finanzen (2006) herangezogen.

### **5.2.2.2 Die ökonomische Modellierung**

Die Input-Output-Tabelle bildet den ökonomischen Kern des Modellsystems. Sie zeigt die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Wirtschaftsbereichen (z.B. Landwirtschaft, Bauwesen, Landverkehr, Energieversorgung) der österreichischen Volkswirtschaft. Dadurch werden nicht nur direkte, sondern auch indirekte Effekte beispielsweise von verschiedenen Politikmaßnahmen sichtbar.

Zu Beginn werden die Endnachfragekomponenten zu Anschaffungspreisen beschrieben: Der Außenhandel, insbesondere die Exportnachfrage, ist das Ergebnis der Entwicklung des Welthandels und der aggregierten Weltimportnachfrage (25 Gütergruppen), die aus dem Weltmodell GINFORS entnommen wurde. Die wichtigste inländische Nachfragekomponente ist der Konsum der privaten Haushalte.

Der Haushalt verteilt sein Konsumbudget auf die 37 Verwendungszwecke (vgl. ANHANG Abbildung 52), wobei neben relativen Preisen – der Preis des nachgefragten Gutes im Verhältnis zur Preisentwicklung des Aggregats – auch u.a. demographische Größen in die Erklärung eingehen. Mittels einer Bridge-Matrix (vgl. ANHANG Abbildung 53) erfolgt dann die Umrechnung von den 37 Verwendungszwecken auf die 57 Gütergruppen. Die Preisentwicklung der Konsumverwendungszwecke geht auf die Entwicklung der Produktionspreise und der auf den Herstellungspreisen liegenden Steuern und Handelsleistungen zurück.

In die Erklärung der Konsumausgaben des Staates gehen die Bevölkerungs- und Lohnentwicklung ein. Aus Vereinfachungsgründen wird bisher eine konstante Verwendungsstruktur des Staates unterstellt.

---

<sup>17</sup> Mittlerweile liegen die Aufkommens- und Verwendungstabellen zusätzlich auch für die Jahre 1997, 1999 und 2004 vor.

Die Bruttoanlageinvestitionen nach Wirtschaftsbereichen (vgl. ANHANG Tabelle 31) sind von der Produktionsentwicklung und dem Kapitalstock abhängig. Der Kapitalstock wird jährlich um die Abgänge reduziert. Die Investitionen nach Wirtschaftsbereichen werden mittels einer Bridge-Matrix nach Gütergruppen umgerechnet. Die Preisentwicklung der Investitionen ist wiederum abhängig von den Produktionspreisen, den Steuern und den Handelsleistungen.

Nachdem die Endnachfragekomponenten zu Anschaffungspreisen bestimmt worden sind, erfolgt die Überführung zu Herstellungspreisen<sup>18</sup>. Dazu werden die Gütersteuern (Mehrwertsteuer, Mineralölsteuer etc.) aus den Werten zu Anschaffungspreisen getrennt nach Endnachfragekomponenten und Gütersteuern heraus gerechnet. Die Handelsleistungen werden umgebucht. Es ergeben sich die Endnachfragekomponenten zu Herstellungspreisen. Ausgehend von der Input-Output-Matrix des Jahres 2000 bleiben die preisbereinigten Inputkoeffizienten konstant<sup>19</sup>. Unter Verwendung der Leontief-Inversen kann dann die Produktion zu Herstellungspreisen ermittelt werden.

Bei der Ermittlung der Herstellungspreise wird wie folgt vorgegangen: Zur Bestimmung der Stückkosten werden explizit die Kostenanteile für inländische und importierte Vorleistungen, Löhne, Abschreibungen und steuerliche Größen berücksichtigt. Zur Bestimmung der Produktionspreise werden die Stückkosten mit einem Aufschlagssatz („markup“) versehen. Dabei wird berücksichtigt, dass die Produktionspreise nicht jeder Kostenveränderung unmittelbar angepasst werden können. Vielmehr werden periodenübergreifende Einflüsse in die Bestimmung der Preise einbezogen.

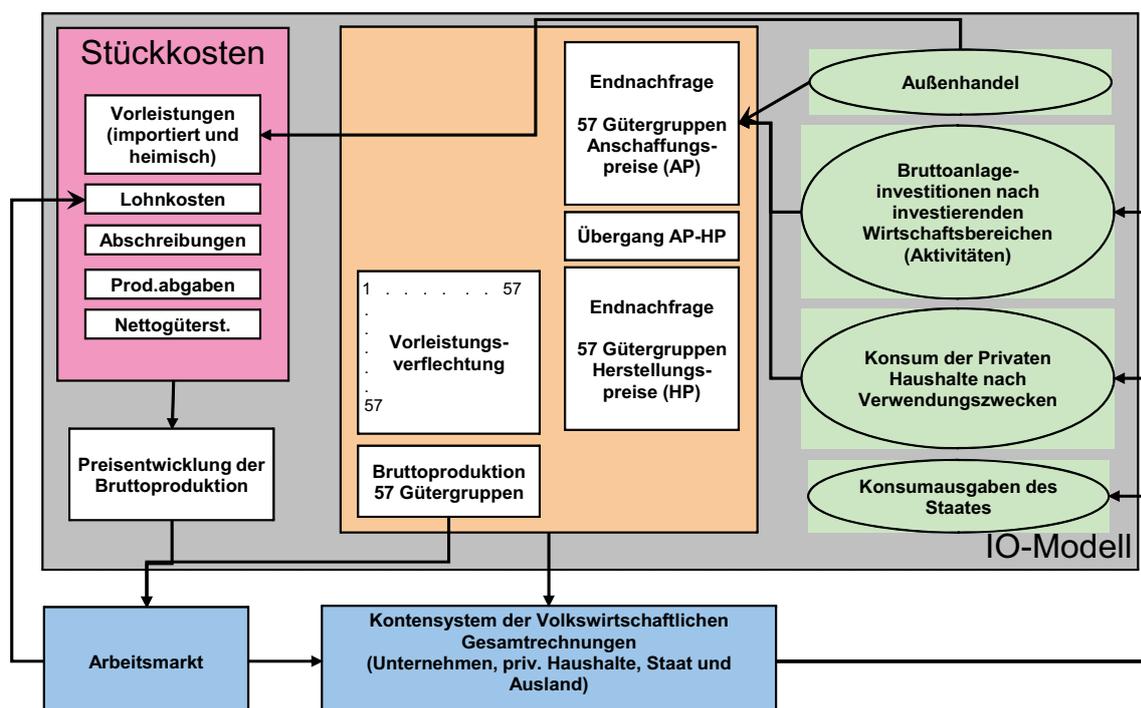
Die Ergebnisse des Input-Output-Modells gehen in den Arbeitsmarkt und in das Kontensystem der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen ein, welche wiederum Einfluss auf die Kostenstruktur sowie die Endnachfrage nehmen. Somit schließt sich auch der Kreislauf: Die Ergebnisse der Endnachfrage bestimmen zusammen mit Produktionstechnologien das Niveau der Produktion, das wiederum die primäre Verteilung der Einkommen beeinflusst. In diesem Ansatz werden sowohl Aspekte der Nachfrageseite als auch des Angebotes zusammengeführt; eine Betonung der einen oder anderen Marktseite liegt daher nicht vor. In Abbildung 14 ist die Struktur des Wirtschaftsmodells ersichtlich, wobei jedoch zu beachten ist, dass die Darstellung eine grobe Vereinfachung zeigt und damit viele endogene Zusammenhänge aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht abgebildet sind.

---

<sup>18</sup> Das Güteraufkommen bzw. die Güterverwendung kann zu Anschaffungs- oder Herstellungspreisen bewertet werden. Der Anschaffungspreis ist der vom Käufer bezahlte Betrag, abzüglich der abziehbaren, aber inklusive der nicht abziehbaren Mehrwertsteuer. Sonstige Gütersteuern und Importabgaben sind ebenfalls inkludiert, Gütersubventionen jedoch nicht. Der Herstellungspreis entspricht dem Betrag, den der Produzent vom Käufer erhält, exklusive der auf den verkauften Waren und Dienstleistungen liegenden Gütersteuern, aber inklusive der auf den Waren und Dienstleistungen liegenden Gütersubventionen (STATISTIK AUSTRIA, 2006).

<sup>19</sup> Durch die Erweiterung des e3.at - Modells um das Energie- und Materialmodell können die Energie- und Materialinputkoeffizienten bestimmt und variiert werden.

Abbildung 14: Schematische Darstellung des Wirtschaftsmodells von „e3.at“



Quelle: eigene Darstellung.

Im Folgenden werden die einzelnen Komponenten des Wirtschaftsmodells beschrieben.

### Die Exportnachfrage

Die Exporte Österreichs in jeweiligen Preisen ( $exn_i$ ) sind das Ergebnis der Entwicklung der weltweiten Nachfrage nach Gütern in USD ( $wwimus_i$ ) und der Entwicklung der relativen Preise, also dem Verhältnis der Exportpreisindizes ( $pex_i$ ) Österreichs und dem mit den jeweiligen Weltmarktanteilen aller Länder gewogenen Durchschnittspreis auf dem Weltmarkt in USD ( $wwimusp_i$ ). Ferner wird der Wechselkurs EUR/USD ( $ATEXRA$ ) berücksichtigt:

$$exn_i = f\left(wwimus_i \cdot ATEXRA_t, \frac{pex_{it}}{wwimusp_{it} \cdot ATEXRA_t}\right) \quad (1)$$

Das Modell GINFORS<sup>20</sup> (Meyer et al. 2007) liefert eine Prognose der aggregierten Weltimportnachfrage ( $wwimus_i$ ) nach 25 Gütern sowie den zugehörigen Preisindex ( $wwimusp_i$ ).

<sup>20</sup> GINFORS (Global INTERindustry FORecasting System) ist ein globales multi-nationales und multi-sektorales Modell, das von der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) entwickelt wurde, um die Analyse internationaler und weltwirtschaftlicher Fragestellungen auf eine verbesserte Basis zu stellen. Das Modell umfasst 50 Ländermodelle und 2 Regionen, 21 davon inklusive Input-Output-Tabellen, alle anderen sind als Makromodelle angeschlossen. Die Ländermodelle sind über den Außenhandel miteinander verbunden. Diese Verbindung wird über ein bilaterales Handelsmodell gewährleistet, das die Exporte und Importe von 25 Gütergruppen und Dienstleistungen für alle Länder und Regionen erfasst.

Eine dynamischere Entwicklung des Welthandels führt auch zu höheren Exporten Österreichs. Soweit die Ergebnisse empirisch signifikant sind, wird Österreich Marktanteile auf dem Weltmarkt hinzugewinnen, sofern der Inlandspreis gegenüber dem Weltmarktpreis zumindest relativ sinkt und damit die Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Wirtschaft zunimmt. Wenn kein gesicherter Zusammenhang festgestellt werden kann, bleibt der Weltmarktanteil Österreichs unverändert.

Die Exportnachfrage nach Dienstleistungen wird ebenfalls unter der Berücksichtigung von Relativpreisen und Weltimportnachfrage abgeleitet. Allerdings liegen die Dienstleistungen in GINFORS nur aggregiert vor.

Grundsätzlich bleibt anzumerken, dass diese Modellierung nur eine reduzierte Form einer vollständigen Abbildung der Außenhandelsbeziehungen darstellt. Eine überlegene Außenhandelsmodellierung ist eine vollständige Integration des e3.at-Modells in das GINFORS Modell, so dass vor allem die bilateralen Handelsbeziehungen zu den Europäischen Nachbarstaaten besser erfasst werden können. Im Auftrag des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung ist das deutsche INFORGE - Modell vollständig mit GINFORS integriert worden, um auch die Wirkungen von und Rückwirkungen auf Deutschland besser abbilden zu können (Meyer et al., 2006). Wegen des außerordentlichen Aufwands einer solchen direkten Verknüpfung ist für das Modell „e3.at“ auf den beschriebenen „soft link“ mit GINFORS zurückgegriffen worden.

### **Konsumnachfrage**

Die wichtigste inländische Nachfragekomponente ist der Konsum der privaten Haushalte ( $cpn_i$ ). Wesentliche Einflussfaktoren der Konsumnachfrage nach  $k=37$  Verwendungszwecken ( $cpvn_k$ ) sind das verfügbare Einkommen der privaten Haushalte ( $B6N00BH$ ), die Preisentwicklung der Konsumgüter insgesamt ( $PCPV$ ) und die jeweiligen Eigenpreise der Verwendungszwecke ( $pcpv_k$ ). Der Konsument orientiert sich bei seiner Kaufentscheidung an der Höhe des preisbereinigten verfügbaren Einkommens ( $B6N00BH/PCPV$ ) und des Verhältnisses aus dem Preis eines Konsumverwendungszwecks zum allgemeinen Konsumpreisniveau ( $pcpv_k/PCPV$ ). Weitere Einflussgrößen zur Erklärung der preisbereinigten Entwicklung eines Konsumverwendungszwecks ( $cpvr_k$ ) sind die Zinsentwicklung und demographische Kennzahlen.

$$cpvr_{kt} = f\left(\frac{B6N00BH_t}{PCPV_t}, \frac{pcpv_{kt}}{PCPV_t}, \dots\right) \quad \forall k \quad (2)$$

Die beschriebene Modellierung geht davon aus, dass die Konsumnachfrage durch das Verhalten eines Durchschnittshaushalts erklärt werden kann. Eine detailliertere Modellierung sollte von sozioökonomischen Haushaltstypen ausgehen (Wolter, 2005).

Die Preisentwicklung nach 37 Verwendungszwecken im Anschaffungspreiskonzept ( $cpvn_k$ ) umfasst neben der Entwicklung der Preise der Güter im Herstellungspreiskonzept ( $ps_i$ ) auch darauf liegende Steuern (u.a. Mehrwertsteuern, Tabaksteuern, Stromsteuern) und Handels-

leistungen. Die Entwicklung der Konsumpreise nach 37 Verwendungszwecken wird daher mit der Entwicklung der zugeordneten Güterpreise ( $ps_i$ ) und den güterspezifischen Aufschlagssätzen ( $ass_i$ ) für Steuern u. ä. erklärt.

$$pcpv_{kt} = f(ps_{it}, ass_{it}) \quad \forall i \in k \quad (3)$$

Die Konsumausgaben nach Verwendungszwecken in jeweiligen Preisen ( $cpvn_k$ ) ergeben sich definitorisch aus:

$$cpvn_{kt} = cpvr_{kt} \cdot pcpv_{kt} \quad \forall k \quad (4)$$

Mittels einer Bridge-Matrix ( $CPX_{ik}$ ), werden die Konsumverwendungszwecke zu Gütergruppen umgebucht. Es entsteht der Konsum der privaten Haushalte nach Gütergruppen ( $cpn_i$ ):

$$cpn_{it} = CPX_{ikt} \cdot cpvn_{kt} \quad \forall i, k \quad (5)$$

Die Konsumnachfrage der Organisationen ohne Erwerbszweck ( $CPON$ ) wird im Aggregat mit der Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes in jeweiligen Preisen ( $BIPN$ ) fortgeschrieben. Anschließend werden unter der Annahme konstanter Konsumstruktur die Nachfrage nach Gütergruppen ( $cpon_i$ ) bestimmt.

$$CPON_t = f(BIPN_t) \quad (6)$$

$$cpon_{it} = cpon_{it-1} \cdot \frac{CPON_t}{CPON_{t-1}} \quad \forall i \quad (7)$$

In die Erklärung der Konsumausgaben des Staates ( $CSN$ ) insgesamt geht das verfügbare Einkommen des Staates ( $B6N00BG$ ) ein. Damit wird unterstellt, dass zusätzliche Steuereinnahmen auch zu einer zusätzlichen Konsumnachfrage des Staates führen. Eine alternative Modellierung könnte die Konsumnachfrage des Staates durch Bedarfsgrößen erklären. Dann würden zusätzliche Steuereinnahmen vollständig zu einer Verbesserung des Finanzierungssaldo des Staates ( $B9000BG$ ) beitragen.

Die Güternachfragestruktur bleibt über die Jahre erhalten:

$$CSN_t = f(B6N00BG_t) \quad (8)$$

$$csn_{it} = csn_{it-1} \cdot \frac{CSN_t}{CSN_{t-1}} \quad \forall i \quad (9)$$

Im Rahmen des Projektes wurde für den Staat die einfache Modellierung gewählt. Eine detaillierte Modellierung, die z.B. nach Gütern des Kollektivkonsums (u.a. Verteidigung, Verwaltung) und des Individualkonsums (u.a. Gesundheitsleistungen des Krankenversicherungssystems) des Staates differenziert, konnte im Rahmen des Projektes noch nicht geleistet werden. Es wird allerdings im Zuge des nächsten Modellupdates eine differenziertere Modellierung angestrebt.

### **Investitionsnachfrage**

Die preisbereinigten Bruttoanlageinvestitionen nach Wirtschaftsbereichen ( $baisr_j$ ) sind abhängig von der Entwicklung der preisbereinigten Produktion nach Wirtschaftsbereichen ( $ysr_j$ ) und der Entwicklung des Kapitalstocks ( $ksr_j$ ).

$$baisr_{jt} = f(ysr_{jt}, ksr_{jt-1}) \quad (10)$$

Steigt der Kapitalstock stärker als die Ausbringung, gehen die Investitionen tendenziell zurück. Eine zunehmende Ausbringung führt dagegen zu größeren Investitionen. Der Kapitalstock ergibt sich aus den Abgängen ( $asr_j$ ), die sich unter der Berücksichtigung von durchschnittlichen Nutzungsdauern der Investitionsgüter ergeben, dem Kapitalstock des Vorjahres ( $ksr_{j,t-1}$ ) und den Bruttoanlageinvestitionen des aktuellen Jahres ( $baisr_j$ ).

$$ksr_{jt} = ksr_{jt-1} + baisr_{jt} - asr_{jt} \quad (11)$$

Eine Sonderstellung nehmen die Investitionen im Realitätenwesen ein. Sie sind im Gegensatz zu der beschriebenen Modellierung von der Entwicklung des preisbereinigten verfügbaren Einkommens der privaten Haushalte und dem Verhältnis von Kapitalstock zur Bevölkerungsentwicklung abhängig. Steigende Einkommen der privaten Haushalte sorgen für eine steigende Nachfrage nach Wohnungen. Wächst der Kapitalstock stärker als die Bevölkerung, belastet dies die Entwicklung der Investitionen. Eine detailliertere Modellierung sollte auf Basis eines Wohnungsbestandsmodells beruhen und zusätzlich die Anzahl der Haushalte einbeziehen (Ahlert et al. 2007). Ferner führen steigende Einkommen zu höheren Quadratmeterzahlen und besseren Ausstattungen von Wohnungen.

Die Preisentwicklung der Bruttoanlageinvestitionen nach Wirtschaftsbereichen ( $pbais_j$ ) ist von der Entwicklung der Güterpreise ( $ps_i$ ) und den Aufschlagssätzen für Steuern und Handelsleistungen ( $ass_i$ ) abhängig. Dabei werden die Güter  $i$  den entsprechenden Wirtschaftsbereichen  $j$  zugeordnet:

$$pbais_{jt} = f(ps_{it}, ass_{it}) \quad (12)$$

Die Investitionen in jeweiligen Preisen ( $baisn_j$ ) ergeben sich dann definitorisch zu:

$$baisn_{jt} = pbais_{jt} \cdot baisr_{jt} \quad (13)$$

Die Überleitung aus den investierenden Wirtschaftsbereichen zu den zugeordneten Gütergruppen ( $bain_i$ ) geschieht wiederum mittels einer Bridge-Matrix ( $BAINX_{ij}$ ):

$$bain_{it} = BAINX_{ijt} \cdot baisn_{jt} \quad (14)$$

### **Lagerveränderungen und Nettozugang an Wertsachen**

Die Modellierung der Vorratsveränderungen ( $ivn_i$ ) im Prognosezeitraum unterliegt der einfachen Hypothese, dass sie über alle Gütergruppen konstant bleiben.

### **Übergang von Anschaffungs- zu Herstellungspreisen**

Die bisher beschriebenen Endnachfragekomponenten sind zu Anschaffungspreisen bewertet. D.h. sie enthalten neben den zugrunde liegenden Preisen für die Güter auch Steuern und Handelsleistungen. Zu den Steuern zählen die Mehrwertsteuer sowie sonstige Gütersteuern (z.B. Tabaksteuer, Mineralölsteuer). Für die Jahre 2000 bis 2003 liegen Informationen über die Steuerbelastungen und Subventionen der einzelnen Endnachfragekomponenten und Gütergruppen vor. Eine Aufteilung der Gütersteuern in Mehrwertsteuer und sonstige Gütersteuern erfolgt anhand des Verhältnisses des dazugehörigen Makrowertes.

Aus den historisch gegebenen Informationen über den Anteil der Steuern, Subventionen und Handelsleistungen an den Anschaffungspreisen werden Übergangsquoten ( $UAHIQ_{ij}$ ) gebildet. Aus den bereits bestimmten Endnachfragevektoren zu Anschaffungspreisen können so die Endnachfragekomponenten zu Herstellungspreisen bestimmt werden. Es gilt jedoch grundsätzlich:

$$HP = UAHIQ_{i,j} \cdot AP \quad (15)$$

Die Quotenmatrix ( $UAHIQ_{ij}$ ) ist konstant. Allerdings ist sie im Rahmen von Szenarien anpassbar. So könnte beispielsweise die Tabaksteuer erhöht werden.

Der Übergang ist an dieser Stelle noch nicht vollständig: Zwar ist die gesamte letzte Verwendung sowohl im Anschaffungs- als auch im Herstellungspreiskonzept (vgl. ANHANG Abbildung 53) erfasst. Es fehlt allerdings noch die Berechnung der Vorleistungsnachfrage nach beiden Preiskonzepten ( $vgn_i$ ,  $vgun_i$ ). Diese Berechnung kann aber erst nach der Bestimmung der Vorleistungsverflechtung ( $YN_{ij}$ ) geschehen.

### **Produktion zu Herstellungspreisen**

Ausgehend von der gesamtwirtschaftlichen Input-Output-Matrix des Jahres 2000 ( $YN_{ij}[2000]$ ) bleiben die preisbereinigten Inputkoeffizienten ( $AR_{ij}$ ) konstant, es sei denn, sie werden im Rahmen von Modellerweiterungen (Energiemodell, Materialmodell etc.) an konkret bekannte Veränderungen angeschlossen. Die Inputkoeffizienten in jeweiligen Preisen ( $AN_{ij}$ ) ergeben sich zu:

$$AN_{ijt} = AR_{ijt} \cdot \frac{ps_{it}}{ps_{jt}} \quad (16)$$

Unter Anwendung der Leontief-Inversen und der Berücksichtigung, dass es sich um eine gesamtwirtschaftliche Vorleistungsverflechtungsmatrix handelt, in der sowohl heimische als auch importierte Vorleistungen enthalten sind, gilt:

$$ygn_{jt} = (I_{ij} - AN_{ijt})^{-1} \cdot (fgun_{it} - imn_{it}) \quad (17)$$

Der Vektor  $fgun_i$  ist die Summe der Vektoren der Endnachfragen der jeweiligen Güter zu Herstellungspreisen;  $imn_i$  steht für die Importe von Vorleistungen und Fertigprodukten je

Gütergruppe insgesamt und  $I_{ij}$  ist die Einheitsmatrix. Eine Interpretation der implizit enthaltenen Produktionsfunktion kann bei Meyer et al. (1996) nachgelesen werden.

Mittels der Bridge-Matrix ( $MAKEX_{ij}$ , vgl. ANHANG Abbildung 54) wird der Vektor der Produktion nach Produktionsbereichen zu jeweiligen Preisen ( $ygn_j$ ) in die Produktion nach Wirtschaftsbereichen ( $ysn_j$ ) überführt:

$$ysn_{jt} = MAKEX_{ij}^{-1} ygn_{it} \quad (18)$$

### **Vorleistungsnachfrage**

Bisher ist die Verwendungsseite der Volkswirtschaft im Anschaffungspreiskonzept wie auch im Herstellungspreiskonzept in seinem Modellzusammenhang aufgezeigt worden. Die Darstellung der Produktion einer Volkswirtschaft wird im folgenden Kapitel erörtert.

Die Absatzstruktur wird von der Nachfrageseite bestimmt, da sich der Produktionswert, d.h. die Summe des Wertes aller in einer Volkswirtschaft produzierten Güter und Dienstleistungen, aus der letztendlich möglichen absetzbaren Menge ergibt. Allerdings wird die Nachfrageseite wiederum durch die Preissetzungspolitik der Unternehmen beeinflusst.

Für die Herstellung der nachgefragten Güter und Dienstleistungen treten die Produktionsbereiche als Nachfrager für Vorleistungsgüter auf. Die intermediäre Verwendung addiert sich dann mit der letzten Verwendung zu der gesamten Verwendung der Volkswirtschaft auf. Einen Überblick über den Zusammenhang zwischen der Endnachfrage und der Produktion liefert Abbildung 15.

Abbildung 15: Input-Output-Tabelle zu Herstellungspreisen

Übergang der Vektoren der letzten und intermediären Verwendung vom Herstellungspreiskonzept auf das Anschaffungspreiskonzept (s. Abbildung "Übergang Verwendung")

Input-Output-Tabelle in jeweiligen Preisen (Herstellungspreiskonzept)		Intermediäre Verwendung von Gütern		Letzte Verwendung von Gütern								Gesamte Verwendung von Gütern
		Input der Produktionsbereiche		Intermediäre Verwendung zusammen	Konsumausgaben priv. Haushalte	Konsumausgaben priv. Org. o. E.	Konsumausgaben des Staates	Investitionen		Exporte	Letzte Verw. Zusammen	
Güterverbrauch		57		Σ				Bruttoanlageinvestitionen	Vorratsveränd.		Σ	Σ
Güteraufkommen		57		Σ							Σ	Σ
Output nach Gütergruppen 1 ..... 57		YUN <sub>j</sub>		vgun <sub>i</sub>	cpun <sub>i</sub>	cpoun <sub>i</sub>	csun <sub>i</sub>	baiun <sub>i</sub>	ivun <sub>i</sub>	exun <sub>i</sub>	fgun <sub>i</sub>	gvun <sub>i</sub>
		Σ Vorleistungseinsatz zusammen		vegun <sub>j</sub>	VGUN = CPUN	VEGUN = CPOUN	VEGUN = CSUN	VEGUN = BAIUN	VEGUN = IVUN	VEGUN = EXUN	VEGUN = FGUN	VEGUN = GVUN
		+ Gütersteuern abzgl. Gütersubventionen		ngutven <sub>j</sub>	NGUTVEN							
		Vorleistungseinsatz zu Anschaffungspreisen		vegn <sub>j</sub>	VEGN							
		+ Bruttowertschöpfung		bwgn <sub>j</sub>	BWGN							
		= Produktionswert		ygn <sub>j</sub>	YGN							
		+ Importe gleichartiger Güter zu cif-Preisen		imn <sub>j</sub>	IMN							
	= Gesamtes Aufkommen an Gütern		gaun <sub>j</sub>	GAUN								

Quelle: eigene Darstellung.

Die Vorleistungsverflechtungsmatrix ( $YN_{ij}$ ) kann dann definitorisch durch die Inputkoeffizientenmatrix ( $AN_{ij}$ ) und dem Bruttoproduktionswert ( $ygn_j$ ) bestimmt werden.

$$YN_{ijt} = \frac{AN_{ijt}}{100 \cdot ygn_{jt}} \quad (19)$$

Damit ist auch die intermediäre Verwendung nach  $i$  Gütergruppen ( $vgun_i$ ) durch Aufsummierung der Zeilensummen der Vorleistungsverflechtungsmatrix ( $YN_{ij}$ ) und der Vorleistungseinsatz ( $vegun_j$ ) durch Aufsummierung der Spaltensummen der Vorleistungsverflechtungsmatrix ( $YN_{ij}$ ) bestimmt.

$$vegun_{jt} = \sum_j YN_{ijt} \quad (20)$$

$$vgun_{jt} = \sum_i YN_{ijt} \quad (21)$$

Die gesamte Verwendung ( $gvun_i$ ) zu Herstellungspreisen ergibt sich aus der Addition der intermediären ( $vgun_i$ ) und der letzten Verwendung ( $fgun_i$ ):

$$gvun_{it} = vgun_{it} + fgun_{it} \quad (22)$$

## Importe und Importpreise

Die nominalen Importe ( $imn_i$ ) weist Statistik Austria für 57 Gütergruppen aus. Diese umfassen sowohl die importierte letzte Verwendung als auch die importierte Vorleistungsnachfrage. Die Importpreise ( $pim_i$ ) geben die Weltmarktpreise ( $wwimus_i$ ) aus GINFORS vor.

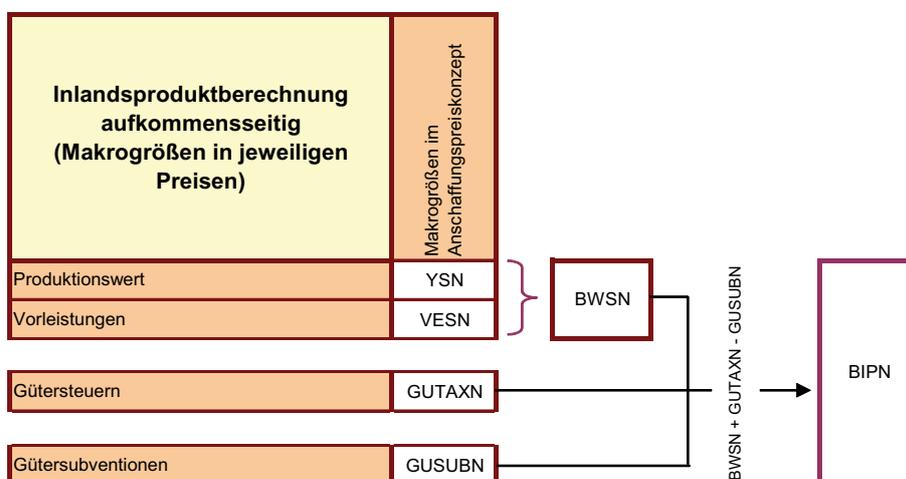
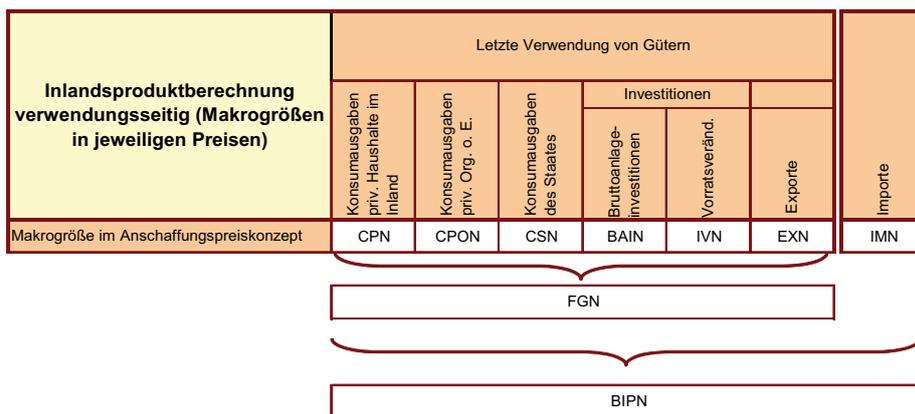
Die preisbereinigten Importe ( $imr_i$ ) berechnen sich aus der Relation zwischen nominalen Importen ( $imn_i$ ) und den Importpreisen ( $pim_i$ ).

$$imr_{it} = \frac{imn_{it}}{pim_{it} \cdot 100} \quad (23)$$

## Inlandsproduktberechnung

Nachdem die Nachfragekomponenten als auch der Produktionswert, die Vorleistungen und der Übergang von den Herstellungs- auf das Anschaffungspreiskonzept bestimmt sind, kann das Bruttoinlandsprodukt sowohl verwendungs- als auch aufkommenseitig ermittelt werden (vgl. Abbildung 16).

Abbildung 16: Inlandsproduktberechnung (Aufkommens- und Verwendungsseitig)



Quelle: eigene Darstellung.

### **Bestimmung der österreichischen Herstellungspreise**

Die Bestimmung der Preisentwicklung ist das Ergebnis einer Aufschlagskalkulation („mark up“): Der Unternehmer kalkuliert seine Preise auf Basis seiner, ihm hinreichend gut bekannten Kostensituation. Der Gewinn ergibt sich dann als Residuum von Umsatz und Kosten.

Die hier verwendete Stückkostenkalkulation mit anschließender Aufschlagskalkulation geht davon aus, dass nur begrenzte Informationen vorliegen und keine perfekten Märkte existieren. Damit können die Spezifika der Marktsituation jeder Branche berücksichtigt werden. Die Stückkosten setzen sich aus fünf Komponenten zusammen:

$$ucvl_{it} = MRT_{ijt} \cdot \frac{pim_{it}}{100.0} + (ART_{ijt} - MRT_{ijt}) \cdot \frac{ps_{it}}{100} \quad (24)$$

*ucvl<sub>i</sub>*: Stückkostenentwicklung importierter und inländischer Vorleistungsgüter und bezogener Dienstleistungen. Die Wägung der Preisentwicklung erfolgt auf Basis der Vorleistungsverflechtung.

$$uclk_{it} = \frac{lsn_{it}}{ysr_{it} \cdot 100} \quad (25)$$

*uclk<sub>i</sub>*: Stückkostenentwicklung der eingesetzten Arbeitsinputs

$$ucaf_{it} = \frac{asn_{it}}{ysr_{it} \cdot 100} \quad (26)$$

*ucaf<sub>i</sub>*: Stückkostenentwicklung der steuerlichen Abschreibungen

$$ucnp_{it} = \frac{npsn_{it}}{ysr_{it} \cdot 100} \quad (27)$$

*ucnp<sub>i</sub>*: Stückkostenentwicklung der Nettoproduktionsabgaben

$$ucng_{it} = \frac{ngutven_{it}}{ysr_{it} \cdot 100} \quad (28)$$

*ucng<sub>i</sub>*: Stückkostenentwicklung der Nettogütersteuern auf Vorleistungseinsätze

Insgesamt ergeben sich dann die Stückkosten (*uc<sub>i</sub>*) zu:

$$uc_{it} = ucvl_{it} + uclk_{it} + ucaf_{it} + ucnp_{it} + ucng_{it} \quad (29)$$

Diese Modellierung stellt sicher, dass jede Verteuerung von Produktionsfaktoren und weiteren Kostengrößen explizit in die Stückkosten eingeht. Die Modellierung der Preise (*ps<sub>i</sub>*) ist dann nicht nur von den Stückkosten, sondern auch von Vergleichspreisen auf dem Weltmarkt abhängig. Als Indikator wird die Importpreisentwicklung (*pim<sub>i</sub>*) herangezogen. Die Gewichtung der Stückkosten und Importpreise in der Bestimmung der Preisentwicklung ist vom Anteil der Importe an der gesamten Verwendung abhängig. Je stärker ein Gütermarkt

von Importen geprägt ist, desto mehr muss oder kann sich der heimische Produzent an diesen Preisen ausrichten, um sich entweder nicht aus dem Markt zu kalkulieren oder um höhere Gewinne zu realisieren. Es gilt:

$$ps_{it} = (1 + \alpha) \cdot [(1 - \beta) \cdot uc_{it} + \beta \cdot pim_{it}] \quad (30)$$

Der Term  $(1 + \alpha)$  steht für den Aufschlagsatz, der sich am aktuellen Datenrand des Modells ergibt (z.Z. 2005);  $\beta$  ist der Importanteil. Die Folge dieser Modellierung ist, dass sinkende Preise für einige Güter auf Grund globaler Handelsbeziehungen (z.B. Textilien) die heimischen Produzenten zu Preisreduktionen zwingen und damit die Gewinne der betroffenen Branchen reduzieren. Der Gewinn einer Branche ist damit nicht das Ergebnis einer Gewinnmaximierung oder Kostenminimierung sondern der Saldo von Einnahmen und Ausgaben.

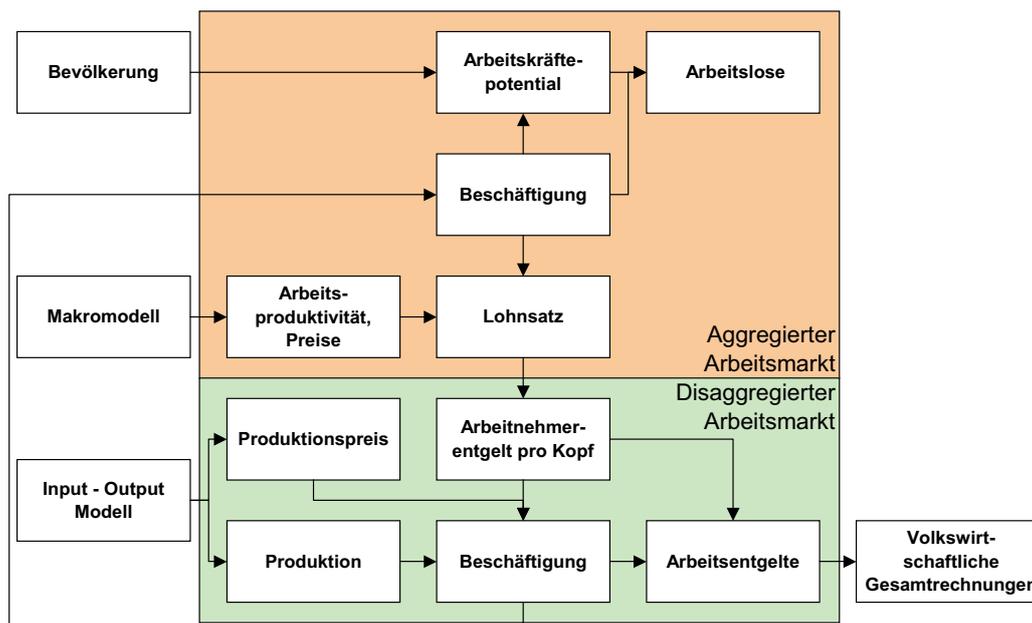
Die Produktionspreise zu Herstellungspreisen gehen in die Konsumnachfrage der privaten Haushalte ein, die ihre Konsumententscheidung vor dem Hintergrund ihres Einkommens, der Preisentwicklung und ihrer Konsumgutspezifischen Verhaltensweise treffen:

$$cpvr_{it} = f\left(\frac{B6N00BH_t}{PCPV_t}, \frac{pcpvi_t}{PCPV_t}, \dots\right) \quad (31)$$

### **Arbeitsmarkt**

Der Arbeitsmarkt (vgl. Abbildung 17, ANHANG Abbildung 55) besteht aus einem aggregierten und einem disaggregierten Teil. Im aggregierten Teil wird das gesamtwirtschaftliche Arbeitsangebot (*AKPL*) in Anlehnung an die demographische Entwicklung bestimmt. Zusammen mit der gesamtwirtschaftlichen Nachfrage ergibt sich die Anzahl der Arbeitslosen (*ALSE*). Zur Ermittlung der gesamtwirtschaftlichen Arbeitsnachfrage wird in einem ersten Schritt die gesamtwirtschaftliche Lohnfunktion abgeleitet: Die durchschnittliche Jahreslohnsumme der Beschäftigten (*JLS*) ist abhängig von der gesamtwirtschaftlichen Arbeitsproduktivität (*APB*), der Konsumpreisentwicklung (*PCPV*) und der Situation auf dem Arbeitsmarkt. Die sich ergebende Größe dient als Indikator für die Entwicklung in den 57 Wirtschaftsbereichen der österreichischen Ökonomie (disaggregierter Arbeitsmarkt). Das jeweilige Arbeitnehmerentgelt pro Kopf (*Isn<sub>i</sub>*) jedes Wirtschaftsbereichs wird in Beziehung zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung gestellt. In die empirischen Erklärungen gehen ferner Dummies und Zeittrends ein.

**Abbildung 17: Arbeitsmarkt**



Die Nachfrage nach Beschäftigten ( $bas_i$ ) ist eine Funktion der Produktionsentwicklung und der Veränderung des Relativpreises bestehend aus dem Arbeitnehmerentgelt ( $lsn_i$ ) und der Preisentwicklung der Produktion des jeweiligen Wirtschaftsbereichs (Reallohnentwicklung). Ferner gehen Zeittrends, die als technische Trends interpretiert werden, in die Schätzung ein. Die Arbeitsproduktivität eines Sektors ergibt sich definitorisch. Durch die branchenweise Zusammenführung von Beschäftigtenzahl und Arbeitnehmerentgelt ergibt sich der Vektor der Arbeitsentgelte ( $LSN$ ), der dann als Aggregat in das Kontensystem eingeht.

Die Datenbasis des Arbeitsmarktmodells wurde weiters um die durchschnittlich tatsächlich geleistete wöchentliche Arbeitszeit ( $basaz$ ) der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten, um das Arbeitszeitvolumen ( $basav$ ) sowie um die Qualifikation der Beschäftigten nach Wirtschaftsbereichen und Bildungsebenen ( $WBQUAL$ ) ergänzt (Mikrozensus-Arbeitskräfteerhebung (2005, 2006); Arbeitskräfteerhebung der Statistik Austria (2006); Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien (2005)). Für den Prognosezeitraum wird unterstellt, dass die Qualifikationsstruktur der Beschäftigten in den Wirtschaftsbereichen und der Arbeitslosen konstant bleibt. Das Arbeitskräftepotential wird derzeit vereinfacht aus der aggregierten Bevölkerungsentwicklung abgeleitet. Um gesicherte Aussagen zu erhalten, müssen detailliertere Modellierungen vorgenommen werden, die innerhalb dieses Projektes nicht zu leisten waren.

### **Kontensystem der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen**

Das Kontensystem der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen steht für den Zeitraum 1991 bis 2005 von Statistik Austria zur Verfügung (vgl. Abbildung 18).

**Abbildung 18: Kontensystem der VGR**

Kontensystem der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen			Insgesamt (S1)		Unternehmen (S11, S12)		Staat (S13)		Haushalte (S14, S15)		Übrige Welt (S2)	
2005	ESA Code		Verwen- dung	Aufkom- men	Verwen- dung	Aufkom- men	Verwen- dung	Aufkom- men	Verwen- dung	Aufkom- men	Verwen- dung	Aufkom- men
<b>Produktionskonto</b>												
Produktionswert	P1			440,02		304,54		36,76		98,71		
Vorleistungen	P2		220,58		186,39		11,19		43,00			
Abschreibungen	K1		35,05		24,33		3,01		7,71			
Nettowertschöpfung	B1n		210,05		113,82		22,56		48,00			-11,66
<b>Einkommensentstehungskonto</b>												
Nettowertschöpfung	B1n			210,05		113,82		22,56		48,00		-11,66
Arbeitnehmerentgelte	D1		119,40		77,26		22,72		19,43		1,47	
Produktions- und Importabgaben	D2		36,05		5,20		0,48		1,51		0,00	
Subventionen	D3		-8,48		-2,69		0,00		-2,59		0,00	
Nettobetriebsüberschuss	B2/3n		63,07		34,05		-0,64		29,66			-13,13
<b>Primäres Einkommensverteilungskonto</b>												
Nettobetriebsüberschuss	B2/3n			63,07		34,05		-0,64		29,66		-13,13
Arbeitnehmerentgelte	D1			119,41		0,00		0,00		119,41		1,46
Produktions- und Importabgaben	D2			35,21		0,00		35,21		0,00		0,84
Subventionen	D3			-7,06		0,00		-7,06		0,00		-1,42
Vermögenseinkommen	D4		65,73		62,65		56,31		35,80		7,07	3,35
Primäreinkommen	B5n		207,56		13,54		23,80		170,22			-9,17
<b>Sekundäres Einkommensverteilungskonto</b>												
Primäreinkommen	B5n			207,56		13,54		23,80		170,22		-9,17
Einkommen- und Vermögenssteuern	D5		31,48		31,48		5,83		0,00		31,48	25,65
Sozialbeiträge und monetäre Sozialleistungen	D6		92,23		92,36		2,43		4,00		46,03	39,59
Sonstige laufende Transfers	D7		56,63		50,35		10,74		6,50		38,79	35,82
Verfügbare Einkommen	B6n		201,41		5,05		45,88		150,49			-3,02
<b>Einkommensverwendungskonto</b>												
Verfügbare Einkommen	B6n			201,41		5,05		45,88		150,49		-3,02
Zunahme betrieblicher Versorgungsansprüche	D8		0,87		0,87		0,00		0,00		0,00	0,87
Konsum	P3		182,04		0,00		0,00		44,47		137,58	
Sparen	B8n		19,37		4,18		1,41		13,78			-3,02
<b>Vermögensänderungs- und Sachvermögensbildungskonto</b>												
Sparen				19,37		4,18		1,41		13,78		-3,02
Vermögenstransfers	D9		9,35		9,18		0,53		5,29		8,18	2,34
Abschreibungen	K1			35,05		24,33		3,01		7,71		0,55
Bruttoinvestitionen	P5		51,40		36,82		2,78		11,79			0,73
Nettozugang an nicht produzierten Vermögensgütern	K2		0,01		0,22		-0,19		0,00			-0,01
Finanzierungssaldo	B9		2,83		-3,78		-4,01		10,61			-2,83

Das System der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) spiegelt ein weitgehend umfassendes und übersichtliches quantitatives Gesamtbild des wirtschaftlichen Geschehens einer Volkswirtschaft wider. Während die Input-Output-Rechnung ein den Sektorkonten des Kontensystems der VGR vorgelagertes tief disaggregiertes gesamtwirtschaftliches Güterkonto darstellt, welches die produktionsspezifischen Zusammenhänge innerhalb der Volkswirtschaft im Detail abbildet, konzentriert sich das Kontensystem der VGR insbesondere auf die Darstellung der Einkommensentstehung, -verteilung und -verwendung. Innerhalb des Kontensystems der VGR erfolgt die Zurechnung der wirtschaftlichen Betätigung einer Wirtschaftseinheit zu einer Volkswirtschaft nach dem Inländerkonzept. Darunter werden die wirtschaftlichen Betätigungen aller Wirtschaftseinheiten gerechnet, die ihren ständigen Sitz/Wohnsitz im Wirtschaftsgebiet<sup>21</sup> halten. Zu einem Wirtschaftsgebiet kann die gesamte Volkswirtschaft (Österreich) oder nur ein Teil von ihr (Bundesland) gerechnet werden. Die

<sup>21</sup> Bei der Abgrenzung ist die Staatsangehörigkeit wie auch die Rechtsform einer Wirtschaftseinheit i.d.R. ohne Bedeutung. Dem gegenüber steht das Inlandskonzept, wonach alle wirtschaftlichen Aktivitäten in einer Region unabhängig vom Wohnsitz der Wirtschaftseinheit im Fokus stehen. Letzteres liegt dem Prinzip der IOT zu Grunde (Bleses, 2007 S. 89).

Region, die außerhalb des betrachteten Wirtschaftsgebietes liegt, wird als übrige Welt bezeichnet.

Die Wirtschaftseinheiten werden in Sektoren (institutionelle Transaktoren) nach Art und Kombination ihrer Tätigkeiten und ihren Finanzierungsmöglichkeiten zusammengefasst. Das Kontensystem der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen weist grundsätzlich die folgenden fünf institutionellen Transaktoren aus:

- Nichtfinanzielle Kapitalgesellschaften,
- Finanzielle Kapitalgesellschaften,
- Staat,
- Private Haushalte und Organisationen ohne Erwerbszweck,
- Übrige Welt.

In seiner hier implementierten und vereinfachten Form wird zwischen privaten Haushalten einschließlich privaten Organisationen ohne Erwerbszweck (S14, S15), Staat (S13) und Unternehmen (S11, S12) unterschieden. Diese drei Sektoren ergeben die Darstellung des Inlands (S1). Ferner wird das Ausland (S2) erfasst.

Die Kontenabfolge (Zeilen) gibt eine systematische Beschreibung der verschiedenen Phasen des Wirtschaftskreislaufes und entspricht der üblichen Struktur (vgl. European System of Accounts 1995<sup>22</sup>). Dargestellt werden:

- Produktion von Gütern und Dienstleistungen
- Einkommensentstehung
- Primäre Einkommensverteilung (Erwerbs- und Vermögenseinkommen)
- Sekundäre Einkommensverteilung (Umverteilung)
- Einkommensverwendung (Konsum und Sparen)
- Vermögensbildung (Investitionen etc.).

Jedes dieser Konten bildet für die Transaktoren jeweils einen der folgenden Ausschnitte des wirtschaftlichen Geschehens ab.

Einen Überblick über sämtliche Größen des Kontensystems mit ihren Variablennamen und ihrem Buchungszusammenhang ist in Abbildung 19 zu finden.

---

<sup>22</sup> siehe <http://forum.europa.eu.int/irc/dsis/nfaccount/info/data/esa95/esa95-new.htm>, abgerufen 20.12.2006, 15:35.

**Abbildung 19: VGR - Buchungszusammenhang**

Hauptaggregate der Sektoren					
Gegenstand der Nachweisung	Variablenbezeichnung				
	Gesamte Volkswirtschaft	Nichtfinanzielle und Finanzielle Kapitalgesellschaften	Staat	Private Haushalte und private Org. o.E.	Übrige Welt
<b>Produktionskonto</b>					
Produktionswert .....	P1000RT	P1000RC	P1000RG	P1000RH	
- Vorleistungen .....	P2000UT	P2000UC	P2000UG	P2000UH	
- Abschreibungen .....	K1000UT	K1000UC	K1000UG	K1000UH	
= Nettowertschöpfung .....	B1N00BT	B1N00BC	B1N00BG	B1N00BH	B1N00BW
<b>Einkommensentstehungskonto</b>					
- Geleistete Arbeitnehmerentgelte .....	D1000UT	D1000UC	D1000UG	D1000UH	D1000UW
- Geleistete sonstige Produktionsabgaben .....	D2000UT	D2000UC	D2000UG	D2000UH	
+ Empfangene sonstige Subventionen .....	D3000RT	D3000RC	D3000RG		D3000RW
= Betriebsüberschuss/Selbstständigeneinkommen .....	B2N00BT	B2N00BC	B2N00BG	B2N00BH	B2N00BW
<b>Primäres Einkommensverteilungskonto</b>					
+ Empfangene Arbeitnehmerentgelte .....	D1000RT			D1000RH	D1000RW
- Geleistete Subventionen .....	D3000UT	D3000UC		D3000UH	D3000UW
+ Empfangene Produktions- und Importabgaben .....	D2000RT		D2000RG		D2000RW
- Geleistete Vermögenseinkommen .....	D4000UT	D4000UC	D4000UG	D4000UH	D4000UW
+ Empfangene Vermögenseinkommen .....	D4000RT	D4000RC	D4000RG	D4000RH	D4000RW
= Primäreinkommen (Nettonationaleinkommen) .....	B5N00BT	B5N00BC	B5N00BG	B5N00BH	B5N00BW
<b>Konto der sekundären Einkommensverteilung</b>					
- Geleistete Einkommen- und Vermögensteuern .....	D5000UT	D5000UC	D5000UG	D5000UH	D5000UW
+ Empfangene Einkommen- und Vermögensteuern .....	D5000RT		D5000RG		D5000RW
+ Empfangene Sozialbeiträge und monetäre Sozialleistungen .....	D6000RT	D6000RC	D6000RG	D6000RH	D6000RW
- Geleistete Sozialbeiträge und monetäre Sozialleistungen .....	D6000UT	D6000UC	D6000UG	D6000UH	D6000UW
- Geleistete sonstige laufende Transfers .....	D7000UT	D7000UC	D7000UG	D7000UH	D7000UW
+ Empfangene sonstige laufende Transfers .....	D7000RT	D7000RC	D7000RG	D7000RH	D7000RW
= Verfügbares Einkommen (Ausgabenkonzept) .....	B6N00BT	B6N00BC	B6N00BG	B6N00BH	B6N00BW
<b>Einkommensverwendungskonto</b>					
- Konsumausgaben .....	P3000UT		P3000UG	P3000UH	
+ Zunahme betrieblicher Versorgungsansprüche .....	D8000RT	D8000RC		D8000RH	
= Sparen .....	B8N00BT	B8N00BC	B8N00BG	B8N00BH	B8N00BW
<b>Vermögensänderungs- und Sachvermögensbildungskonto</b>					
- Geleistete Vermögenstransfers .....	D9000UT	D9000UC	D9000UG	D9000UH	D9000UW
+ Empfangene Vermögenstransfers .....	D9000RT	D9000RC	D9000RG	D9000RH	D9000RW
- Bruttoinvestitionen .....	P5000UT	P5000UC	P5000UG	P5000UH	
+ Abschreibungen .....	K1000RT	K1000RC	K1000RG	K1000RH	
- Nettozugang an nichtprod. Vermögensgütern .....	K2000UT	K2000UC	K2000UG	K2000UH	K2000UW
= Finanzierungssaldo .....	B9000BT	B9000BC	B9000BG	B9000BH	B9000BW

Quelle: eigene Darstellung.

Der Detailgrad ist in der verwendeten Version der Kleinstmöglichke (vgl. Abbildung 19), da bei der erstmaligen Erstellung des Modells eine tiefere Modellierung als zu ambitioniert angesehen wurde. In nachfolgenden Aktualisierungen des Modells wird eine detailliertere Darstellung möglich sein. Vor allem bei der Abbildung der Sozialversicherungssysteme und des Steuersystems wird Erweiterungsbedarf gesehen.

Nachfolgend werden die Schätzansätze und Zusammenhänge zwischen den Kontensystem der VGR und den Modellzusammenhang skizziert.

Im Prognosemodell verbindet sich das Kontensystem der VGR mit dem System der Input-Output-Rechnung zu einem konsistenten Buchungssystem. Die Schnittstelle bilden u.a. der Produktionswert, die Bruttowertschöpfung und die Vorleistungen. Diese gelangen in das geschlossene Kreislaufsystem der VGR, welches aufgrund des Prinzips der doppelten Buchführung immer zu einem ausgeglichen Ergebnis führen wird. Diese Schnittstellen-systematik ermöglicht eine vollständig endogenisierte Darstellung der volkswirtschaftlichen

Gesamtrechnungen und eine explizite Beschreibung der Entstehung, Verteilung und Verwendung des Bruttoinlandsproduktes. In der Regel werden stets die geleisteten Ströme, also die Verwendungsseite der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen, geschätzt. Daraus ergibt sich definitorisch und unter Berücksichtigung des Auslandssaldos die Summe der empfangenen Leistungen. Die Aufteilung auf die einzelnen Transaktoren erfolgt anschließend.

### **Produktionskonto S11: P1-B1n**

Das Produktionskonto beschreibt für alle Transaktoren den Produktionswert der Güter und Dienstleistungen und weist nach Abzug der benötigten Vorleistungen und der Abschreibungen die Nettowertschöpfung aus.

Erklärt werden die Variablen mit ihrem Pendant aus dem Modellsystem.

Die Nettowertschöpfung ( $B1N00B\#$ ) ergibt sich dann definitorisch. Für den Sektor „Übrige Welt“ wird die Nettowertschöpfung bestimmt durch den Saldo aus den Importen ( $IMBIPN$ ) und Exporten ( $EXBIPN$ ).

### **Einkommensentstehungskonto S11: B1n - B2/3n**

In diesem Konto wird die Entstehung von Erwerbs- und Vermögenseinkommen, ausgehend von der Nettowertschöpfung, ausgewiesen. Dazu werden zur Nettowertschöpfung zunächst die Subventionen hinzugerechnet, um dann die Arbeitnehmerentgelte und die Produktionsabgaben abzuziehen. Es ergibt sich der Nettobetriebsüberschuss bzw. das Einkommen aus selbständiger Tätigkeit (vgl. Abbildung 19).

Erklärt werden die geleisteten Arbeitnehmerentgelte im Inland ( $D1000U\#$ ) mit dem im Modellsystem ermittelten Arbeitnehmerentgelt sowie die geleisteten sonstigen Produktionsabgaben ( $D2000U\#$ ) mit der Bruttowertschöpfung ( $B1N00B\#$ ) aus dem Kontensystem.

Der Betriebsüberschuss bzw. das Selbstständigeneinkommen ergeben sich definitorisch:

$$B2N00B\#_t = B1N00B\#_t - D1000U\#_t - D2000U\#_t - D3000R\#_t \quad (32)$$

### **Primäres Einkommensverteilungskonto S11: B2/3n - B5n**

Das primäre Einkommensverteilungskonto weist die Verteilung der Erwerbs- und Vermögenseinkommen auf die einzelnen Transaktoren aus. Die Verteilung ergibt sich alleinig aus dem Produktionsprozess. Die Verteilungswirkung über den Staat wird im sekundären Einkommensverteilungskonto ausgewiesen.

Die empfangenen Arbeitnehmerentgelte ( $D1000RW$ ), Produktions- und Importabgaben ( $D2000RW$ ), die Subventionen ( $D3000RW$ ) und die Vermögenseinkommen ( $D4000RW$ ) des Sektors „Übrige Welt“ sind von einem Zeittrend abhängig.

Somit können die empfangenen Arbeitnehmerentgelte für die gesamte Volkswirtschaft ( $D1000RT$ ) und die privaten Haushalte ( $D1000RH$ ) definitorisch bestimmt werden:

$$D1000RT_t = D1000UT_t + D1000UW_t - D1000RW_t \quad (33)$$

$$D1000RH_t = D1000RT_t$$

Die geleisteten Subventionen des Staates ( $D3000UG$ ) sind abhängig von den empfangenen Subventionen der gesamten österreichischen Volkswirtschaft ( $D3000RT$ ).

Die empfangenen Produktions- und Importabgaben<sup>23</sup> ( $D2000RT$ ) ergeben sich ebenfalls definitorisch:

$$D2000RT_t = D2000UT_t - D3000UT_t - D2000RW_t + D3000RT_t + D3000RW_t \quad (34)$$

An dieser Stelle sollte eine detailliertere Modellierung angestrebt werden. Die Unterscheidung der Produktions- und Importabgaben in Mehrwertsteuer, Importabgaben und sonstige Gütersteuern (beispielsweise Mineralöl-, Tabak, und Grunderwerbsteuer) würde Simulationsrechnungen von z.B. Mehrwertsteuererhöhungen möglich machen.

Private Haushalte sowie private Organisationen ohne Erwerbszweck und die finanziellen und nichtfinanziellen Unternehmen können keine Steuern einnehmen, sodass die Steuereinnahmen der österreichischen Volkswirtschaft gleich den Steuereinnahmen des Staates sind.

Die geleisteten Vermögenseinkommen der Unternehmen ( $D4000UC$ ) werden in Abhängigkeit des Betriebsüberschusses bzw. Selbstständigeneinkommens erklärt. Das Vermögenseinkommen des Staates ( $D4000UG$ ) ist wiederum abhängig vom Finanzierungssaldo und den Staatsanleihen. Das Vermögenseinkommen der privaten Haushalte ( $D4000UH$ ) wird mit ihrem Arbeitseinkommen erklärt. Es wird unterstellt, dass sich die Banken bei der Kreditvergabe für beispielsweise Mieteigentum am Lohneinkommen der privaten Haushalte orientieren.

Die empfangenen und geleisteten Vermögenseinkommen für die gesamte Volkswirtschaft ergeben sich per Definition:

$$D4000UT_t = D4000UC_t + D4000UG_t + D4000UH_t \quad (35)$$

$$D4000RT_t = D4000UT_t + D4000UW_t - D4000RW_t \quad (36)$$

Das Primäreinkommen je Sektor ergibt sich ausgehend vom Nettobetriebsüberschuss aus der Addition der Arbeitnehmerentgelte, empfangener Produktions- und Importabgaben und Vermögenseinkommen sowie aus dem Abzug geleisteter Produktions- und Importabgaben und Vermögenseinkommen.

### **Sekundäres Einkommensverteilungskonto S11: B5n - B6n**

Dieses Konto erfasst die von den Sektoren empfangenen und geleisteten laufenden Transfers. Diese werden mit dem Primäreinkommen saldiert. Insgesamt und je Sektor ergibt

---

<sup>23</sup> Die Produktions- und Importabgaben umfassen sowohl die Gütersteuern als auch sonstige Produktionsabgaben. (ESVG 95)

sich das verfügbare Einkommen aus dem Saldo aus empfangenen und geleisteten Einkommen- und Vermögenssteuern, Sozialbeiträgen, monetären Sozialleistungen und sonstigen laufenden Transfers.

Die Umverteilung wird insgesamt von den Transaktoren private Haushalte (S.14, S.15) und den Kapitalgesellschaften (S.11, S.12) bezahlt. Empfänger ist zunächst der Staat (S.13), der mittels Sozialtransfers die empfangenen Gelder im Zuge der Sozialpolitik umverteilt. Die größten Einflussfaktoren des sekundären Einkommensverteilungskontos stellen die Sozialbeiträge sowie die monetären Sozialleistungen dar.

Die Einkommen- und Vermögensteuern werden von den Transaktoren Kapitalgesellschaften und den privaten Haushalten gezahlt. Die Steuerlast der privaten Haushalte ist abhängig von dem Primäreinkommen, die der Unternehmen von der Nettowertschöpfung.

Werden Steuerszenarien gerechnet, müssen diese hier implementiert werden. Im Szenario „Denk an morgen“ wird beispielsweise davon ausgegangen, dass zwar der Staat Bürgerschaftsausfälle<sup>24</sup> trägt, die er durch eine Erhöhung der Einkommensteuer finanziert. Dies wird durch einen Aufschlag auf die Größe  $D5000UH_t$  umgesetzt. In den nachfolgenden Berechnungsschritten, wird dieser Aufschlag nun immer mit berücksichtigt.

Die geleisteten Einkommen- und Vermögensteuern insgesamt ( $D5000UT$ ) ergeben sich durch Addition über alle Sektoren.

$$D5000UT_t = D5000UC_t + D5000UG_t + D5000UH_t \quad (37)$$

Das Aufkommen an Einkommen- und Vermögensteuern ( $D5000R\#$ ) wird definitorisch bestimmt. Da nur der Staat Steuern einnimmt, sind die Steuereinnahmen insgesamt identisch mit den Steuereinnahmen des Staates.

$$D5000RT_t = D5000UT_t + D5000UW_t - D5000RW_t \quad (38)$$

$$D5000RG_t = D5000RT_t$$

Die Sozialbeiträge und monetären Sozialleistungen ( $D6000UW$ ,  $D6000RW$ ) und die sonstigen laufenden Transfers ( $D7000UW$ ,  $D7000RW$ ) der „übrigen Welt“ werden mit einem Zeittrend erklärt.

Die Sozialbeiträge und monetären Sozialleistungen der Kapitalgesellschaften ( $D6000UC$ ) ergeben sich durch die Arbeitnehmerentgelte ( $D1000UC$ ) in diesem Sektor. Für die privaten Haushalte ist diese Größe von der Lohnsumme abhängig. Die Ausgaben des Staates orientieren sich an den Einnahmen an Sozialbeiträgen und monetären Sozialleistungen.

Der Wert für die gesamte Volkswirtschaft ergibt sich definitorisch.

$$D6000UT_t = D6000UC_t + D6000UG_t + D6000UH_t \quad (39)$$

---

<sup>24</sup> Für weitere Ausführungen siehe Kapitel 4.

Aufkommensseitig werden die Sozialbeiträge und monetären Sozialleistungen für die gesamte Volkswirtschaft wie folgt berechnet:

$$D6000RT_t = D6000UT_t + D6000UW_t - D6000RW_t \quad (40)$$

Für den Staat wird diese Größe mittels der geleisteten Sozialbeiträge und monetären Sozialleistungen der Haushalte ( $D6000UH$ ) erklärt.

Die empfangenen Sozialbeiträge und Sozialleistungen der privaten Haushalte ( $D6000RG$ ) sind von den geleisteten Sozialbeiträgen und monetären Sozialleistungen der privaten Haushalte und dem Ausland abhängig. Damit wird sichergestellt, dass sich das Aufkommen und die Verwendung in die gleiche Richtung bewegen.

Für die Kapitalgesellschaften ergibt sich der Wert als Restgröße.

$$D6000RH_t = f(D6000UG_t, D6000UC_t) \quad (41)$$

$$D6000RC_t = D6000RT_t - D6000RG_t - D6000RH_t \quad (42)$$

Die geleisteten sonstigen laufenden Transfers ( $D7000U\#$ ) werden grundsätzlich mit dem Primäreinkommen erklärt.

Die empfangenen sonstigen laufenden Transfers ( $D7000R\#$ ) werden für jeden Sektor mit den geleisteten sonstigen laufenden Transfers bestimmt ( $D7000U\#$ ), da der Zusammenhang zwischen dem Aufkommen und der Verwendung sehr groß ist.

Durch Addition der Salden aus Einkommen- und Vermögensteuern, der Sozialbeiträge und monetären Sozialleistungen sowie den sonstigen laufenden Transfers zu den Primäreinkommen ergibt sich je Sektor das verfügbare Einkommen.

$$\begin{aligned} B6N00B\#_t &= B5N00B\#_t + D5000R\#_t - D5000U\#_t + D6000R\#_t - D6000U\#_t \\ &\quad + D7000R\#_t - D7000U\#_t \end{aligned} \quad (43)$$

### **Einkommensverwendungskonto S11: B6n - B8n**

Das Einkommensverwendungskonto stellt dar, wie die Sektoren ihr verfügbares Einkommen, das sich aus dem Konto der sekundären Einkommensverteilung ergeben hat, verwenden.

Die Konsumausgaben der gesamten Volkswirtschaft ( $P3000UT$ ) werden von den Transaktoren Staat ( $P3000UG$ ) sowie private Haushalte und private Organisationen ohne Erwerbszweck ( $P3000UH$ ) bestimmt. Beide Sektoren erhalten ihre Werte direkt aus dem Modellsystem. Der Konsum der privaten Haushalte und der Konsum der privaten Organisationen ohne Erwerbszweck werden im Modellsystem einzeln bestimmt.

Die geleisteten betrieblichen Versorgungsansprüche der Unternehmen ( $D8000UC$ ) werden mit einem Zeittrend erklärt und bestimmen zugleich die geleisteten Versorgungsansprüche der Volkswirtschaft ( $D8000UT$ ) insgesamt. Aufkommensseitig ergeben sich die Versorgungs-

ansprüche der privaten Haushalte (*D8000RH*) aus den geleisteten Versorgungsansprüchen insgesamt.

Durch den Saldo aus geleisteten und empfangenen betrieblichen Versorgungsansprüchen und abzüglich der Konsumausgaben ergibt sich das Sparvolumen pro Transaktor.

$$B8N00B\#_t = B6N00B\#_t + D8000R\#_t - D800U\#_t - P3000U\#_t \quad (44)$$

### **Vermögensänderungskonto & Sachvermögensbildungskonto S11: B8n - B9**

Diese Konten weisen zum einen das Reinvermögen durch Sparen und Vermögenstransfers, zum anderen den Finanzierungssaldo der Transaktoren aus, der mittels Hinzurechnung von Abschreibungen und Subtraktion der Bruttoinvestitionen ermittelt wurde.

Unter Vermögenstransfers werden Bausparprämien, Eigenheimzulagen oder Investitionszuschüsse verstanden, die additiv auf das Sparvolumen der Sektoren aufgeschlagen werden. Die geleisteten Vermögenstransfers werden in der Regel mit dem verfügbaren Einkommen (*B6N00B#*) erklärt. Die empfangenen Vermögenstransfers insgesamt ergeben sich unter Berücksichtigung der „übrigen Welt“ definitorisch.

Die Abschreibungen für die jeweiligen Transaktoren wurden bereits bestimmt. Der Nettozugang an nichtproduzierten Vermögensgütern (*K2000U#*) wird aufgrund der Entwicklung in der Vergangenheit als konstant angenommen.

Die Bruttoinvestitionen (*P5000U#*) bilden die wichtigste Größe bei der Ermittlung des Finanzierungssaldos. Diese wird für die österreichische Ökonomie insgesamt aus den Investitionsgrößen aus dem Modellsystem (Bruttoanlageinvestitionen, Vorratsveränderung und Nettozugang an Wertsachen) bestimmt.

Der Finanzierungssaldo ergibt sich für alle Sektoren durch:

$$B9000B\#_t = B8N00B\#_t + D9000R\#_t - D9000U\#_t + K100R\#_t - K2000U\#_t \quad (45)$$

### **5.2.3 Materialmodell**

Das Materialmodell, das die Entwicklung der Materialentnahmen und ihre Reaktion auf ökonomische Veränderungen aufzeigt, wird im Detail nachfolgend beschrieben. Die Modellierung des Materialverbrauchs steht in enger Verbindung zur Energiemodellierung, da sich eine Veränderung im Energieträgermix auch in einer geänderten Ressourcenentnahme zeigt. Der Einsatz an fossilen Ressourcen reduziert sich beispielsweise, wenn vermehrt erneuerbare Energieträger zur Energiebereitstellung herangezogen werden. Mit Hilfe des Materialmodells werden die in Österreich extrahierten und importierten Materialinputs jenen Wirtschaftsbereichen zugeordnet, die für die Materialentnahme verantwortlich sind. Über die monetären Input-Output-Verflechtungen werden die Materialinputs auf jene Sektoren weiter verteilt, die zur Leistungserstellung indirekt Material (durch den Bezug von Vorleistungen von anderen Wirtschaftsbereichen) verwenden.

Im Materialmodell werden die Direct Material Inputs (DMI) gemäß „Eurostat guide on economy-wide material flow accounts“ (EUROSTAT 2001) abgebildet. Der DMI berücksichtigt die mit der Erstellung von Wirtschaftsgütern unmittelbar verbundenen Ressourcenenahmen, lässt jedoch ökologische Rucksäcke<sup>25</sup> und die im Ausland verbliebenen Materialinputs importierter Vorleistungen und Güter außer Acht (vgl. Hinterberger et al., 1999, S. 6).

Insgesamt werden - wie aus Tabelle 16 ersichtlich - zwölf Materialkategorien unterschieden, die zu drei Materialgruppen (Biomasse, fossile Brennstoffe und Mineralien) zusammengefasst werden.

**Tabelle 16: Materialinputs (Überblick)**

	Heimische Extraktion	Materialimporte
<b>Biomasse</b>	Nahrungsmittel Futtermittel tierische Abfälle Wald nichtessbare Biomasse	Nahrungsmittel Futtermittel tierische Abfälle Wald nichtessbare Biomasse
<b>Mineralien</b>	Baumineralien Industriemineralien Erze	Baumineralien Industriemineralien Erze
<b>Fossile Brennstoffe</b>	Kohle Öl Gas sonstige fossile Brennstoffe	Kohle Öl Gas sonstige fossile Brennstoffe

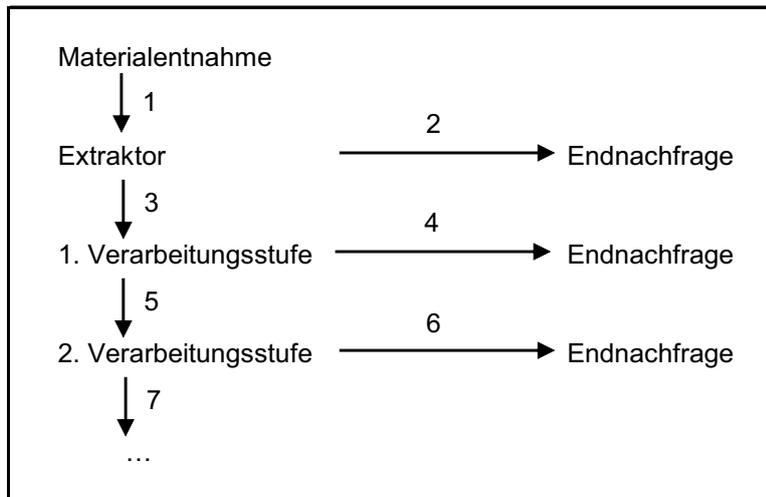
*Quelle: eigene Darstellung.*

Um die Materialentnahmen in Tonnen fortschreiben zu können, werden diese an die preisbereinigte Entwicklung der Bruttoproduktion der extrahierenden Wirtschaftsbereiche (Extraktor) bzw. an die preisbereinigten Importe angeschlossen, wobei unterstellt wird, dass die Materialentnahme in Tonnen und die ökonomische Größe sich proportional entwickeln.

Um die Auswirkungen von Materialeinsparungen abbilden zu können, werden die in Abbildung 20 skizzierten Verarbeitungsstufen in die Überlegungen mit einbezogen.

<sup>25</sup> Der ökologische Rucksack umfasst alle Primär-Materialentnahmen, die zur Produktion, zum Gebrauch, zum Rezyklieren und zur Entsorgung eines Produktes aufzuwenden sind, nicht aber in das physische Endprodukt eingehen (vgl. Fröhlich et al. 2000, S. 16).

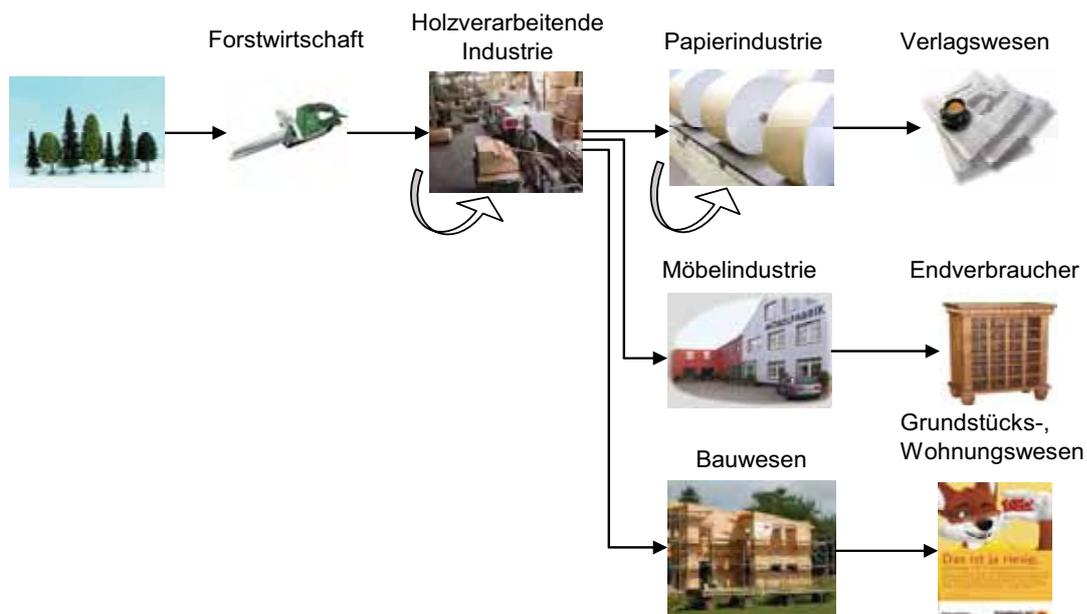
**Abbildung 20: Verarbeitungskette am Beispiel der Holzverarbeitung**



Quelle: eigene Darstellung.

Annahmegemäß sind bei der Extraktion (1) keine Einsparungen zu realisieren. D.h. der preisbereinigte Produktionswert und die Materialentnahme entwickeln sich proportional. Der Extraktor kann an die Endnachfrage (2) und an eine nachgelagerte Verarbeitungsstufe (3) liefern. Bei beiden Lieferungen sind Einsparungen möglich, die sich auf Grund eines effizienteren Umgangs ergeben. Die erste Verarbeitungsstufe liefert ihrerseits an die Endnachfrage (4) und an die nächste Verarbeitungsstufe (5). Im Ergebnis wirken eine Vielzahl von Zusammenhängen auf die Materialentnahme. Als Beispiel für eine solche Lieferbeziehung dient die Verarbeitungs- und Lieferkette für Holz (vgl. Abbildung 21).

**Abbildung 21: Wertschöpfungskette am Beispiel der Holzverarbeitung**



Quelle: eigene Darstellung.

Ergab der Vergleich der Produktionsentwicklung und der Materialentwicklung im Zeitablauf, dass die Produktionsentwicklung in der Vergangenheit über mehrere Jahre tendenziell größer als die Materialentnahme war, wurde eine gestiegene Materialproduktivität unterstellt und die preisbereinigten Inputkoeffizienten im Basislauf entsprechend geändert. Darüber hinaus können die Materialinputkoeffizienten in den Szenarien verändert werden.

Die dargestellte Modellierung orientiert sich an neuen, im Rahmen des europaweiten Forschungsvorhabens PETRE (Resource productivity, environmental tax reform and sustainable growth in Europe<sup>26</sup>) gewonnenen Erkenntnissen.

#### **5.2.4 Energiemodell**

Das Energiemodell beschreibt den Zusammenhang zwischen ökonomischen Entwicklungen, Energieeinsatz und CO<sub>2</sub>-Emissionen. Einerseits beeinflussen die Variablen des Input-Output-Modells den Energieeinsatz, andererseits wirken die monetären Ausgaben für den Energieeinsatz unmittelbar auf ökonomische Größen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind über feste Emissionsfaktoren mit dem Primärenergieeinsatz verknüpft.

Das Energiemodell muss den Primärenergieverbrauch, die Umwandlung und den Endenergieverbrauch erfassen. Da die Endenergie in aller Regel nicht direkt beim Verbraucher gewonnen wird, stellt der Umwandlungssektor die Endenergie zur Verfügung. Teilweise wird dazu die Primärenergie direkt in Endenergie umgewandelt. Die eingesetzte Primärenergie kann im Inland gewonnen werden oder aus dem Ausland importiert werden. Schließlich kann auch ein Teil der heimischen Förderung ins Ausland gehen. Weiterhin wird auch ein Teil der Endenergie durch Transformation von Primärenergieträgern in Sekundärenergie gewonnen. Dies gilt in erster Linie für Elektrizität und Wärme, bei denen große Umwandlungsverluste auftreten können, aber auch Mineralölprodukte werden im Raffinerieprozess aus Rohöl gewonnen. Ein adäquates Energiemodell muss daher in der Lage sein, sowohl Primär- und Sekundärenergieträger, als auch die Endenergie und schließlich Verluste der Energieumwandlung zu berücksichtigen. Außerdem sind die Unterscheidung einer Vielzahl von Energieträgern sowie eine hinreichend tiefe sektorale Aufsplitterung notwendig.

In den nachfolgenden Kapiteln werden die Datenbasis und der Aufbau der Energiemodellierung näher erläutert.

##### **5.2.4.1 Datenbasis**

###### **Die Energiebilanz**

Die Datengrundlage der Energiemodellierung bilden die Energiebilanzen 1970 - 2005 der Statistik Austria, die für 37 Energieträger aufgestellt wird. Diese werden für die weitere Bearbeitung zu 17 Energieträgern (blau markiert) zusammengefasst (Abbildung 22).

---

<sup>26</sup> Siehe <http://www.psi.org.uk/petre>, abgerufen 20.11.2007, 12:05.

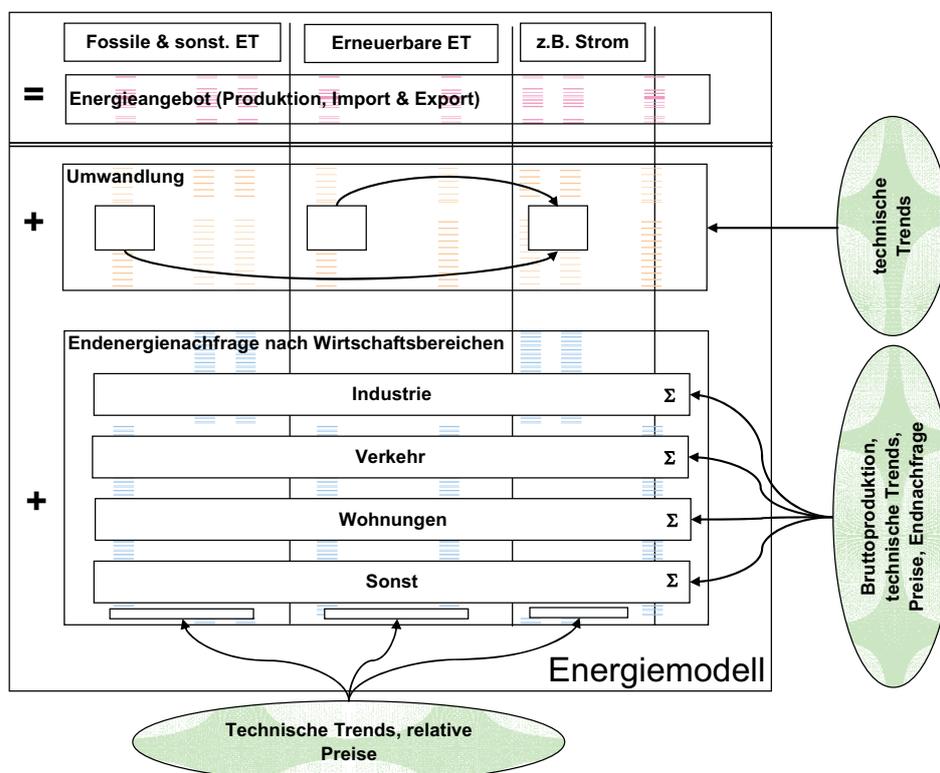
**Abbildung 22: Energieträger**

ENERGIETRÄGER								
Kohle	Öl			Gas	Erneuerbare			
	Erdöl	Kraftstoffe	Erdölprodukte		Brennbare Abfälle	Biogene Brenn- und Treibstoffe	Umwandlungs-wärme	Andere
Steinkohle	Erdöl	Benzin	Petroleum	Mischgas	Müll, erneuerbar	Laugen	Geothermische Energie	Brennholz
Braunkohle	Sonstiger Raffinerie-einsatz	Diesel	Gasöl für Heizzwecke	Naturgas	Müll, nicht erneuerbar	Biogas	Solarenergie therm. Nutzung	Pellets und Holzabfälle
Braunkohlenbriketts			Heizöl		Industrieabfälle	Klärgas	Energie aus Wärmepumpen	Photovoltaik
Brenntorf			Flüssiggas			Deponiegas		Wasserkraft
Koks			Sonstige Produkte der Erdölverarbeitung			sonstige Biogene		Wind
Gichtgas			Raffinerie-Restgas					Fernwärme
Kokereigas								Elektrische Energie

Quelle: eigene Darstellung.

Die Struktur der Energiebilanz ist in Abbildung 23 schematisch dargestellt. Die Energiebilanz lässt sich grob in drei Bereiche – Energieangebot, Energieumwandlung und energetische Endnachfrage unterteilen. Diese Struktur gilt für alle Energieträger.

**Abbildung 23: Struktur der Energiebilanz**



Quelle: eigene Darstellung.

Aus Abbildung 24 ist der definitorische Zusammenhang der Zeilen für den Energieträger Kohle ersichtlich. Die ersten fünf Zeilen bilden eine Bilanzgleichung. Die *Inländische*

*Erzeugung von Rohenergie plus Import und Lager* abzüglich der Exporte ergeben den *Bruttoinlandsverbrauch*.

Die Primärenergieträger müssen umgewandelt werden, um von den Endverbrauchern genutzt werden zu können. Primärenergieträger sind „Energieträger, die keiner technischen Umsetzung unterworfen wurden“ (Österreichische Bundesregierung, 2003, Vorwort), wie zum Beispiel Wasser, Braunkohle, Erdöl, Naturgas. Teilweise wird die Primärenergie direkt in Endenergie umgewandelt. Die eingesetzte Primärenergie kann im Inland gewonnen oder aus dem Ausland importiert werden. Schließlich kann auch ein Teil der heimischen Förderung ins Ausland gehen. Weiters wird auch ein Teil der Endenergie durch Transformation von Primärenergieträgern in Sekundärenergie gewonnen. Dies gilt in erster Linie für Elektrizität und Wärme, bei denen große Wirkungsverluste auftreten, aber auch Mineralölprodukte werden im Raffinerieprozess aus Rohöl gewonnen. Die Umwandlung erfolgt in den Umwandlungsanlagen wie der Kokerei oder den Kraftwerken.

Der *Umwandlungsausstoß* ist das Ergebnis dieses Umwandlungsprozesses. Für den Umwandlungsprozess benötigen die Anlagen nicht nur die umzuwandelnden Primärenergieträger (Umwandlungseinsatz<sup>27</sup>) sondern auch Energie, um die Umwandlungsanlagen zu betreiben. Dieser Verbrauch wird in der Position *Verbrauch des Sektors Energie*<sup>28</sup> verbucht.

Der *Nichtenergetische Verbrauch* ist der Anteil des Verbrauchs von Energieträgern, der nicht zur Erzeugung von Energie eingesetzt wird. Dazu zählt zum Beispiel die Verwendung von Erdöl für die Kunststoffherstellung.

Der *Energetische Endverbrauch* stellt die Energienutzung (z.B. Wärme und Elektrizität) durch die Endverbraucher dar. Der *Energetische Endverbrauch* wird unterteilt in den Verbrauch durch den Verkehr, den produzierenden Bereich und den sonstigen Bereich (zum Beispiel private Haushalte), die nochmals detaillierter gegliedert werden.

Unter den *Transportverlusten und Messdifferenzen* werden Wärmeverluste u.ä. erfasst. Der Bruttoinlandsverbrauch kann per Definition angebots- oder nachfrageseitig berechnet werden. Der Umwandlungseinsatz abzüglich des Umwandlungsausstoßes zuzüglich des Verbrauches des Sektors Energie, des Nichtenergetischen Verbrauches, der Transportverluste und des energetischen Endverbrauches ergibt verwendungsseitig den berechneten Bruttoinlandsverbrauch. Angebotsseitig ermittelt sich der Bruttoinlandsverbrauch aus der inländisch erzeugten Rohenergie zuzüglich der Importe, und den Lagerveränderungen und abzüglich der Exporte.

Der Aufbau eines jeden Energieträgervektors stellt den Energiefluss dar. Abbildung 25 gibt den gesamten Prozess vom Energieaufkommen über die Energieumwandlung bis zum Energieeinsatz (Endenergieverbrauch) schematisch dargestellt wieder.

---

<sup>27</sup> Der Umwandlungseinsatz ist der „Einsatz von Primärenergieträgern, die physikalisch oder chemisch in einen anderen Energieträger umgewandelt werden“ (Österreichische Bundesregierung 2003).

<sup>28</sup> In der IEA Statistik wird diese Position unter *Eigenverbrauch* verbucht.

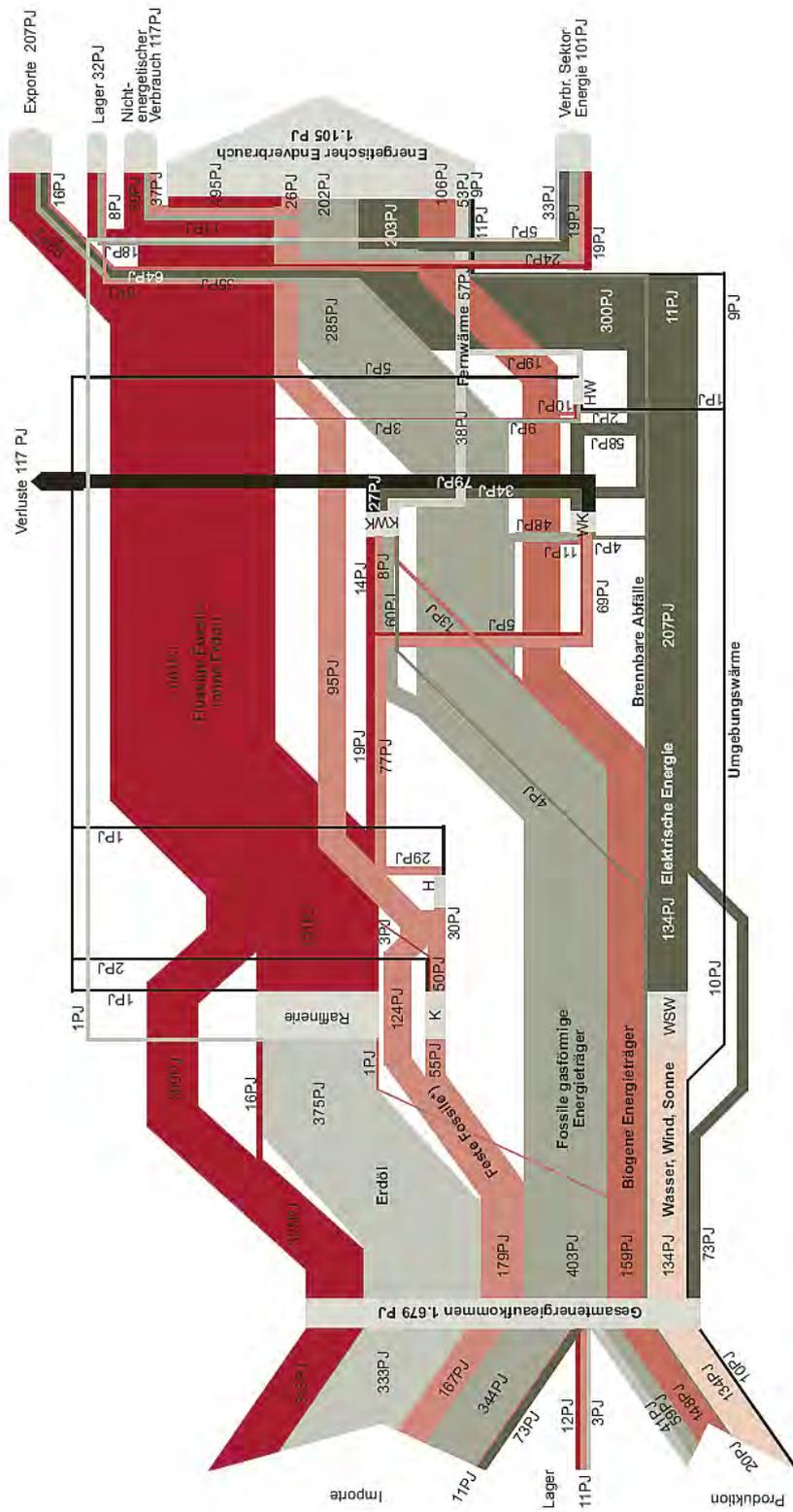
**Abbildung 24: Struktur der Energieträger**

<b>2005</b>	<b>Kohle</b>
Inländ. Erzeugung v. Rohenergie	4,40
Importe aus dem Ausland	167.208,00
Lager	3.258,36
Exporte ans Ausland	381,58
<b>Bruttoinlandsverbrauch</b>	<b>170.089,20</b>
<b>Umwandlungseinsatz</b>	<b>162.469,4</b>
davon: Kokerei	55.189,4
Hochofen	30.012,4
Raffinerie	0,0
Kraftwerke	69.281,1
KWK-Anlagen	7.986,5
Heizwerke	0,0
Gaserzeugung	0,0
<b>Umwandlungsausstoß</b>	<b>79.019,0</b>
davon: Kokerei	50.117,1
Hochofen	28.901,9
Raffinerie	0,0
Kraftwerke	0,0
KWK-Anlagen	0,0
Heizwerke	0,0
Gaserzeugung	0,0
<b>Verbrauch des Sektors Energie</b>	<b>22.342,0</b>
<b>Transportverluste+Meßdifferenzen</b>	<b>1.516,8</b>
<b>Nichtenergetischer Verbrauch</b>	<b>36.720,1</b>
<b>Energetischer Endverbrauch</b>	<b>26.060,0</b>
Eisen- und Stahlerzeugung	10.793,3
Chemie und Petrochemie	1.286,7
Nicht Eisen Metalle	129,8
Steine und Erden, Glas	4.323,7
Fahrzeugbau	0,3
Maschinenbau	3,2
Bergbau	0,4
Nahrungs- und Genußmittel, Tabak	114,7
Papier und Druck	3.300,9
Holzverarbeitung	0,0
Bau	0,0
Textil und Leder	0,2
Sonst. Produzierender Bereich	0,0
Eisenbahn	5,8
Sonstiger Landverkehr	0,0
Transport in Rohrfernleitungen	0,0
Binnenschifffahrt	0,0
Flugverkehr	0,0
Öffentliche und Private Dienstleistungen	490,8
Private Haushalte	5.500,1
Landwirtschaft	110,2
<b>Produzierender Bereich</b>	<b>19.953,1</b>
<b>Verkehr</b>	<b>5,8</b>
<b>Sonstige</b>	<b>6.101,1</b>

Quelle: Energiebilanz der Statistik Austria..

Abbildung 25: Energieflussdiagramm

Energieflussbild Österreich 2005



Rundungsdifferenzen sind nicht ausgeschlossen – 1 bis 10PJ werden nicht proportional dargestellt  
 K ... Kokerei; H ... Hochofen; WSW ... Wasser-, Sonnen-Windkraft; WK ... Wasserkraftwerke; HW ... Heizwerke  
 \*) inkl. Kokerei- und Gichtgas

Quelle: Statistik Austria (2006): [http://www.statistik.at/fachbereich\\_energie/grafikenergie.shtml](http://www.statistik.at/fachbereich_energie/grafikenergie.shtml)

## Energiepreise

Zur preislichen Bewertung der Energieträger wurde neben österreichischen Quellen (z.B. E-Control, Energy Agency) auf die Statistik der International Energy Agency (IEA) zurück gegriffen, die für ausgewählte Energieträger verschiedene Preise mit und ohne Steuern (Verbrauchs- und Mehrwertsteuer) veröffentlicht (siehe Tabelle 17).

**Tabelle 17: Energiepreise**

Energieträger	Einheit	Quelle
Kokskohle	EUR/Tonne	
Erdölpreis	USD/Barrel	
Schwefelarmes Heizöl	EUR/1000 Liter	
Benzin	EUR/Liter	IEA (2007): Energy Prices and Taxes
Diesel	EUR/Liter	
Gas	EUR/10 <sup>7</sup> kcal	
Elektrizität	EUR/KWh	
Dampfkohle	EUR/Tonne	

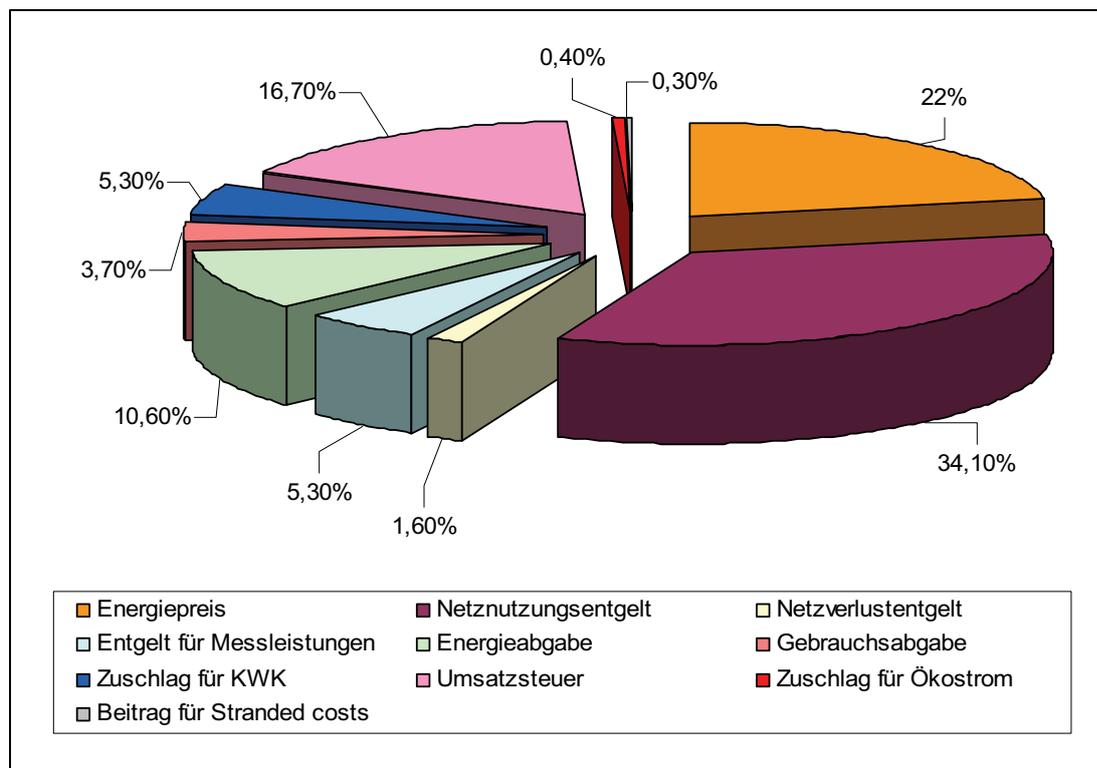
Um die Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten, werden diese in einen einheitlichen Heizwert (Terajoule [TJ]) umgerechnet. Sowohl die IEA<sup>29</sup> als auch die AG Energiebilanzen<sup>30</sup> bieten einen Einheitenumrechner an.

Der Preis für die Stromerzeugung berechnet sich aus den Preisen für die Energieträger, die zur Stromerzeugung eingesetzt werden. Neben dem „reinen“ Energiepreis muss der Verbraucher zusätzlich z.B. die Energieabgabe bezahlen. Der Strompreis setzt sich aus den in Abbildung 26 dargestellten Komponenten zusammen.

<sup>29</sup> Siehe <http://www.iea.org/Textbase/stats/unit.asp>, abgerufen 20.12.2006, 10:15.

<sup>30</sup> Siehe <http://www.ag-energiebilanzen.de>, abgerufen 20.12.2006, 11:30.

**Abbildung 26: Strompreiszusammensetzung**



Quelle: E-Control (2002), S. 10.

Der Netzpreis (0,25-0,30 Cent/kWh) hat mit 41 % den größten Anteil am Strompreis. Der Netzpreis setzt sich aus dem Netznutzungsentgelt, dem Netzverlustentgelt und dem Entgelt für Messleistungen zusammen. Diese Preise unterliegen nicht dem freien Wettbewerb sondern werden von der E-Control Kommission festgelegt. Die Steuern und Abgaben betragen 37 % und werden vom Bund und den Gemeinden erhoben. Die Energieabgabe beträgt derzeit 1,5 Cent/kWh und hat einen Anteil von ca. 11 % am Strompreis. Der Zuschlag für Ökostrom beträgt für Kleinwasserkraft 0,005 Cent/kWh, für Kraft-Wärme-Kopplung 0,15 Cent/kWh und für sonstige Ökostromanlagen 0,12 Cent/kWh (E-Control 2003, S. 8ff.). Der Zuschlag für KWK-Anlagen beträgt 26 %, der Zuschlag für Ökostrom 0,37 % des Strompreises. Die Betreiber von KWK-Anlagen erhalten aufgrund der Umweltfreundlichkeit dieser Anlagen Einspeisetarife, die über dem Netztarif liegen. Diese werden vom Endverbraucher über den KWK-Zuschlag finanziert. Die sonstigen Ökostromanlagen werden ebenfalls gefördert, da die Erzeugung von Ökostrom zumeist teurer ist als andere Stromerzeugung. Der Beitrag für Stranded Costs wird erhoben, um Investitionen abzudecken, die durch die Marktöffnung unrentabel geworden sind. Die Gebrauchsabgabe wird vor allem in Gemeinden erhoben, die ein gemeindeeigenes Elektrizitätsversorgungsunternehmen betreiben erhoben. Der eigentliche Energiepreis hat einen Anteil von 22 %. (E-Control 2002, S. 10).

Vergleicht man den tatsächlichen Strompreis mit dem berechneten Strompreis für die vergangenen Jahre zeigt sich, dass der tatsächliche Strompreis zwischen 1980 und 2004 auf einem annähernd gleichen Niveau geblieben ist, während das Volumen der eingesetzten Energieträger zur Stromerzeugung stärker schwankte. Die Änderung des Volumens wurde vor allem durch den stärkeren mengenmäßigen Einsatz von Kohle, Gas und auch Wasserkraft hervorgerufen.

Die Preisentwicklung der Energieträger (ohne Steuern) in den spezifischen Einheiten stellte sich in der Vergangenheit für fossile Energieträger wie folgt dar: Der Dampfkohlepreis stieg von 1980 (245,6 EUR/Tonne) bis 1986 um 3,7 % (305,2 EUR/Tonne) an und sank dann tendenziell bis 1994 auf 237,4 EUR/Tonne. Innerhalb der folgenden zehn Jahre erhöhte er sich im Durchschnitt um 1,4 % jährlich auf ca. 280 EUR/Tonne in 2005. Die Preisentwicklung der Koks-kohle geht tendenziell in dieselbe Richtung. Seit 1999 ist die Preisentwicklung gleich. Der Preis für Erdölprodukte (leichtes Heizöl) sank tendenziell bis 1998 auf 150,1 EUR/1000L und erhöhte sich bis 2005 um ca. 15 % jährlich auf 402 EUR/1000L in 2005. Der Gaspreis entwickelte sich im betrachteten Zeitraum auf einem niedrigeren Niveau parallel zur Preisentwicklung der Erdölprodukte. Für die fossilen Energieträger lässt sich insgesamt eine hohe Preisvolatilität feststellen.

**Tabelle 18: Einspeisevergütungen erneuerbarer Energieträger (Preise ohne Steuern)**

Jahr	Kleinwasser-kraft	Geothermie	Photovoltaik	Biomasse, gasförmig	Wind	feste Biomasse inkl. Abfall	Biomasse, flüssig	Deponie-, Klärgas
in Cent/KWh								
2003	4,41	6,64	64,30	11,37	7,59	8,58	10,94	6,49
2004	4,37	7,18	65,16	12,58	7,73	9,16	12,93	6,84
2005	4,57	8,15	65,14	13,31	7,75	10,69	14,16	6,91
2006	5,16	8,76	64,46	13,37	7,78	12,64	13,99	7,36

Quelle: E-Control<sup>31</sup>

Die Einspeisetarife der erneuerbaren Energieträger werden gemäß der aktuellen Einspeisetarifverordnung (BGB1.II Nr. 401/2006) festgelegt. Tabelle 18 zeigt die Einspeisevergütungen ausgewählter erneuerbarer Energiequellen auf einen Blick.

#### 5.2.4.2 Energiemodellierung

##### **Fortschreibung des Mengengerüsts**

Für den Prognosezeitraum wurden die im Folgenden aufgezeigten Zusammenhänge unterstellt. Um die Energiebilanzen für alle 17 Energieträger zu bestimmen, wurde zuerst der energetische Endverbrauch der 21 Wirtschaftsbereiche errechnet und davon ausgehend der Umwandlungsausstoß und -einsatz. Der Bruttoinlandsverbrauch wurde definitionsgemäß

<sup>31</sup> Siehe [http://www.e-control.at/portal/page/portal/ECONTROL\\_HOME/OKO/ZAHLEN\\_DATEN\\_FAKTEN/OEKOSTROMMENGEGesamt/Archiv](http://www.e-control.at/portal/page/portal/ECONTROL_HOME/OKO/ZAHLEN_DATEN_FAKTEN/OEKOSTROMMENGEGesamt/Archiv), abgerufen 24.11.2006, 9:27.

nachfrageseitig bestimmt. Zuletzt ergeben sich die Energieimporte residual aus dem Bruttoinlandsverbrauch, der Lagerhaltung, den Exporten und der inländischen Erzeugung.

Im ersten Schritt wurde für jeden der 17 Energieträger der energetische Endverbrauch für die betrachteten 21 Branchen mit den Wachstumsraten der preisbereinigten Produktion fortgeschrieben. Dafür wurde zunächst eine Zuordnung des sektoralen energetischen Endverbrauches zu den 57 Wirtschaftsbereichen vorgenommen (Abbildung 27).

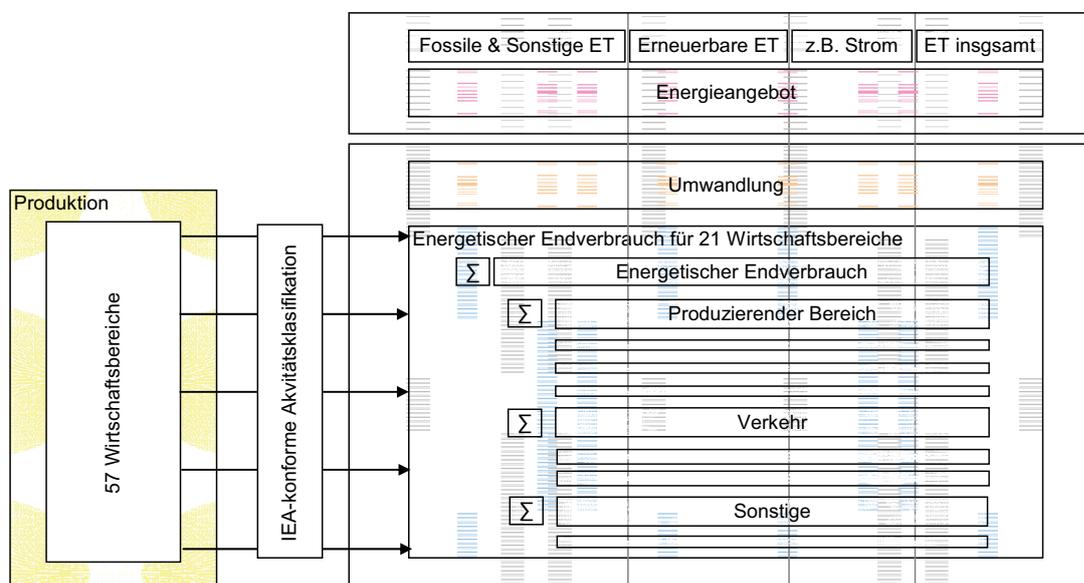
**Abbildung 27: Zuordnung des sektoralen energetischen Endverbrauches zu den 57 Wirtschaftsbereichen**

sektoraler energetischer Endverbrauch	57 Wirtschaftsbereiche
Landwirtschaft	Landwirtschaft und Jagd Forstwirtschaft Fischerei
Bergbau	Kohle und Torf Erzbergbau
Steine und Erden, Glas	Gewinnung von Steine und Erden Herstellung v. Glas, Keramik, Bearbeitung v. Steine u. Erden
Nahrungs- und Genußmittel, Tabak	Herstellung v. Nahrungs- und Futtermittel sowie Getränke Tabakverarbeitung
Textil und Leder	Herstellung v. Textilien Herstellung v. Bekleidung Ledererzeugung und -verarbeitung
Holzverarbeitung	Be- u. Verarbeitung v. Holz sowie Holz-, Kork- und Flechtwaren
Papier und Druck	Herstellung u. Verarbeitung v. Papier, Pappe Verlagswesen, Druckerei
Chemie und Petrochemie	Herst. v. Chemikalien und chem. Erzeugnissen
Eisen- und Stahlerzeugung	Metallerzeugung u. Bearbeitung (271, 272, 273, 2751, 2752)
Nicht Eisen Metalle	Metallerzeugung u. Bearbeitung (274, 2753, 2754)
Maschinenbau	Maschinenbau
Fahrzeugbau	Herst. v. Kraftwagen und Kraftwagenteile Sonstiger Fahrzeugbau
Bau	Bauwesen
Transport in Rohrfernleitungen Eisenbahn Sonstiger Landverkehr	Landverkehr, Transport. in Rohrfernleitungen
Binnenschifffahrt	Schifffahrt
Flugverkehr	Luftverkehr
Sonstiger produzierender Bereich	Herst. v. Gummi- und Kunststoffwaren Herstellung von Metallerzeugnissen Herst. v. Büromaschinen, EDV-Geräte und -Einrichtungen Herst. v. Geräte der Elektrizitätserzeugung und -verteilung Herst. v. Nachrtechn., Rundfunk-u. FS-Geräte, elektr. Bauteile Herst. v. medizinisch-, mess-, regeltechnische u. opt. Erz.; Uhren Herst. v. Möbel, Schmuck, Musikinstrumente, Sportgeräte u.a.
Öffentliche und private Dienstleistungen	Rückgewinnung Handelsvermittlung, Großhandel Handelsleistungen m. Kfz, Rep.v.Kfz; Tankstellen Einzelhandel; Reparatur an Gebrauchsgegenständen Beherbergungs- u. Gaststättenwesen Hilfs- u. Nebentätigkeiten für den Verkehr Nachrichtenübermittlung Kreditwesen Versicherungswesen (ohne Sozialversicherung) Kredit- u. Versicherungshilfswesen Grundstücks- und Wohnungswesen Vermietung beweglicher Sachen ohne Personal EDV und von Datenbanken Forschung und Entwicklung Erbringung v. unternehmensbezogenen Dienstleistungen Öffentl. Verwaltung, Verteidigung u. Sozialversicherungen Erziehungs- und Unterrichtswesen Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen Abwasser-, Abfallbeseitigung u. sonstige Entsorgung Interessenvertretungen, Kirchen u.a. Kultur, Sport und Unterhaltung Erbringung sonstiger Dienstleistungen Private Haushalte
Private Haushalte	Preisbereinigte Konsumausgaben für Strom, Gas u.a. Brennstoffe
<b>definitionsgemäß keinen energetischer Endverbrauch oder keine Zuordnung möglich</b>	
Erdöl und Erdgas Kokerei, Mineralölverarbeitung Energieversorgung Wasserversorgung	

Die Zuordnung erfolgte nach der IEA-konformen Aktivitätsklassifikation für den energetischen Endverbrauch (vgl. Statistik Austria 2005, S. 34).

Bisher wurde die sektorale energetische Endnachfrage direkt an die Güterproduktion gekoppelt (Abbildung 28). Steigt die Produktion von zum Beispiel „Roheisen und Stahl“, wächst der energetische Endverbrauch in dieser Branche (Eisen-, und Stahlerzeugung) mit derselben Wachstumsrate. Der Endenergieverbrauch zur Erzeugung der Güter im betrachteten Wirtschaftsbereich wurde als konstant angenommen, d.h. die Energieeffizienz blieb gleich.

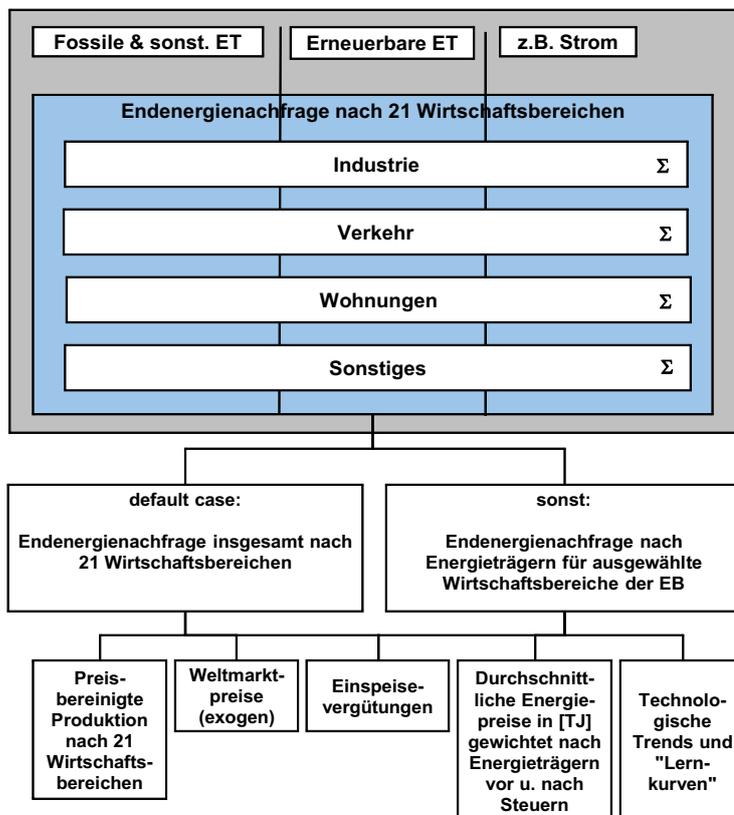
**Abbildung 28: Bisherige Modellierung der Endenergienachfrage**



Quelle: eigene Darstellung.

In der jetzigen Modellierung (Abbildung 29) wird die Annahme der konstanten Energieeffizienz aufgehoben. Die energetische Endnachfrage der 21 Wirtschaftsbereiche wird - falls keine besseren Informationen vorliegen - zunächst für alle Energieträger insgesamt erklärt.

Abbildung 29: Aktuelle Modellierung der Endenergienachfrage



Quelle: eigene Darstellung.

In die logarithmische Schätzung geht lediglich die preisbereinigte Produktion der jeweiligen Wirtschaftsbereiche ein, da kein Zusammenhang zu den Preisrelationen und demzufolge auch keine Substitutionsmöglichkeiten zwischen den Energieträgern gefunden wurden.

Die Entwicklung der gesamten Energienachfrage im betrachteten Wirtschaftsbereich bestimmt dann das Wachstum der Endenergienachfrage für jeden Energieträger und Wirtschaftsbereich.

Für die Wirtschaftsbereiche „Eisen- und Stahlerzeugung“ und „private Haushalte“ liegen detaillierte Informationen vor, so dass der energetische Endverbrauch für jeden Energieträger einzeln geschätzt werden kann. In die Schätzungen der energetischen Endnachfrage gehen die preisbereinigte Produktion, die durchschnittlichen Energiepreise sowie technologische Trends und „Lernkurven“.

Der energetische Endverbrauch (Strom und Wärme) der privaten Haushalte wird in Abhängigkeit der Entwicklung der preisbereinigten Konsumausgaben für Strom, Gas und anderen Brennstoffen modelliert. Die Wärmenachfrage der privaten Haushalte kann durch den Einsatz von Kohle, Erdölprodukten, Gas, Sonnenwärme, Fernwärme, Energie aus Wärmepumpen, Brennholz sowie Pellets und Holzabfällen befriedigt werden. Abgesehen von den Erdölprodukten werden die restlichen Energieträger zur Wärmeerzeugung bei den

privaten Haushalten geschätzt. Die Wärmenachfrage aus Erdölprodukten (Heizöl) wird residual bestimmt, d.h. diese ergibt sich aus der Differenz der gesamten energetischen Endnachfrage der Haushalte, der Stromnachfrage sowie der Wärmenachfrage der übrigen Energieträger.

Der energetische Endverbrauch für jeden betrachteten Energieträger ergibt sich durch Summation der energetischen Endverbräuche über alle 21 Wirtschaftsbereiche pro Energieträger.

$$\begin{aligned}
 EEV_{i,ET}[t] &= EEV_{i,ET}[t-1] \cdot \frac{ebtl_i[t]}{ebtl_i[t-1]} \\
 EEV_{ET}[t] &= \sum_{i=1}^{21} EEV_{i,ET}[t]
 \end{aligned}
 \tag{46}$$

$EEV_{i,ET}$  - Energetischer Endverbrauch des jeweiligen Energieträgers und Wirtschaftsbereiches ( $ET = 1$  bis  $17$ ,  $i = 1$  bis  $21$ )

$ebtl_i$  - Gesamte energetische Endnachfrage des jeweiligen Wirtschaftsbereiches ( $i = 1$  bis  $21$ )

Der energetische Endverbrauch  $EEV_{ET}$  insgesamt bedingt grundsätzlich den Umwandlungsausstoß  $UA_{j,ET}$ . Für die Folgejahre wurde der Umwandlungsausstoß, durch Fortschreibung des Verhältnisses von Umwandlungsausstoß und energetischen Endverbrauch im Jahr 2005, ermittelt. Es wird unterstellt, dass der Umwandlungsausstoß und die Energienachfrage direkt proportional sind. Der Umwandlungsausstoß wurde nach den einzelnen Umwandlungsanlagen (Kokerei, Hochofen, Raffinerie, Kraftwerke, KWK-Anlagen, Heizwerke und Gaserzeugung) unterschieden. Der Umwandlungsausstoß der Energieträger „Erdöl“ und „Solarvoltaik“ wird in Abhängigkeit vom Umwandlungseinsatz modelliert, da dort eine direkte Beziehung besteht. Der Umwandlungseinsatz des Energieträgers Solarvoltaik ist identisch mit dem Umwandlungsausstoß. Die Energieträger „Gas“, „Wasser“, „Erdwärme“, „Sonnenwärme“, „Wind“, „Energie aus Wärmepumpen“, „Brennholz“, „Brennbare Abfälle“ und „Biogene Brenn- und Treibstoffe“ haben definitionsgemäß keinen Umwandlungsausstoß.

$$\begin{aligned}
 UA_{j,ET}[t+1] &= EEV_{ET}[t+1] \cdot \frac{UA_{j,ET}[2005]}{EEV_{ET}[2005]} \cdot 100 \\
 UA_{ET}[t+1] &= \sum_{j=1}^7 UA_{j,ET}[t+1]
 \end{aligned}
 \tag{47}$$

$UA_j$ : Umwandlungsausstoß der Umwandlungsanlagen ( $j = 1$  bis  $7$ )

$EEV_{ET}$ : Energetischer Endverbrauch über alle Wirtschaftsbereiche

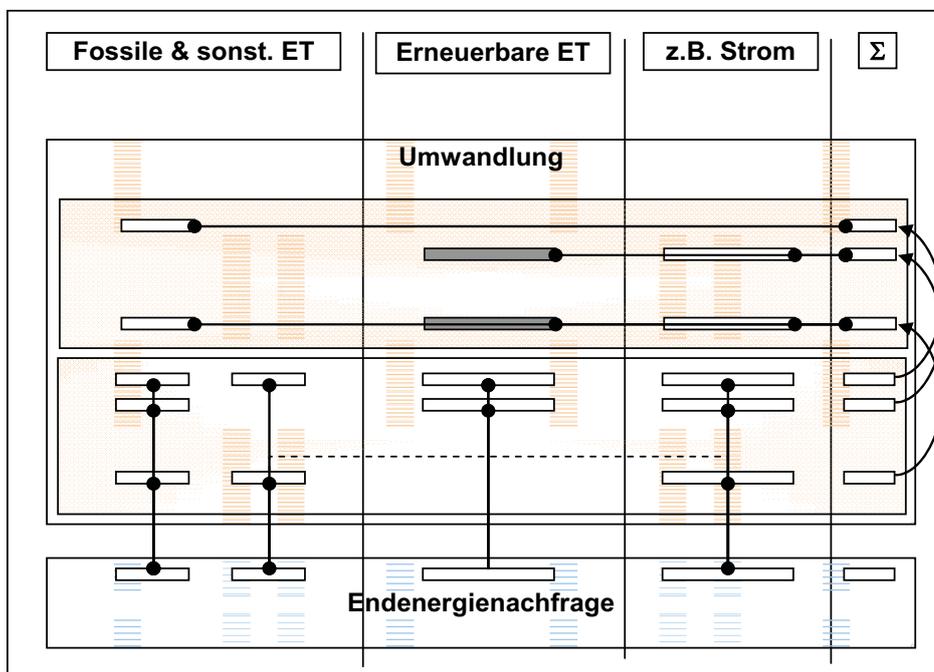
Der Umwandlungsausstoß<sup>32</sup> ist das Ergebnis der Umwandlung bzw. Nutzung der Primärenergieträger (Kohle, Wasser, Wind u.a.) durch die Umwandlungsanlagen in beispielsweise Strom und Wärme. Der Ausstoß ist abhängig von der eingesetzten Menge des Primärenergieträgers und der Technologie. Der Technologiekoeffizient wird als konstant angenommen, so dass der Umwandlungseinsatz  $UE_{j,ET}$  nach der folgenden Formel ermittelt werden kann (Abbildung 30). Somit wird auch unterstellt, dass die Wirkungsgrade der Umwandlungsanlagen konstant bleiben.

$$UE_{j,ET}[t+1] = UA_{j,ET}[t+1] \cdot \frac{UE_{j,ET}[2005]}{UA_{j,ET}[2005]} \cdot 100$$

$$UE_{ET}[t+1] = \sum_{j=1}^7 UE_{j,ET}[t+1] \quad (48)$$

Grundsätzlich wird angenommen, dass sich der Strom- und Wärmeausstoß im Normalfall im Verhältnis von 1:1 entwickeln, d.h. wenn die gesamte Endenergienachfrage steigt, teilt sich die Veränderung der Endenergienachfrage gleichmäßig auf alle betrachteten Energieträger auf, so dass sich die Produktion von Strom und Wärme gleichmäßig entwickelt. In den Szenarien können die Umwandlungseinsätze der Energieträger, bei gegebener Endenergienachfrage, variiert werden, so dass sich das Strom-Wärme-Verhältnis verändert.

**Abbildung 30: Energieumwandlung**



Quelle: eigene Darstellung.

<sup>32</sup> Der Umwandlungsausstoß (Elektrizität) der KWK-Anlagen hat sich zwischen 1995 und 1996 halbiert und erreicht erst 2004 das Niveau von 1995. Verursacht wird der „Knick“ durch neue Erhebungsmethoden (vgl. IEA 2006 „Energy Balances of OECD Countries 2003-2004“, S. I.16).

Am Beispiel der Elektrizitätserzeugung wird die Vorgehensweise näher erläutert. Strom wird in Kraftwerken als auch in KWK-Anlagen erzeugt (Tabelle 19). Im Jahr 2005 erzeugten die Kraftwerke in Österreich 192.237 TJ und die KWK-Anlagen 34.431 TJ Strom. Um diesen Umwandlungsausstoß zu erzeugen, werden in den Kraftwerken Kohle mit einem Heizwert von 69.281 TJ, Erdölprodukte (4.788 TJ), Gas (48.279 TJ), Wasser (129.150 TJ), Erdwärme (7 TJ), Solarvoltaik (51 TJ), Wind (4.781 TJ), brennbare Abfälle (3.633 TJ) und biogene Brennstoffe (10.879 TJ) eingesetzt. KWK-Anlagen setzen Kohle (7.987 TJ), Erdölprodukte (13.870 TJ), Gas (60.226 TJ), brennbare Abfälle (4065 TJ) und biogene Brennstoffe (12.236 TJ) ein. Für jeden Energieträger, der von den Kraftwerken bzw. KWK-Anlagen eingesetzt wird und an der Elektrizitätserzeugung beteiligt ist, wird das Einsatzverhältnis zum Umwandlungsausstoß für das Jahr 2005 berechnet. Dieses Verhältnis bestimmt für die Folgejahre den Umwandlungseinsatz.

**Tabelle 19: Auszug: Energiebilanz 2005**

	Kohle	Erdöl	Erdöl- produkte	Benzin, Diesel	Gas	Wasser	Erdwärme	Solarvoltaik	Sonnen- wärme	Wind	Fernwärme	Energie aus Wärme- pumpen	Brennholz	brennbare Abfälle	biogene Brennstoffe (ohne Pellets, Holzabfälle)	Pellets, Holzabfälle	Elektrizität	Insgesamt
<b>Umwandlungseinsatz</b>	162.469,41	390.781,69	21.617,92	10,65	117.762,20	129.149,50	569,42	50,69	0,00	4.781,15	0,00	157,66	53,54	9.674,87	24.890,75	11.710,36	0,00	873.679,88
davon: Kokserei	55.189,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55.189,39
Hochofen	30.012,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30.012,37
Raffinerie	0,00	390.781,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.449,61	0,00	0,00	392.231,28
<b>Kraftwerke</b>	69.281,13	0,00	4.781,08	7,00	48.279,43	129.149,50	7,12	50,69	0,00	4.781,15	0,00	157,66	0,00	3.633,90	10.879,13	528,69	0,00	271.536,19
<b>KWK-Anlagen</b>	7.987,49	0,00	13.869,08	0,83	60.226,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.064,77	12.325,61	999,53	0,00	89.472,69
Heizwerke	0,00	0,00	2.967,76	2,83	9.256,42	0,00	562,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	53,54	1.976,50	236,41	10.182,14	0,00	25.237,69
Gaserzeugung	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Umwandlungsausstoß</b>	79.019,02	2.635,99	188.663,59	202.332,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	57.351,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	228.667,50	756.670,50
davon: Kokserei	50.117,11	2.635,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52.753,10
Hochofen	28.901,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28.901,91
Raffinerie	0,00	0,00	188.663,59	202.332,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	390.996,38
<b>Kraftwerke</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	192.237,00
<b>KWK-Anlagen</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34.430,52
Heizwerke	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19.100,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19.100,22
Gaserzeugung	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Die inländische Erzeugung, die Lagerveränderungen und der nichtenergetische Verbrauch sind konstant. Die Transportverluste wie auch der Verbrauch des Wirtschaftsbereichs Energie werden in Abhängigkeit des Einsatzvolumens der jeweiligen Energieträger modelliert, so dass sie proportional wachsen. Die energetischen Exporte sind in Abhängigkeit von den ökonomischen Exporten modelliert.

Der Bruttoinlandsverbrauch wird nachfrageseitig berechnet (Abbildung 31).

**Abbildung 31: Bilanzgleichungen**

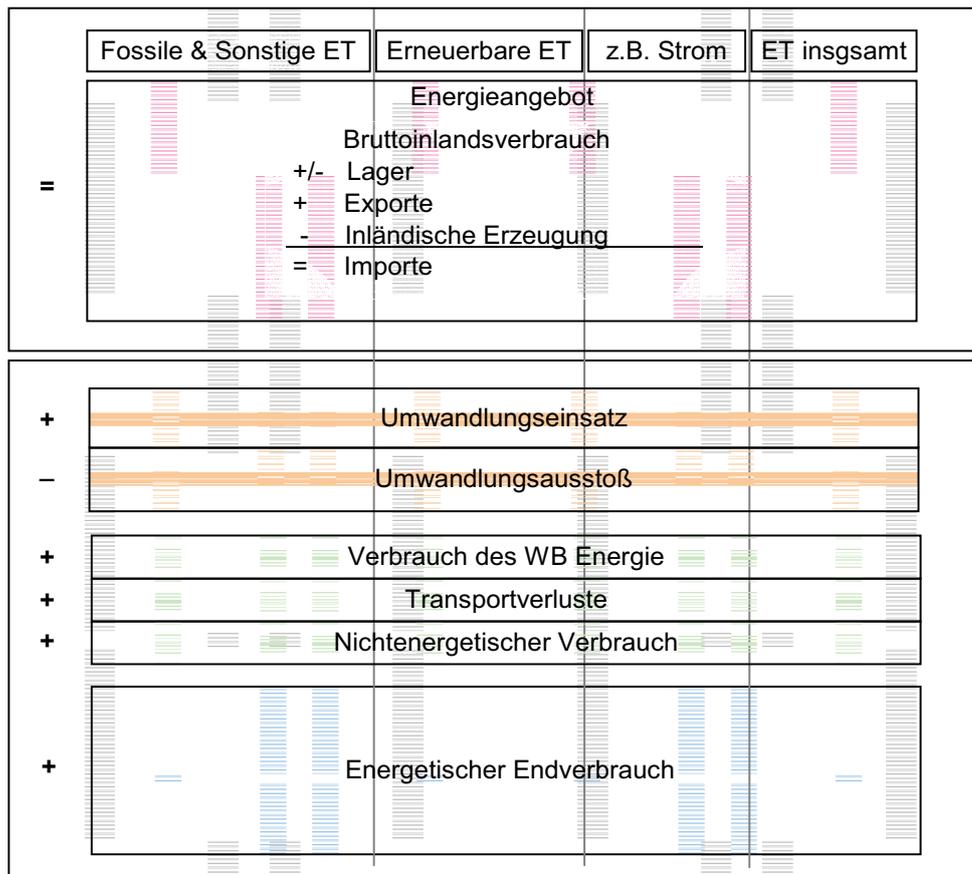
$$\begin{aligned}
 & \text{Umwandlungseinsatz} \\
 & - \text{Umwandlungsausstoß} \\
 & + \text{Verbrauch des Sektors Energie} \\
 & + \text{Nichtenergetischer Verbrauch} \\
 & + \text{Energetischer Endverbrauch} \\
 \hline
 & = \text{Bruttoinlandsverbrauch} \\
 \\
 & \text{Bruttoinlandsverbrauch} \\
 & - \text{Inländische Erzeugung von Rohenergie} \\
 & +/- \text{Lager} \\
 & + \text{Export} \\
 \hline
 & = \text{Import}
 \end{aligned}$$

Nachdem der Bruttoinlandsverbrauch bestimmt wurde, werden die Importe definitorisch (Abbildung 31) berechnet. Eine Veränderung der energetischen Importe hat Rückwirkungen

auf die ökonomischen Importe im Input-Output-Zusammenhang. Eine beispielsweise gestiegene Nachfrage nach Erdöl, erhöht zum einen mengenmäßig die Importe insgesamt und hat zum anderen Auswirkungen auf das Preisniveau, welches wiederum weitere Reaktionen verursacht.

Das Energieangebot ergibt sich definitorisch (Abbildung 32).

**Abbildung 32: Energieangebot**



Quelle: eigene Darstellung.

### **Fortschreibung der Energiepreise**

Die Ermittlung der Energiepreise folgt der Dualität der gewählten Modellierung: Zum einen sind die Energiepreise im Energiemodell korrekt zu erfassen. Zum anderen sind die Produktionspreisindizes im Herstellungspreiskonzept im ökonomischen Modell korrekt an die Entwicklungen im Energiemodell anzupassen. Für die ökonomische Entwicklung sind dann die Produktionspreisindizes entscheidend.

Im ökonomischen Modell ist ausgehend von den Informationen der Input-Output-Tabelle für den Produktionsbereich „Energie und DL der Energiewirtschaft“ die Kostenstruktur bekannt. Sie enthält die Vorleistungseinsätze, den Kapitaleinsatz in Form von Abschreibungen und die

Lohnkosten. Weitere Kostengrößen sind die Nettogütersteuern und die Nettoproduktionsabgaben.

Der Wirtschaftsbereich „Energie und DL der Energiewirtschaft“ ist allerdings kein homogener Produktionsbereich. Vielmehr beinhaltet er die Energieproduktion (herkömmlich sowie regenerativ) und die Verteilung der Energie. Ferner ist neben der Stromerzeugung auch die Verteilung von Gas enthalten. Eine bestmögliche Modellierung ist damit nur dann möglich, wenn der Energiesektor zumindest in diese vier Bereiche zerlegt ist. Im Rahmen des Projektes konnte eine Erweiterung der Input-Output-Tabelle in diesem Sinne nicht geleistet werden. Allerdings wird mittels dieser Überlegung klar, dass der Vorleistungslieferungsstrom „Energie an Energie“ (YN[30][30]) eine besondere Bedeutung hat:

**Abbildung 33: Vorleistungslieferungen „Energie an Energie“**

		Kostenstruktur				
		YN[30][30]	Stromerzeugung regenerativ	Stromerzeugung konventionell	Stromverteilung	DL in Verbindung mit Gas
Lieferstruktur	Stromerzeugung regenerativ		→		X	
	Stromerzeugung konventionell			→	X	
	Stromverteilung				→	X
	DL in Verbindung mit Gas					→

Quelle: eigene Darstellung.

Die Stromverteilung liefert den Strom als Vorleistungslieferung an die Unternehmen und als Fertigprodukt an die Konsumenten. Wenn sich die Mischung aus regenerativ erzeugtem Strom und konventionell erzeugtem Strom ändert, dann wird sich auch der preisbereinigte Inputkoeffizient AR[30][30] verändern. Damit einher geht eine Veränderung der Technologie.

Nach diesen Vorüberlegungen werden die einzelnen Komponenten der Kostenstruktur, die auf die Preisentwicklung wirken, betrachtet:

- (1) Einsatz an fossilen Energieträgern (Kohle & Gas)
- (2) „In-Sich-Lieferungen“ der Energiewirtschaft
- (3) Übrige Vorleistungslieferungen
- (4) Kapitaleinsatz
- (5) Arbeitseinsatz
- (6) Steuern, Subventionen und Abgaben

---

Preisentwicklung zu Herstellungspreisen

Im Energiemodell werden auf Basis von Szenariovorgaben und „Lernkurven“ die Entwicklungen der Preise bestimmt: Die Vorgaben für die Fortschreibung der Preise der Energieträger sind diversen Studien entnommen. Die Importpreise der fossilen Energieträger beruhen auf den Vorgaben des IEA World Energy Outlook (IEA, 2007). Die Preisentwicklung für Groß- und Kleinverbraucher folgt den Wachstumsraten der jeweiligen Energieträger.

Die Lernkurven werden weiter unten im Zusammenhang mit dem Szenario „Denk an morgen“ noch mal erläutert.

Die Energiebilanz liefert das Mengengerüst, das für die Veränderung der Inputkoeffizienten der Energiewirtschaft herangezogen wird. Im Umwandlungseinsatz sind die Zeilen für Kraftwerke (KW) und Kraftwärmekopplung (KWK) enthalten. Diese Zeilen liefern nicht nur den Einsatz unterschiedlicher Energieträger (ET) ( $EB_{KW\&KWK,ET,t}$ ) sondern auch die Summe aller eingesetzter Energieträger ( $EB_{KW\&KWK,t}$ ). Aus diesen Größen lässt sich ein Einsatzverhältnis ermitteln:

$$ET - \text{Einsatzverhältnis} = \frac{EB_{KW\&KWK,ET,t}}{EB_{KW\&KWK,t}} \quad (49)$$

Für den veränderten Einsatz von Kohle und Gas bei der Stromerzeugung lässt sich damit eine Verbindung zur Input-Output-Tabelle ermitteln: Der preisbereinigte Inputkoeffizient  $AR_{Gas\&Kohle,Energiewirtschaft,t}$  ist definiert als das Verhältnis von preisbereinigter Vorleistungslieferung zu preisbereinigter Produktion. Er wird als Mengengerüst für die Stromerzeugung interpretiert. Dementsprechend geht der Inputkoeffizienten  $AR_{Gas\&Kohle,Energiewirtschaft,t}$  proportional zu dem sinkendem Einsatzverhältnis der fossilen Energieträger an der Stromerzeugung zurück. Die Folge eines zusätzlichen Einsatzes regenerativer Energien bei unverändertem Stromverbrauch führt damit zu einer Einsparung an Vorleistungseinsätzen und damit *ceteris paribus* zu einer Reduktion der Herstellungspreise.

Damit ist allerdings nur ein Teil der Veränderungen der Kostenstruktur der Energiewirtschaft erfasst. Es sind im Folgenden zwei Fälle zu unterscheiden: (1) Regenerative Energien, die biogene Brennstoffe (Holz, Pellets, brennbare Abfälle, Biogas etc.) einsetzen und (2) regenerative Energien, die das nicht tun (Solar, Wasser, Wind etc.).

Für beide Fälle gilt, dass bei einem vermehrten Einsatz regenerativer Energie zusätzliche Produktionskapazitäten geschaffen werden. Es werden Investitionen getätigt, die in Höhe ihrer Abschreibungen in die Kostenrechnung der Unternehmen eingehen. Die Höhe der Investitionen ist von den Kosten pro installierte Einheit kW und der Betriebsdauer  $h$  abhängig. Während regenerative Energien basierend auf nachwachsenden Rohstoffen durchgehend betrieben werden können, sind Kraftwerke, die auf Wind und Sonne angewiesen sind von der Wettersituation geprägt. Je nach Energieträger wird dementsprechend ein Investitionspfad berechnet, der eine Veränderung der Abschreibungen zur Folge hat. Es wird dabei stets davon ausgegangen, dass die Investitionen in regenerative Energien additiv sind und zu den „üblichen“ Investitionen des Wirtschaftsbereichs „Energie“

hinzukommen. Daraus folgt, dass die Abschreibungen in der Kostenrechnung des Produktionsbereichs „Energie“ steigen und sich somit die Preisentwicklung beschleunigt.

Im ersten Fall kommen weitere Kosten hinzu. Bei einem vermehrten Einsatz biogener Brennstoffe verändern sich die entsprechenden Inputkoeffizienten der Kostenstruktur der Vorleistungverflechtung proportional zu dem Einsatzverhältnis in der Energiebilanz. Je nach Energieträger erhöhen die Holzindustrie, die chemische Industrie oder die Landwirtschaft ihren Anteil an der Kostenstruktur der Energiewirtschaft.

Im zweiten Fall ist die Situation schwieriger: Für Wind, Wasser und Sonne sind keine Vorleistungslieferungen in der Kostenstruktur der Energiewirtschaft „vorgesehen“, da mit ihnen keine Kosten verbunden sind. Daraus kann jedoch nicht geschlossen werden, dass der Strompreis sinkt, solange die Abschreibungen für z.B. Photovoltaik-Anlagen kleiner sind als die Ersparnisse an fossilen Energieträgern. Der Blick auf den In-Sich-Lieferstrom „Energie an Energie“ führt vielmehr zu folgendem Ergebnis: Für beide Fälle gilt, dass die regenerativen Energien in das Stromnetz eingespeist werden. Dafür entrichten die Netzbetreiber („Verteilung“) die Einspeisevergütung an die regenerativen Stromproduzenten. Die Unternehmen der Verteilung lassen die Kosten für den eingespeisten Strom in ihre Kostenrechnung einfließen. Da die Einspeisevergütung pro kWh für regenerative Energien in der Regel deutlich höher ist, als für konventionell erzeugte Energie wird sich der Inputkoeffizient  $AR[\text{Energie}][\text{Energie}]$  erhöhen.

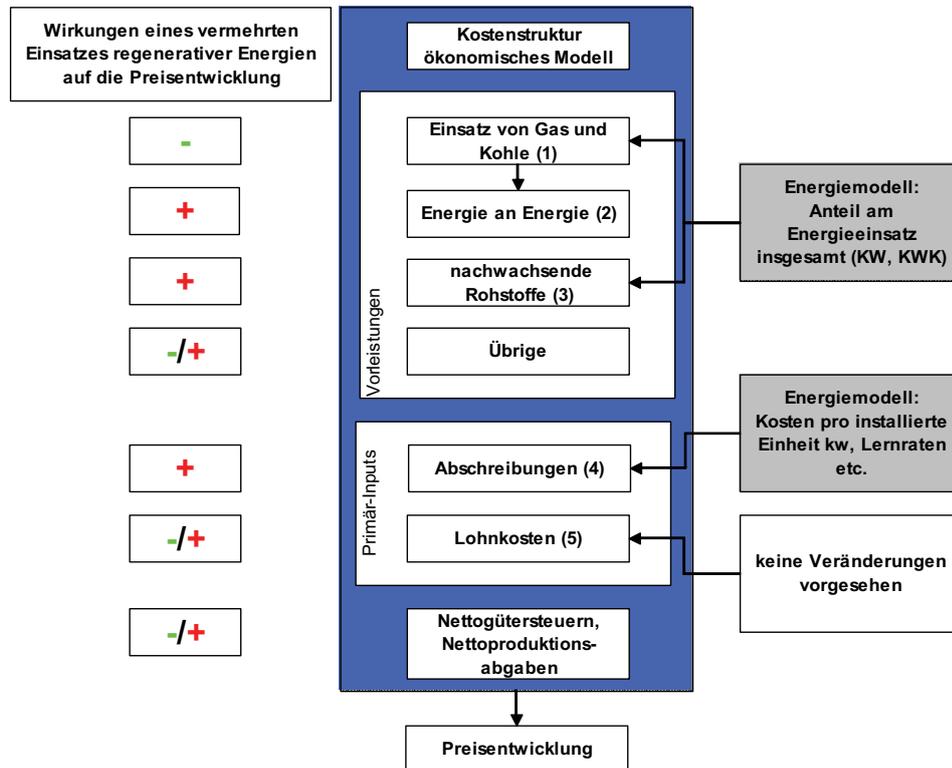
Wegen der fehlenden Zerlegung des Produktionsbereichs „Energie“ im Modell ist der Anteil der regenerativen Energien am In-Sich-Lieferstrom nicht bekannt. Für eine sachgerechtere Zurechnung muss daher auf Hypothesen zurückgegriffen werden. Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass sich der In-Sich-Lieferstrom mindestens um das Doppelte der Ersparnis an fossilen Energieträgern erhöht. Diese Hypothese ergibt sich aus der Überlegung, dass jede regenerative Energie (mit Ausnahme von Wasserkraft und Brennholz) mindestens doppelt so teuer ist, wie herkömmlich erzeugte Energie. Aus dieser Annahme folgt, dass die Preisveränderung der Energiewirtschaft umso mehr unterschätzt wird, je höher der Einspeisepreis ist. Besonders stark ist die Unterschätzung bei der Photovoltaik.

Die letzte wichtige Kostenkomponente sind die Lohnkosten. Mit der Veränderung der Technologie zur Energieerzeugung wird sich auch der Arbeitseinsatz verändern. Dabei kann es grundsätzlich sowohl zu Einsparungen als auch zu weiteren Kostensteigerungen kommen. In der vorliegenden Studie konnten keine Erkenntnisse hinsichtlich dieser Kostenkomponente gewonnen werden; dementsprechend wird der Anteil der Lohnkosten in den Szenarien nicht variiert.

Abbildung 34 gibt einen Überblick über die Wirkungszusammenhänge zwischen dem ökonomischen Modell und dem Energiemodell. Außerdem werden die Wirkungen auf die Preisentwicklung bei einem vermehrten Einsatz regenerativer Energien zusammenfassend abgebildet. Sie liefert auf den ersten Blick den Eindruck, dass der Einsatz regenerativer Energien in erster Linie zu einer beschleunigten Preisentwicklung führt. Es muss allerdings

bedacht werden, dass bei deutlich steigenden Preisen für die fossilen Energieträger eine insgesamt verlangsamte Preisentwicklung die Folge sein kann. Die Vorteilhaftigkeit der unterschiedlichen Energieträger ist damit von den Vorgaben für die Energiepreise im Szenario abhängig.

**Abbildung 34: Modellierung der Energiepreisentwicklung**



Quelle: eigene Darstellung.

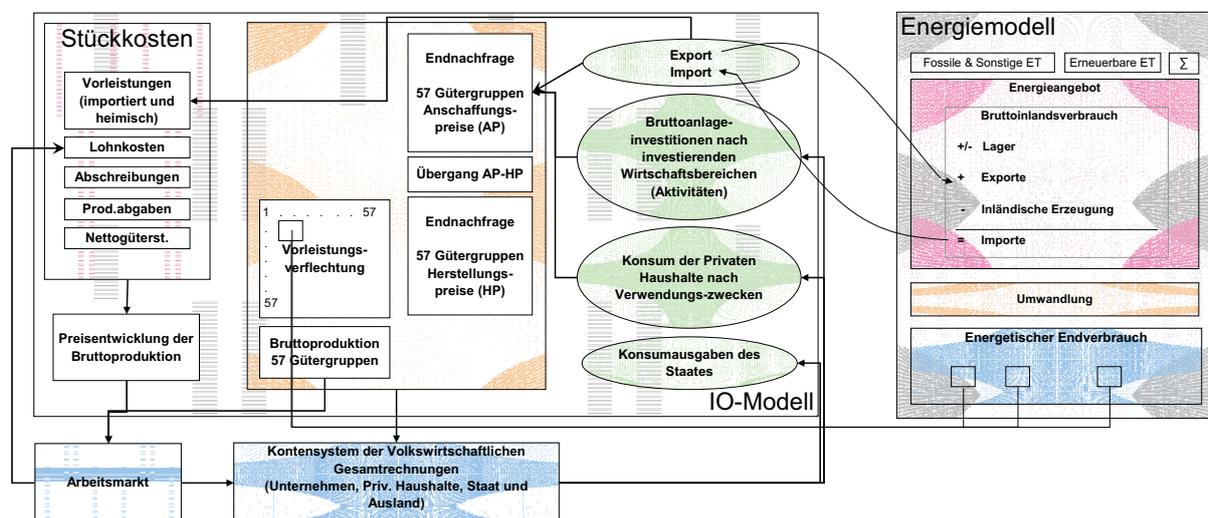
Ferner ist zu beachten, dass die Preise für den Endverbrauch auf dem Anschaffungspreisprinzip beruhen, d.h. Stromsteuern etc. wirken sich noch positiv auf die Entwicklung der Anschaffungspreise aus. Außerdem kann die Energiewirtschaft ihre Preise auch an zusätzlichen Kriterien – z.B. Entwicklung des Preises für Strom an der Börse – orientieren und dementsprechend weitere Zuschläge in die Preisgestaltung einbeziehen. Es wird in der Modellierung davon ausgegangen, dass dies nicht der Fall ist, sondern dass das Verhältnis zwischen Stückkosten und Herstellungspreis unverändert bleibt. Schließlich werden an dieser Stelle die Folgen des CO<sub>2</sub>-Trading vereinfacht einbezogen. Die Energiewirtschaft zahlt die Kosten für die CO<sub>2</sub>-Zertifikate an das Ausland – der sich ergebende Zahlungsstrom wird im Kontensystem der VGR dementsprechend gebucht – und legt diese Kosten gleichmäßig um, indem sich für alle die Herstellungspreise erhöhen, allerdings ohne dass ein zusätzlicher Gewinn in der Energiewirtschaft verbleibt.

## Rückkopplungen zwischen Energiemodell und ökonomischen Modell im Überblick

Die Rückkopplungen, die zwischen dem ökonomischen Modell und dem Energiemodell bestehen, sind in Abbildung 35 dargestellt.

Die ökonomischen als auch die energetischen Im- bzw. Exporte der fossilen und erneuerbaren Energieressourcen beeinflussen sich in ihrer Entwicklung gegenseitig. Ein mengenmäßiger Zuwachs der energetischen Importe wie Kohle oder Gas bewirkt in gleichem Maße einen Anstieg der preisbereinigten Importe des ökonomischen Modells. Die fossilen Energieträger wie Kohle, Gas und Erdöl können direkt den „ökonomischen“ Importen zugerechnet werden. Brennholz hingegen ist nur ein Teil (ca. 4 %) der Importe der Gütergruppe „forstwirtschaftliche Erzeugnisse“.

Abbildung 35: Kopplung ökonomisches Modell und Energiemodell



Quelle: eigene Darstellung.

Ähnliches gilt für die Exporte. Jedoch bestimmen hier die „ökonomischen“ Importe die „energetischen“ Exporte (Exporte der Energiebilanz). Die Begründung liegt im Modellaufbau. Es wird unterstellt, dass die Exporte Österreichs von der Weltimportnachfrage abhängen. Diese wird durch das Welthandelsmodell GINFORS vorgegeben. Die Höhe der Exporte ist abhängig von den „Marktanteilen“, die sich durch die (preisliche) Wettbewerbsfähigkeit der betrachteten Länder ändern.

Veränderungen der branchenspezifischen energetischen Endnachfrage beeinflussen auch die Vorleistungseinsätze des Wirtschaftsbereichs „Energie und DL der Energieversorgung“ sowie den damit verbundenen Umwandlungseinsatz an Primärenergie (Kohle, Erdöl, Gas etc.) zur Erzeugung der abgeleiteten Energieträger (Fernwärme, Elektrizität). Die Änderungen des Umwandlungseinsatzes an Primärenergieträgern und damit auch des Umwandlungsausstoßes an abgeleiteten Energieträgern in den jeweiligen Umwandlungs-

anlagen (Kokerei, Raffinerie, Heizwerke etc.) führt zu einer geänderten Kostenstruktur (vgl. vorherige Ausführungen).

Die Änderung der energetischen Endnachfrage muss dementsprechend in die Vorleistungsverflechtungsmatrix integriert werden. Dies erfolgt über die Fortschreibung der Inputkoeffizienten mit der mengenmäßigen Veränderung der eingesetzten Energieträger, die zur Strom- und Wärmeerzeugung verwendet werden.

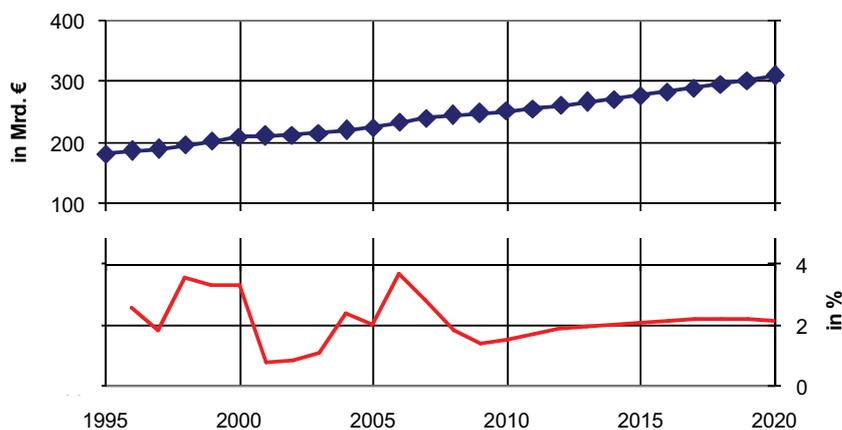
## 6 Ergebnisse

### 6.1 Entwicklungen im Referenzszenario: Business as usual (BAU)

#### 6.1.1 Wirtschaftliche Entwicklung

Die gesamtwirtschaftliche Entwicklung Österreichs folgt laut Modell auch in Zukunft weitestgehend den in der Vergangenheit beobachteten Zusammenhängen. Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) wird mit ca. 2,1 % p.a. wachsen (vgl. Abbildung 36). Voraussetzung dafür ist allerdings eine weitergehende deutliche Verbesserung des Außenhandelsaldos, der durch gute Exportchancen der österreichischen Industrie bei einer sich weiterhin gut entwickelnden weltwirtschaftlichen Konjunktur getrieben wird.

Abbildung 36: BIP in Mrd. EUR, preisbereinigt, und seine jährlichen Veränderungsraten



Quelle: eigene Berechnungen.

Demzufolge bleibt das Wachstum des privaten Konsums hinter dem des BIP zurück (vgl. Tabelle 20). Der Verbrauch der öffentlichen Hand ist weiterhin auf Konsolidierung ausgerichtet. Die Anlageinvestitionen (Bau- und Ausrüstungsinvestitionen) folgen weitestgehend der Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes.

Auf dem Arbeitsmarkt steigt die Anzahl der Beschäftigten um 198.000 Personen zwischen 2005 und 2020 (+ 6,1 %). Vor dem Hintergrund einer unterstellten Bevölkerungsentwicklung von 8,21 Mio. Personen in 2005 auf 8,34 Mio. Personen in 2020 (+1,6 %) impliziert die Entwicklung auf dem Arbeitsmarkt einen deutlichen Anstieg der Erwerbsquote der 15- bis 65-Jährigen. Denn nicht nur der kräftigere Anstieg der Beschäftigten sondern auch die gleichzeitige Alterung der Bevölkerung erhöht die Erwerbsquoten. Eine Aussage zur Erwerbslosigkeit ist vor dem Hintergrund der demographischen Entwicklung daher schwierig und wird hier unterlassen.<sup>33</sup>

**Tabelle 20: Komponenten des Bruttoinlandsproduktes und Größen des Arbeitsmarktes**

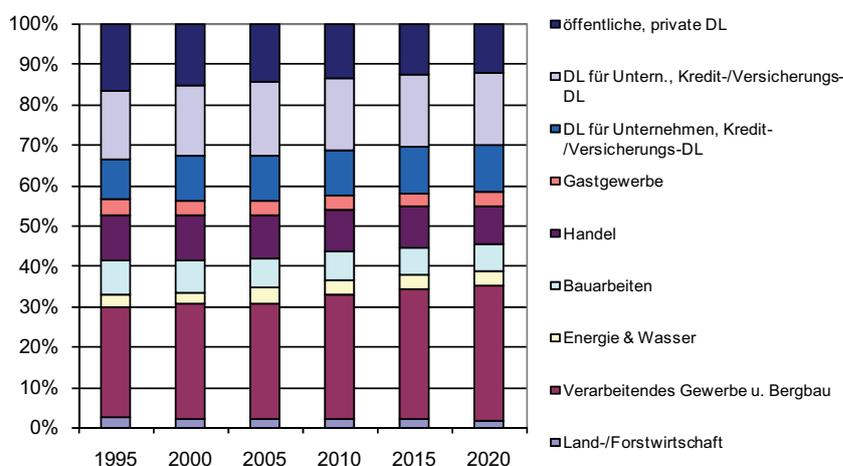
	1995	2000	2005	2010	2015	2020
<b>Bruttoinlandsprodukt und Komponenten In Mrd. €, preisbereinigt</b>						
Bruttoinlandsprodukt	182	210	226	253	279	311
Privater Konsum	107	120	129	142	155	170
Staatsverbrauch	35	39	41	42	43	45
Anlageinvestitionen	41	48	47	53	58	64
Exporte	52	83	110	148	191	243
Importe	59	85	110	144	181	228
<b>Bruttoinlandsprodukt und Komponenten, Wachstumsraten Fünfjahreszeiträume</b>						
Bruttoinlandsprodukt		2,9	1,4	2,3	2,0	2,2
Privater Konsum		2,2	1,5	2,0	1,8	1,9
Staatsverbrauch		2,0	1,0	0,7	0,3	0,9
Anlageinvestitionen		3,2	-0,2	2,3	1,7	2,0
Exporte		9,7	5,7	6,1	5,3	5,0
Importe		7,4	5,4	5,5	4,8	4,7
<b>Arbeitsmarkt</b>						
Jahreslohnsumme in €	30604	34221	36914	41638	45970	51480
Beschäftigte in 1000	3070	3133	3235	3300	3350	3433

Quelle: eigene Berechnungen.

Die Entwicklung der Wirtschaftsstruktur spiegelt den Außenhandelserfolg Österreichs wider: Das verarbeitende Gewerbe kann seinen Anteil an der Produktion insgesamt steigern. Diese Entwicklung geht insbesondere zu Lasten der übrigen Dienstleistungen, die vor allem durch die Leistungen der öffentlichen Hand geprägt werden (vgl. Abbildung 37).

<sup>33</sup> Für eine konkrete Aussage wäre grundsätzlich eine detailliertere Modellierung (Bevölkerung zumindest nach Geschlecht sowie Altersklassen getrennt, spezifische Erwerbsquoten etc.) notwendig (vgl. Wolter 2005). Eine solche Modellierung des Arbeitsangebotes konnte im Rahmen des Projektes nicht geleistet werden.

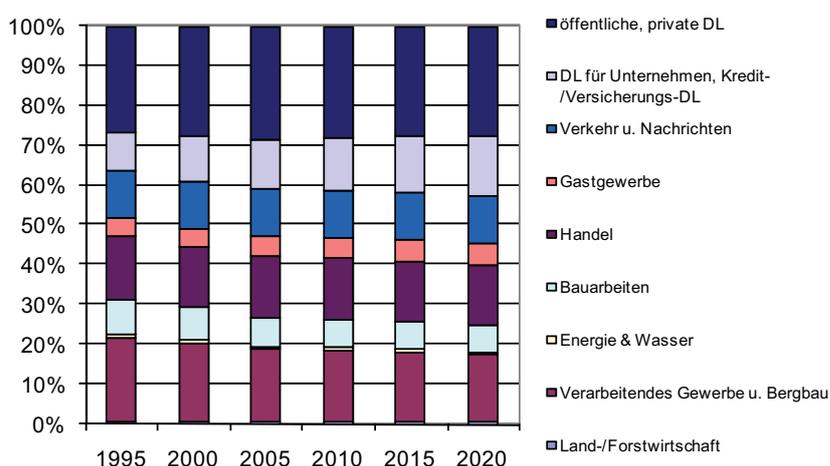
**Abbildung 37: Anteile der preisbereinigten Bruttoproduktion nach aggregierten Wirtschaftsbereichen an der gesamten Bruttoproduktion**



Quelle: eigene Berechnungen.

Bezogen auf die Beschäftigten sieht das Bild leicht verändert aus (vgl. Abbildung 38): Im verarbeitenden Gewerbe nimmt die Beschäftigung anteilmäßig wegen der dort hohen Arbeitsproduktivität pro Kopf leicht ab. Die Dienstleistungen für Unternehmen können hingegen deutlich zulegen. Gleiches gilt, wenn auch in vermindertem Maße, für den aggregierten Wirtschaftsbereich Verkehr und Nachrichten. Das Gastgewerbe legt ebenfalls leicht zu. Der Anteil des Handels stagniert.

**Abbildung 38: Anteil der Beschäftigten nach aggregierten Wirtschaftsbereichen an den Beschäftigten insgesamt**



Quelle: eigene Berechnungen.

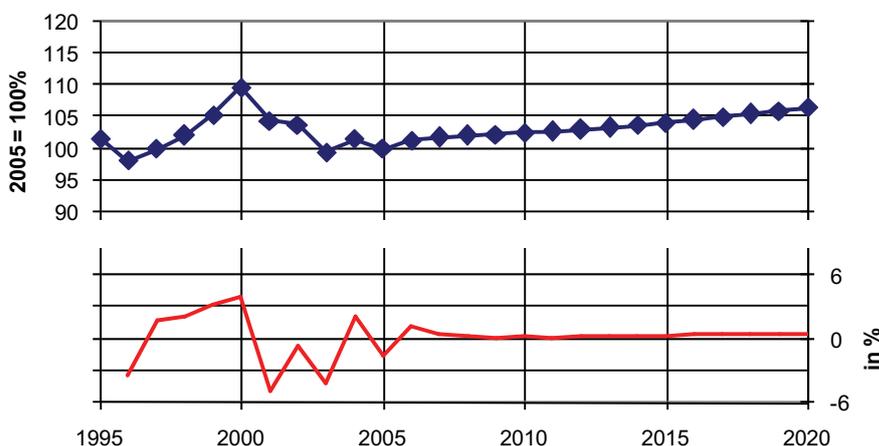
Zusammenfassend ist festzustellen, dass das BAU-Szenario im Hinblick auf den Energieverbrauch als „ungünstig“ anzusehen ist. Mit Wachstumsraten um die 2,1 % p.a. steigt das BIP deutlich. Dieser Anstieg ist auf den Erfolg der österreichischen Industrie auf Auslandsmärkten zurückzuführen. Die Folge sind hohe Energieverbräuche und damit auch hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen. Um eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen ohne Anpassung der Energie-

erzeugung zu erreichen, sind bei erfolgreicher Exporttätigkeit der heimischen Industrie somit höhere Energieeffizienz-Steigerungen notwendig.

### 6.1.2 Ergebnisse der Energiebilanz

Die Entwicklung der aggregierten Energieeffizienz hat sich in den Jahren 1995 bis 2005 nicht verbessert (vgl. Abbildung 39). Im Jahr 2005 erreicht sie nahezu den gleichen Wert wie 1995. Auch in den fünf Jahren zuvor (1990 bis 1995) konnten kaum Effizienzgewinne erreicht werden. Im Fortschreibungszeitraum steigt die Energieeffizienz mit 0,2 % bis 0,5 % pro Jahr. Über die Jahre hinweg nimmt sie dabei in der Entwicklung leicht zu. Bei den oben dargestellten Wachstumsraten des BIP (2,1 % p.a.) ergeben sich also ein deutlicher zusätzlicher Energiebedarf.

**Abbildung 39: Entwicklung der Energieeffizienz (Bruttoinlandsprodukt im Verhältnis zum Bruttoinlandsverbrauch) Basis 2005 = 100 und Wachstumsraten**

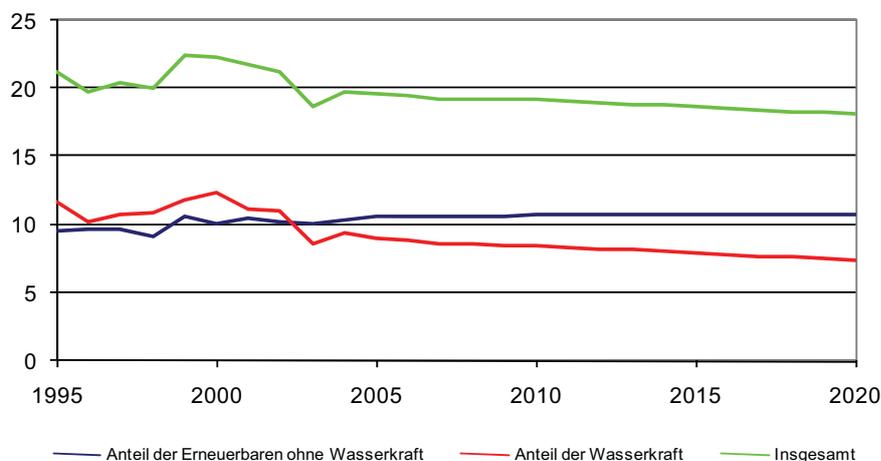


Quelle: eigene Berechnungen.

Im BAU-Szenario zeigt sich ferner, dass die erneuerbaren Energien ohne Wasserkraft ihren Anteil am Bruttoinlandsverbrauch behaupten können (vgl. Abbildung 40). Es wird damit deutlich, dass die Nutzung der erneuerbaren Energien auch im BAU-Szenario weiter intensiviert wird. Der Rückgang des Anteils der erneuerbaren Energien ist auf den im BAU-Szenario nur noch sehr verhaltenen Ausbau der Wasserkraft (insbesondere der Kleinwasserkraft) zurückzuführen.

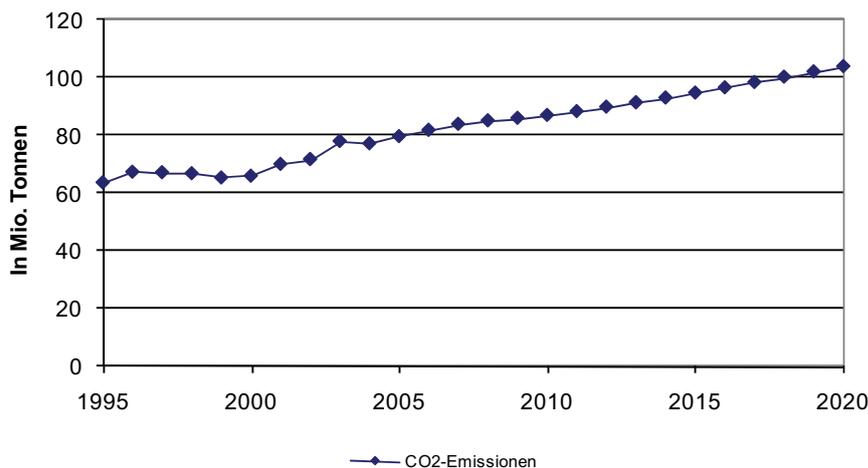
Vor diesem Hintergrund ist ein absoluter Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen im BAU-Szenario unvermeidlich (vgl. Abbildung 41). Während das durchschnittliche Wachstum des preisbereinigten Bruttoinlandsproduktes zwischen 2005 und 2020 2,1 % pro Jahr beträgt, wachsen die CO<sub>2</sub>-Emissionen mit durchschnittlich 1,8 %. Zum Vergleich: In den Jahren 1990 bis 2005 betrug das durchschnittliche Wachstum des Bruttoinlandsproduktes 2,2 %. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen wuchsen durchschnittlich mit 2,1 % p.a. Im BAU-Szenario hat, wenn auch nur im geringen Ausmaß, eine relative Entkopplung zwischen beiden Größen stattgefunden.

**Abbildung 40: Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoinlandsverbrauch (in %)**



Quelle: eigene Berechnungen.

**Abbildung 41: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen (in Mio. Tonnen)**



Quelle: eigene Berechnungen.

Die teilweise festzustellende Entkopplung wird vor allem durch die steigende Energieeffizienz der Wirtschaftsbereiche *sonstiger Landverkehr* und *private Haushalte* (Gliederung der Energiebilanz) erreicht, die zusammen ca. 52 % des energetischen Endverbrauchs ausmachen (vgl. Tabelle 21). Nachdem beide Bereiche keine Verbesserungen in den Jahren 1995 bis 2005 aufweisen, nehmen nun die Effizienzen zu. Zu beachten ist, dass beide Entwicklungen auf aggregierten Schätzungen beruhen und dementsprechend noch keine detaillierten Modellierungen in Form einer Integration eines Verkehrsmodells bzw. Wohnungsbestandsmodells zu Grunde liegen.

Der Energieverbrauch der privaten Haushalte wird von der Entwicklung des preisbereinigten Konsumverwendungszwecks *Ausgaben der privaten Haushalte für Wasser, Strom, Gas u.a. Brennstoffe* getrieben. Die Fortschreibung des Energieverbrauchs des *sonstigen Land-*

*verkehrs* muss berücksichtigen, dass dieser nicht nur die Leistungen des Transportsektors, sondern auch die Fahrleistungen der privaten Haushalte umfasst. Demzufolge gehen neben der preisbereinigten Produktionsentwicklung *des Landverkehrs* (ÖNACE) auch die preisbereinigte Entwicklung der Nachfrage der privaten Haushalte nach *Waren und Dienstleistungen für den Betrieb von Fahrzeugen* in die Erklärung ein.

**Tabelle 21: Entwicklung der Energieeffizienz nach Wirtschaftsbereichen der Energiebilanz**

	2005 TJ	Durchschnittliche WR der Energieeffizienz						
		95-00	00-05	05-10	10-15	15-20	95-05	05-20
Eisen- u. Stahlerzeugung	35.774	-2,5	4,1	0,7	0,6	0,5	0,5	0,6
Chemie und Petrochemie	38.313	-0,7	-1,6	0,3	0,2	0,1	-0,8	0,2
Nicht Eisen Metalle	6.132	-0,4	1,4	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
Steine und Erden, Glas	33.513	0,5	-0,2	0,5	0,3	0,3	0,1	0,4
Fahrzeugbau	12.570	13,0	1,8	0,7	0,6	0,5	4,8	0,6
Maschinenbau	17.906	3,9	1,7	3,9	3,6	3,8	1,9	3,7
Bergbau	8.953	-1,2	0,7	26,6	7,0	4,8	-0,2	12,4
Nahrungs- u. Genußmittel	18.356	-3,8	6,0	0,4	0,4	0,4	0,7	0,4
Papier und Druck	56.093	3,0	-0,6	2,5	2,0	1,8	0,8	2,1
Holzverarbeitung	19.437	-6,2	-4,3	2,1	1,6	1,3	-3,5	1,7
Bau	42.260	-6,2	-6,4	-1,6	-1,3	-1,5	-4,2	-1,5
Textil und Leder	5.265	7,0	-0,2	0,1	0,0	-0,1	2,2	0,0
Sonst. Prod. Bereiche	10.149	22,2	-4,7	0,2	0,1	0,1	5,2	0,1
Eisenbahn	8.978	3,2	4,0	1,6	1,6	1,7	2,4	1,6
Sonstiger Landverkehr	295.382	-0,1	-3,9	0,4	0,4	0,3	-1,4	0,4
Transport in Rohrfernln.	10.466	-11,3	1,7	0,3	0,2	0,2	-3,4	0,2
Binnenschifffahrt	395	12,2	-6,9	0,1	0,1	0,1	1,5	0,1
Flugverkehr	28.403	7,4	-2,6	1,2	1,1	1,2	1,5	1,2
Öffentliche u. Private DL	146.339	0,6	-2,6	-0,1	-0,1	-0,1	-0,7	-0,1
Private Haushalte	282.546	1,6	-9,9	0,2	0,2	0,3	-2,9	0,2
Landwirtschaft	24.987	-0,4	-0,7	0,3	0,2	0,2	-0,4	0,2

Quelle: eigene Berechnungen.

Bei einer Betrachtung des energetischen Endverbrauchs nach Energieträgern fällt vor allem die Entwicklung des Kohleverbrauchs auf (vgl. Tabelle 22).

Im Gegensatz zur Vergangenheit geht er nun nicht weiter zurück. Neben der Wärmeerzeugung in privaten Haushalten wird Kohle vor allem bei der Stahlerzeugung, im Wirtschaftsbereich Steine und Erden sowie im Papier- und Druckgewerbe verwendet. Während Kohle auch in Zukunft bei den privaten Haushalten zur Wärmeerzeugung immer weniger eingesetzt wird (-73 % zwischen 2005 und 2020), wird sie vor allem zur Stahlerzeugung und im Papier- und Druckgewerbe benötigt. Da die Bedeutung der Kohle als Energieträger für private Haushalte auch in 2005 sehr gering war, wird der Rückgang bei den privaten Haushalten durch die Entwicklung im industriellen Sektor überkompensiert.

**Tabelle 22: Energetischer Endverbrauch nach Energieträgern**

	Angaben in TJ						Durchschn. WR	
	1995	2000	2005	2010	2015	2020	95-05	05-20
Kohle	35.619	34.244	26.060	27.045	27.959	29.373	-3,1	0,8
Erdöl	-	0	-	-	-	-		
Erdölprodukte	140.072	131.600	138.431	137.161	129.745	120.642	-0,1	-0,9
Benzin, Diesel	224.800	266.775	356.558	401.351	452.109	514.888	4,7	2,5
Gas	144.612	171.637	201.893	224.108	252.835	285.003	3,4	2,3
Wasser	-	-	-	-	-	-		
Erdwärme	141	191	259	287	315	351	6,3	2,1
Photovoltaik	-	-	-	-	-	-		
Solarthermie	1.494	2.661	3.816	4.772	5.785	6.895	9,8	4,0
Wind	-	-	-	-	-	-		
Fernwärme	35.515	43.557	52.763	61.815	71.026	81.043	4,0	2,9
Wärmepumpen	3.070	4.187	4.976	5.996	6.508	7.125	4,9	2,4
Brennholz	67.354	60.156	64.737	65.376	65.905	66.439	-0,4	0,2
brennbare Abfälle	5.076	4.738	10.615	11.917	12.977	13.957	7,7	1,8
biogene Brennst. übrige	13.127	17.962	16.139	17.729	19.131	20.500	2,1	1,6
Pellets, Holzabfälle	8.439	18.982	25.954	30.453	35.016	40.232	11,9	3,0
Elektrizität	166.123	186.609	202.989	223.326	242.096	262.235	2,0	1,7

Quelle: eigene Berechnungen.

Die in der Vergangenheit erreichten hohen Zuwächse von Sonnenwärme und Pellets sind zwar noch deutlich höher als die durchschnittliche Entwicklung über alle regenerativen Energieträger hinweg betrachtet, sie gehen aber schon wegen des Mengeneffekts (Zunahme des Energieverbrauchs) prozentual zurück. Der wichtigste nicht fossile Energieträger zur Wärmeerzeugung, Brennholz, wird sich wie in der Vergangenheit kaum erhöhen. Insofern gewinnt Gas als Energieträger zur Wärmeerzeugung deutlich an Gewicht. Der Verbrauch von Heizöl ist demgegenüber weiterhin rückläufig. Im Ergebnis bleibt der Anteil der regenerativen Energien am energetischen Endverbrauch nahezu unverändert. Abschließend wird die Entwicklung des Energiemixes bei der Stromerzeugung in Kraftwerken und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) aggregiert betrachtet (vgl. Tabelle 23).

Auffällig ist die Entwicklung der Erdölprodukte, die auf der Modellierung der Umwandlungseinsätze für Kraftwerke und KWK-Anlagen beruht. Es wird davon ausgegangen, dass Kapazitäten, die nicht durch erneuerbare Energieträger gedeckt werden, die Umwandlungseinsätze von fossilen Energieträgern erhöhen. Im BAU-Szenario wird eine moderate Entwicklung der erneuerbaren Energieträger unterstellt.

Photovoltaik und Windenergie wachsen weiter kräftig. Insgesamt erreichen die regenerativen Energien ohne Wasser einen Anteil von 14 % im Jahr 2020 (10 % in 2005). Wird Wasserkraft mit berücksichtigt, so liegt der Anteil erneuerbarer Ressourcen an der Stromerzeugung 2020 bei 42 % (45 % in 2005). Unter den getroffenen Annahmen des Basisszenarios verfehlt Österreich im Jahre 2020 knapp die in 2005 erreichte Ökostromerzeugung.

**Tabelle 23: Entwicklung des Energieträgermixes bei der Stromerzeugung (KW und KWK)**

	Angaben in TJ						Durchschn. WR	
	1995	2000	2005	2010	2015	2020	95-05	05-20
Kohle	59.262	62.098	77.268	85.576	93.581	101.876	2,7	1,9
Erdöl	-	-	-	-	-	-		
Erdölprodukte	25.672	18.723	18.650	21.628	24.628	27.862	-3,1	2,7
Benzin, Diesel	326	49	8	9	9	10	-31,1	1,9
Gas	86.238	73.589	108.506	124.166	139.788	156.491	2,3	2,5
Wasser	133.442	150.621	129.150	132.378	134.961	137.028	-0,3	0,4
Erdwärme	-	-	7	8	8	9		1,4
Photovoltaik	4	12	51	152	455	1.364	29,9	24,5
Solarthermie	-	-	-	-	-	-		
Wind	2	240	4.781	6.557	8.992	12.331	117,7	6,5
Fernwärme	-	-	-	-	-	-		
Wärmepumpen	-	-	158	171	183	195		1,4
Brennholz	-	-	-	-	-	-		
brennbare Abfälle	4.247	4.795	7.698	12.902	15.956	19.075	6,1	6,2
biogene Brennst. übrige	14.609	9.420	23.205	26.344	29.417	32.742	4,7	2,3
Pellets, Holzabfälle	-	3.134	1.528	1.885	2.245	2.621		3,7
Elektrizität	-	-	-	-	-	-		

Quelle: eigene Berechnungen.

### 6.1.3 Sensitivitätsanalysen

Im Rahmen der Arbeiten am Modell „e3.at“ wurde eine Vielzahl von Szenarien im Sinne von Sensitivitätsanalysen gerechnet. Diese Sensitivitätsrechnungen unterstützten sowohl die Ausgestaltung der drei im Folgenden dargestellten Szenarien (siehe Kapitel 6.2) als auch die Evaluierung der Modelleigenschaften.

Die Ergebnisse dieser Sensitivitätsanalysen wurden innerhalb des Projektteams diskutiert und dienten vornehmlich der Absicherung der Ergebnisse und werden daher in diesem Bericht nicht wiedergegeben. Ein Beispiel soll aber zur Illustration exemplarisch herausgegriffen werden, da es sowohl im Projektkontext als auch im Rahmen von Sensitivitätsrechnungen von besonderem Interesse ist: die Preisentwicklung der fossilen Energieträger. Diese Thematik ist deshalb von besonderem Interesse, da die Erreichung von energiepolitischen Zielen wesentlich durch die Ausgangssituation der Preise auf dem Weltmarkt beeinflusst wird.

Im Folgenden werden die Reaktionen einer 10%-igen Preisanhebung der Gas- und Ölpreise bis zum Jahr 2020 dargestellt und mit dem BAU-Szenario verglichen. Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse wird ausschließlich auf die Veränderung dieser Vorgaben eingegangen. D.h. es liegt kein vollständiges Szenario vor, da in einem solchen u.a. auch Veränderungen der Importpreise anderer Güter und damit auch die geänderte Konkurrenzsituation gegenüber anderen Ländern berücksichtigt werden müsste. Daher kann auf Grund der Ergebnisse dieses Szenarios nicht auf die Reaktion der österreichischen Ökonomie der

Höhe nach geschlossen werden. Die Sensitivitätsanalyse liefert vielmehr eine Aussage über die Wirkungszusammenhänge im Modell bezogen auf eine Veränderung der Preise.

Die Ergebnisse im Einzelnen: Die Preissteigerung der fossilen Energieträger führt zu Preissteigerungen sowohl der Mineralölindustrie – Rohöl als Vorprodukt wird teurer – als auch der Energiewirtschaft. Hier wird Gas für die Erzeugung von Strom oder Wärme eingesetzt. Aus Sicht der KonsumentInnen sind im Jahr 2020 die Preise für den Konsumverwendungszweck „Wasserversorgung, Strom, Gas u.a. Brennstoffe“ um 3% und für den Konsumverwendungszweck „Waren und Dienstleistungen für den Betrieb von Privatfahrzeugen“ um 2,5% höher. Die gedämpfte Preiswirkung ergibt sich auf Grund der Einbeziehung weiterer Kostenkomponenten bei den betroffenen Wirtschaftsbereichen (Löhne und Abschreibungen) und der auf den Gütern liegenden Steuern (Mineralölsteuer). Ferner enthalten die genannten Verwendungszwecke auch Konsumausgaben, die nicht in direktem Zusammenhang mit den Preisänderungen stehen (z.B. Dienstleistungen für den Betrieb von Privatfahrzeugen). Insgesamt wird das durchschnittliche Preisniveau der Privaten Haushalte im Jahr 2020 um 0,7% höher liegen als im BAU-Szenario.

Die Folge ist ein Rückgang des preisbereinigten Konsums der Privaten Haushalte (-0,9% in 2020). Die im Verhältnis zum Preisanstieg stärkere Reaktion der Konsumnachfrage ist auf die zurückgehende Wirtschaftsentwicklung (Bruttoinlandsprodukt, preisbereinigt – 0,9% in 2020) und den damit verbundenen Beschäftigungseinbußen (- 13.000 Beschäftigungsverhältnisse, -0,4%) in 2020 zurückzuführen. Die verminderte Beschäftigung zieht wiederum ein geringeres verfügbares Einkommen der privaten Haushalte (- 0,4% in 2020) nach sich.

Ebenfalls wirkt sich das steigende Preisniveau aufgrund der teureren Importe von Rohöl und Gas unter den in dieser Sensitivitätsanalyse unterstellten ceteris paribus Annahmen negativ auf die Wettbewerbssituation Österreichs aus. Die preisbereinigten Exporte sind wegen der höheren Exportpreise (+0,3%) um 0,3% geringer als im BAU-Szenario.

Der Bruttoinlandsverbrauch der Energiebilanz geht aufgrund der veränderten wirtschaftlichen Dynamik um 0,7% im Vergleich zum BAU-Szenario zurück, die CO<sub>2</sub>-Emissionen sogar um 0,9%.

Die Sensitivitätsanalyse zeigt die zu erwartenden Wirkungszusammenhänge: Die ökonomische Entwicklung wie auch der mit ihr verbundene Energieverbrauch stehen in Zusammenhang mit der auf den Weltmärkten unterstellten Preissituation für fossile Energieträger. Demzufolge wird unter dem Regime steigender Energiepreise die Erreichung von energiepolitischen Zielsetzungen in Bezug auf die Begrenzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen einfacher. Diese grundsätzliche Aussage wird sich auch dann nicht ändern, wenn in einem vollständigen Szenario mit berücksichtigt wird, dass auch in allen anderen Ländern die steigenden Preise für fossile Energieträger die Exportpreise anheben und der Wettbewerbsnachteil Österreichs schwindet.

## 6.2 Ergebnisse der Szenarien

Zu Beginn ein Blick auf die wirtschaftliche Entwicklung: Die einzelnen Szenarien unterscheiden sich vor allem durch die Wachstumsdynamik der Investitionen. Annahmegemäß wird in den Alternativszenarien mehr investiert, um den gewünschten Ausbau an erneuerbarer Energie erreichen zu können (vgl. Kapitel 4.3). Insbesondere im Szenario „Denk an morgen“ (DAM) sind erhebliche zusätzliche Investitionen notwendig. Demzufolge ist auch in diesem Szenario das Wachstum des Bruttoinlandsproduktes am stärksten (vgl. rot markierte Werte). Wie bereits beschrieben, geht die Modellierung davon aus, dass ein Großteil der Solarzellen auch tatsächlich in Österreich produziert werden kann. Ist dies nicht der Fall, würden steigende Importe das heimische Wachstum bremsen.

**Tabelle 24: Komponenten des Bruttoinlandsproduktes, preisbereinigt - durchschnittliche Wachstumsraten für Fünfjahresabschnitte**

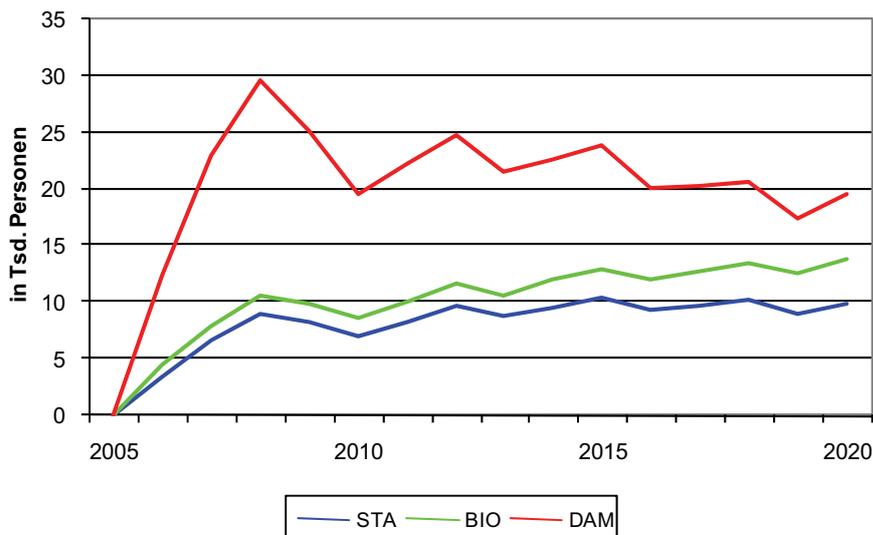
	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020
<b>BAU-Szenario</b>					
Bruttoinlandsprodukt	2,94	1,45	2,26	1,96	2,20
Konsum der privaten Haushalte	2,23	1,46	1,96	1,76	1,91
Konsum des Staates	2,02	1,00	0,67	0,28	0,94
Investitionen	3,24	-0,22	2,33	1,69	1,96
Exporte	9,74	5,65	6,14	5,26	4,99
Importe	7,44	5,37	5,52	4,76	4,67
<b>Stärken ausbauen</b>					
Bruttoinlandsprodukt			2,33	1,99	2,19
Konsum der privaten Haushalte			2,01	1,77	1,90
Konsum des Staates			0,78	0,34	0,96
Investitionen			2,65	1,91	1,99
Exporte			6,13	5,25	4,98
Importe			5,59	4,79	4,66
<b>Biomassiv</b>					
Bruttoinlandsprodukt			2,35	1,99	2,20
Konsum der privaten Haushalte			2,02	1,78	1,91
Konsum des Staates			0,80	0,36	0,99
Investitionen			2,72	1,94	2,03
Exporte			6,13	5,25	4,98
Importe			5,61	4,79	4,67
<b>Denk an Morgen</b>					
Bruttoinlandsprodukt			2,46	1,99	2,15
Konsum der privaten Haushalte			2,10	1,76	1,86
Konsum des Staates			0,96	0,37	0,94
Investitionen			3,27	2,07	1,88
Exporte			6,11	5,24	4,97
Importe			5,74	4,80	4,62

Quelle: eigene Berechnungen.

Ein Blick auf die Beschäftigung zeigt, dass parallel zur wirtschaftlichen Entwicklung die Anzahl der Erwerbstätigen mit steigenden Investitionen im Vergleich zum BAU-Szenario

zunimmt. Während im BAU-Szenario die Anzahl der Beschäftigten um 198.000 Personen zwischen 2005 und 2020 (+ 6,1 %) steigt, erhöht sich dieser Wert in den einzelnen Szenarien noch. In DAM werden rund 19.000 zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen, in BIO können 15.000, in STA 10.000 zusätzliche Arbeitskräfte beschäftigt werden (vgl. Abbildung 42).

**Abbildung 42: Abweichungen der Anzahl der Beschäftigten zwischen dem BAU- und den Alternativszenarien (in 1000 Pers.)**



Quelle: eigene Berechnungen.

Die sektorale Betrachtung der Beschäftigungswirkungen zeigt, dass sich über die Zeit ein Strukturwandel in Richtung stärkere Dienstleistungsorientierung ergibt, der in den Alternativszenarien stärker ausfällt als im BAU-Szenario (siehe Tabelle 25). Aber auch im Bereich der Land- und Forstwirtschaft erhöht sich die Anzahl der Beschäftigten, während sich in der Energie- und Wasserversorgung negative Auswirkungen zeigen. Dieses Ergebnis ist im Zuge des Ausbaus der erneuerbaren Energie nicht unplausibel.

**Tabelle 25: Anzahl der Beschäftigten im BAU-Szenario und in den Alternativszenarien (in 1000 Pers.), in ausgewählten Wirtschaftsbereichen**

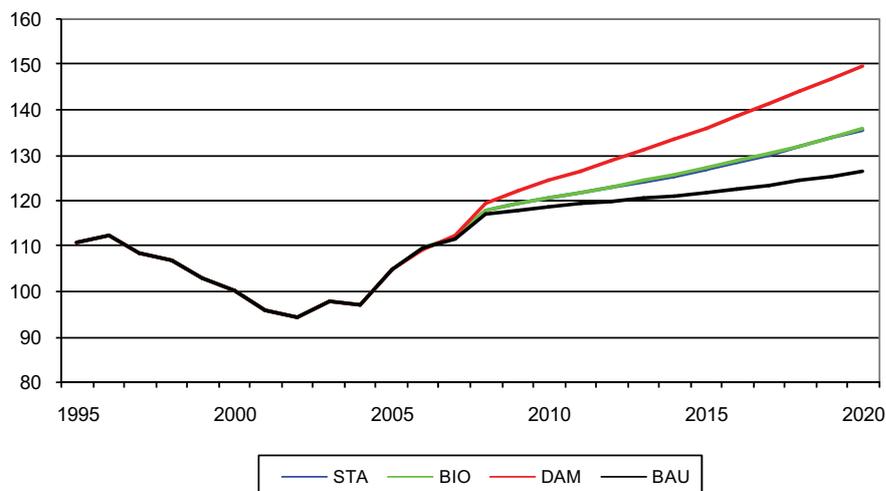
Beschäftigte in 1000 Personen	2005	BAU	STA	BIO	DAM
		2020	2020	2020	2020
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	26,8	29,8	29,8	29,7	29,9
Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	85,6	86,1	86,1	86,1	86,0
Verarbeitendes Gewerbe	500,5	493,1	494,6	495,0	496,3
Energie- und Wasserversorgung	27,3	21,8	21,8	21,8	21,8
Baugewerbe	235,6	241,2	242,5	242,9	243,6
Handel; Reparatur von KFZ und Gebrauchsgütern	504,8	518,8	519,4	519,6	519,8
Gastgewerbe	163,3	190,4	190,6	190,8	190,7
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	219,4	232,2	232,2	232,2	232,1
Kredit- und Versicherungsgewerbe	110,0	123,4	123,4	123,4	123,4
Grundstückswesen, Vermietung, Unternehmens-DL	306,5	401,6	403,2	403,8	404,9
Öffentliche und private Dienstleister	926,3	965,8	970,5	972,5	975,1
<b>SUMME</b>	<b>3.106,1</b>	<b>3.304,1</b>	<b>3.314,1</b>	<b>3.317,9</b>	<b>3.323,6</b>

Quelle: eigene Berechnungen.

Die Szenarien unterscheiden sich deutlich in den Preisentwicklungen der *Bruttoproduktion der Energiewirtschaft* (vgl. Abbildung 43). Neben den höheren Abschreibungen aufgrund der höheren Investitionen wirken auch die höheren Einspeisevergütungen auf die Preisentwicklung. Sowohl im STA- als auch im BIO-Szenario ist der Preis um 9,2 % bzw. um 9,4 % höher; im DAM - Szenario sind es sogar 23,3 % - jeweils verglichen mit dem Ergebnis des BAU-Szenarios im Jahr 2020. Beim DAM-Szenario ist zu beachten, dass davon ausgegangen wird, es seien genügend Solarzellen verfügbar und sich wegen einer eintretenden Knappheit dieses „Rohstoffs“ keine zusätzlichen Preisentwicklungen ergeben. Ferner ist zu bedenken, dass die Preiseffekte erst bei einer detaillierteren Modellierung genauer abgebildet werden können.

Die *gesamtwirtschaftlichen* Einflüsse dieser Preissteigerung sind gering, da z.B. beim privaten Verbrauch nur rund 3,2 % auf Strom, Gas und andere Brennstoff entfallen. Im Jahr 2020 ist die Preisentwicklung des gesamten Konsums der privaten Haushalte in „Stärken ausbauen“ und „Biomassiv“ ca. 0,2 % und im Szenario „Denk an morgen“ 0,5 % stärker als im BAU-Szenario. Die durchschnittliche Preisentwicklung der gesamten Bruttoproduktion reagiert mit 0,36 % bzw. 0,39 % („STA“ und „BIO“) bzw. 0,9 % („DAM“) stärker.

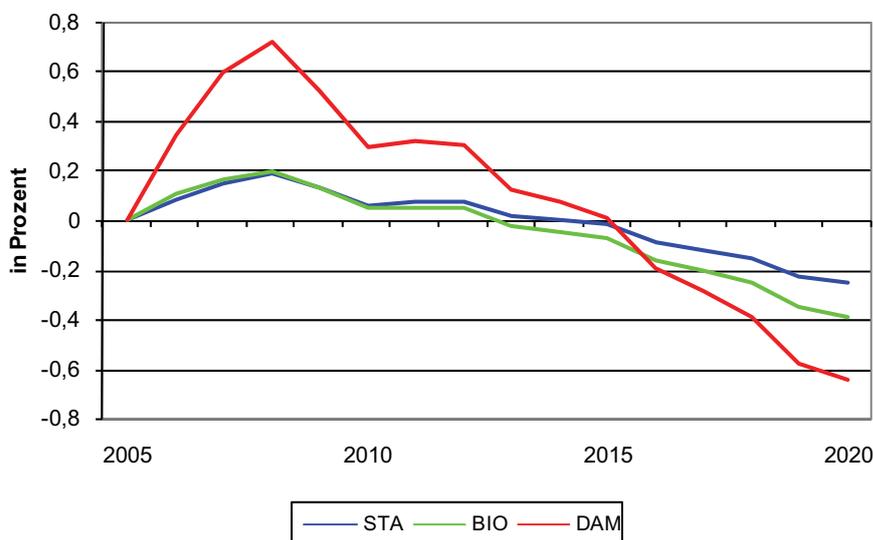
**Abbildung 43: Preisentwicklung der Bruttonproduktion der Energiewirtschaft, Basisjahr 2000**



Quelle: eigene Berechnungen.

Die Entwicklung des Bruttoinlandsverbrauchs an Energie ist durch das Wirtschaftswachstum sowie durch steigende Preise geprägt (vgl. Abbildung 44). Während anfangs die höheren Investitionen eine höhere wirtschaftliche Dynamik entfalten und damit auch die Energienachfrage ansteigt, wird mit zunehmendem Zeitverlauf die Wirkung der Preisentwicklung einflussreicher, so dass sich der Verbrauch am Ende des Simulationszeitraums verringert.

**Abbildung 44: Entwicklung des Bruttoinlandsverbrauchs an Energie - Abweichungen vom BAU-Szenario (in %)**



Quelle: eigene Berechnungen.

Die Zusammensetzung des energetischen Endverbrauchs nach Energieträgern entwickelt sich in den einzelnen Szenarien sehr unterschiedlich (vgl. Tabelle 26 und Tabelle 27). Der Verbrauch von Heizöl zur Erzeugung von Wärme ist im BIO- und im DAM-Szenario schwächer als im BAU-Szenario (vgl. rot markierte Werte). Vor allem im BIO-Szenario erhöht sich der Einsatz von Brennholz im Bereich der privaten Haushalte, wodurch sich der

Verbrauch von Heizöl reduziert. Im DAM-Szenario wird in privaten Haushalten mehr Wärme durch Solarthermie erzeugt; der deutlichere Rückgang des Heizöls ist die Folge. Ein Blick auf die absoluten Abweichungen in TJ zwischen dem BAU- und den Alternativszenarien zeigt diese Entwicklung ebenfalls deutlich.

**Tabelle 26: Energetischer Endverbrauch nach Energieträgern, durchschnittliche Wachstumsraten (in %) 2005 bis 2020**

	BAU	STA	BIO	DAM
Feste fossile Brennstoffe	0,8	0,8	0,8	0,8
Flüssige fossile Brennstoffe	1,7	1,7	1,6	1,7
darunter Heizöl	-0,9	-0,9	<b>-1,3</b>	<b>-1,1</b>
Gasförmige fossile Brennstoffe	2,3	2,4	2,4	2,4
Erdwärme	2,1	2,1	2,1	2,1
Solarthermie	4,0	4,0	4,0	<b>6,1</b>
Fernwärme	2,9	2,9	2,9	2,9
Energie aus Wärmepumpen	2,4	2,5	2,5	2,5
Brennholz	0,2	0,2	<b>0,7</b>	0,2
brennbare Abfälle	1,8	1,8	1,9	1,9
biogene Brennstoffe (ohne Pellets, Holzabfälle)	1,6	1,6	1,6	1,6
Pellets, Holzabfälle	3,0	3,0	3,0	3,0

Quelle: eigene Berechnungen.

**Tabelle 27: Energetischer Endverbrauch nach Energieträgern, Abweichungen vom BAU-Szenario in TJ im Jahr 2020**

	STA	BIO	DAM
Feste fossile Brennstoffe	76,2	95,7	164,0
Flüssige fossile Brennstoffe	649,6	-4783,0	-2126,0
darunter Heizöl	-397,0	<b>-6259,7</b>	-3578,1
Gasförmige fossile Brennstoffe	1244,6	1515,7	2686,6
Geothermie	1,6	2,2	3,0
Solarthermie	9,1	12,6	2428,3
Fernwärme	122,5	170,4	239,8
Energie aus Wärmepumpen	36,6	49,0	75,6
Brennholz	11,1	<b>5948,9</b>	24,5
brennbare Abfälle	14,9	24,0	24,3
biogene Brennstoffe (ohne Pellets, Holzabfälle)	14,4	16,3	28,5
Pellets, Holzabfälle	85,3	104,1	156,6

Quelle: eigene Berechnungen.

Für den Bruttoinlandsverbrauch (BIV) ergibt sich folgendes Gesamtbild: In keinem der Szenarien wird das Ziel eines 34 %-Anteils der erneuerbaren Energien erreicht<sup>34</sup> (vgl. Tabelle 28). Deutliche Veränderungen sind bei der Photovoltaik und der Windenergie zu erkennen, wobei vor allem im Szenario „Denk an Morgen“ deutliche Verbesserungen erreicht

<sup>34</sup> Berechnung erfolgte auf Basis der EU-Richtlinie 2008/0016 (COD).

werden können, die auf dem erheblichen Ausbau der Photovoltaik beruhen (siehe auch Kapitel 4.3.5).

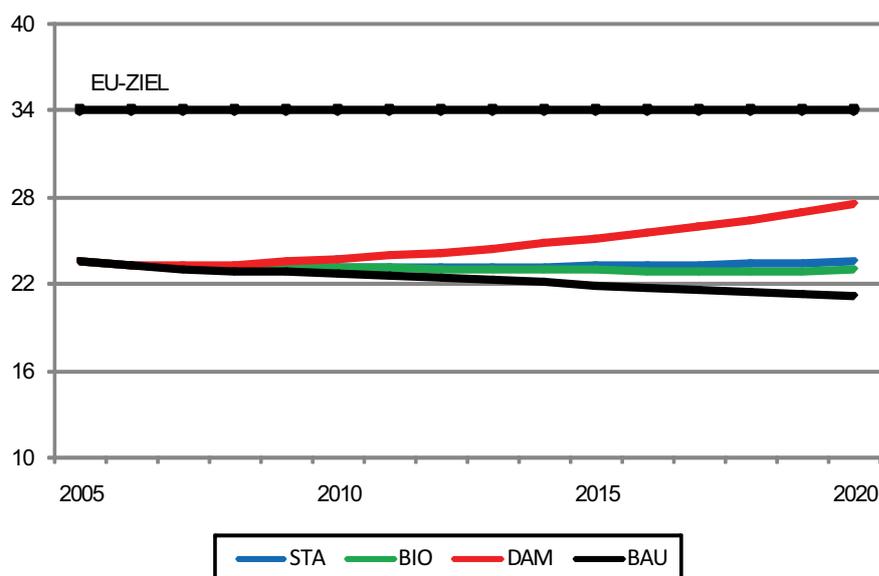
**Tabelle 28: Anteil erneuerbarer Energie am energetischen Endverbrauch in den Szenarien im Jahre 2020**

	BAU	STA	BIO	DAM	STA %-Diff zu BAU	BIO %-Diff zu BAU	DAM %-Diff zu BAU
	<b>2020 in PJ</b>						
EEV Brennholz	66	66	72	66	0	9	0
EEV Biogene Brenn-, Treibstoffe	21	21	21	21	0	0	0
EEV Pellets, Holzabfälle	40	40	40	40	0	0	0
EEV Brennbare Abfälle	14	14	14	14	0	0	0
UE Wasser	137	142	137	137	4	0	0
EEV Geothermie	0	0	0	0	0	1	1
UE Photovoltaik	1	23	23	82	1563	1563	5929
EEV Solarthermie	7	7	7	9	0	0	35
UE Wind	12	22	12	22	80	0	80
EEV Wärmepumpen	7	7	7	7	1	1	1
EEV	1449	1452	1453	1453	0	0	0
Anteil erneuerbarer Energie (lt. EU-Richtlinie) in %	21,1	23,6	23,0	27,5			

Quelle: eigene Berechnungen.

Ein Vergleich der Anteile erneuerbarer Energien im Zeitverlauf zeigt, dass im BAU-Szenario der Anteil wegen des fehlenden Ausbaus der Großwasserkraft leicht zurückgeht. In den EE-Szenarien kann dieser Rückgang gestoppt werden, eine Erhöhung des Anteils an erneuerbarer Energie ist jedoch nur im Szenario „Denk an morgen“ zu sehen (vgl. Abbildung 45).

**Abbildung 45: Anteil erneuerbarer Energien am energetischen Endverbrauch im Zeitverlauf, in %**



Quelle: eigene Berechnungen.

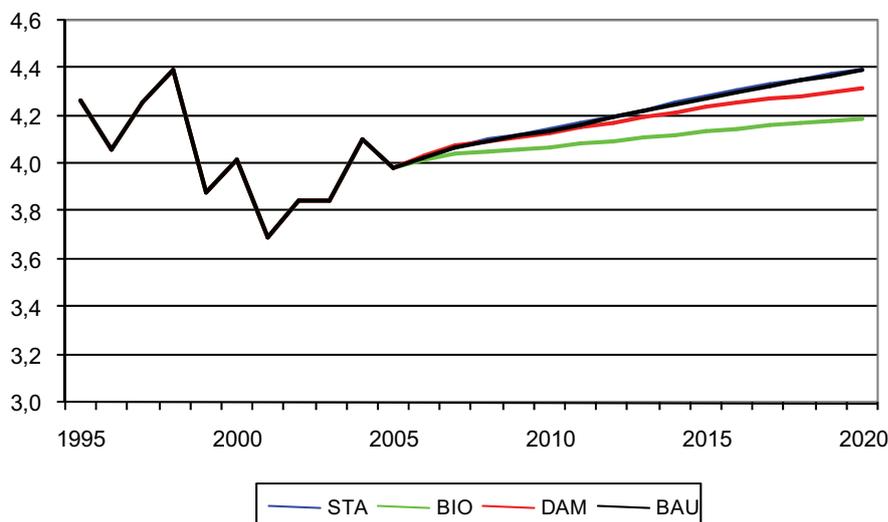
Aus den präsentierten Ergebnissen wird klar, dass die Erreichung des EU-Ziels für den Anteil der erneuerbaren Energieträger von 34 % auf Grund der hier berechneten Szenarien nicht

zu erwarten ist. Dabei ist allerdings einschränkend zu beachten, dass die hier diskutierten Szenarien ausschließlich bei den erneuerbaren Energien ansetzen und damit weitere wichtige Komponenten außer Acht lassen. Dazu zählt insbesondere die energetische Sanierung des Wohnungsbestandes oder der effizientere Einsatz von Energie bei den privaten Haushalten. Darüber hinaus sind die wirtschaftliche Entwicklung und das Verhalten der VerbraucherInnen in den Szenarien nicht variiert worden.

Ferner können die Maßnahmen der einzelnen Szenarien auch gebündelt auftreten. Die bewusste Schwerpunktsetzung auf unterschiedliche Zielsetzungen in den einzelnen Szenarien kann jedoch dazu beitragen, die Wirkungen von Teilaspekten zu beleuchten. So können beispielsweise die Auswirkungen eines besonders ambitionierten Ausbaus von Biomasse den Effekten einer starken Forcierung zukunftsträchtiger Technologien ohne Brennstoffeinsatz gegenübergestellt werden.

Ein weiteres wichtiges Unterscheidungsmerkmal der Szenarien ist der Grad der Zentralität der Energieerzeugung. Als Indikator dafür wird das Verhältnis von eher zentralen Technologien (Umwandlungsanlagen: Kraftwerke, Kraftwärmekopplung und Heizwerke) zu eher dezentralen Technologien (solarthermischen Anlagen, Wärmepumpen, Verbrennungsanlagen für Brennholz und Pellets) gewählt. Der Grad der Zentralität wird im BAU-Szenario weiter steigen (vgl. Abbildung 46). Nur im BIO-Szenario können deutliche Rückgänge dieses Indikators erreicht werden. Allerdings nimmt auch in diesem Szenario die Zentralität zu.

**Abbildung 46: Zentrale vs. Dezentrale Technologien**

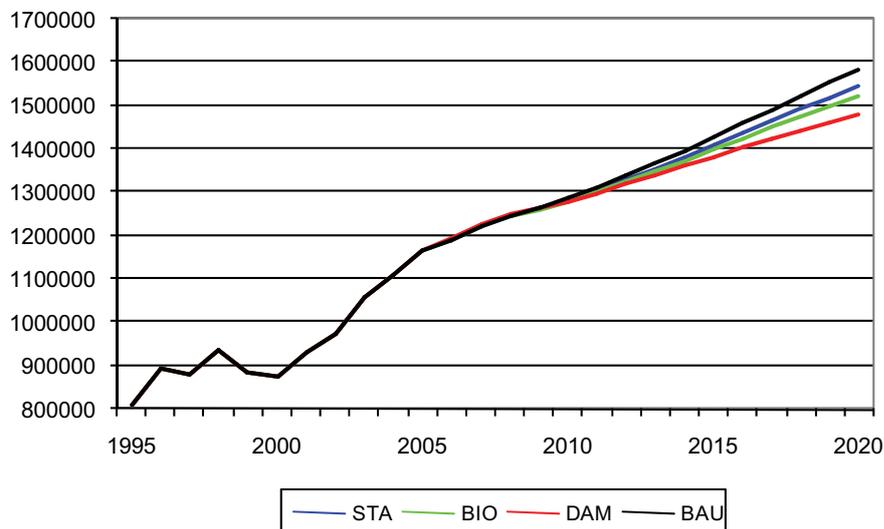


Quelle: eigene Berechnungen.

Um die Versorgungssicherheit abzubilden, werden die gesamten Energieimporte in TJ herangezogen (vgl. Abbildung 47). Auch bei diesem Vergleich kann sich kein Szenario entscheidend vom allgemeinen Entwicklungspfad abheben. Verglichen mit dem BAU-Szenario, kann in „Denk an morgen“ der stärkste Rückgang der Importe beobachtet werden, gefolgt von „Biomassiv“ und „Stärken ausbauen“. Dieses Ergebnis war auch zu erwarten, da

Photovoltaik von der Anzahl der Sonnenstunden abhängig ist und ein Teil der Biomasse im Inland erzeugt werden kann, während fossile Energieträger überwiegend importiert werden müssen.

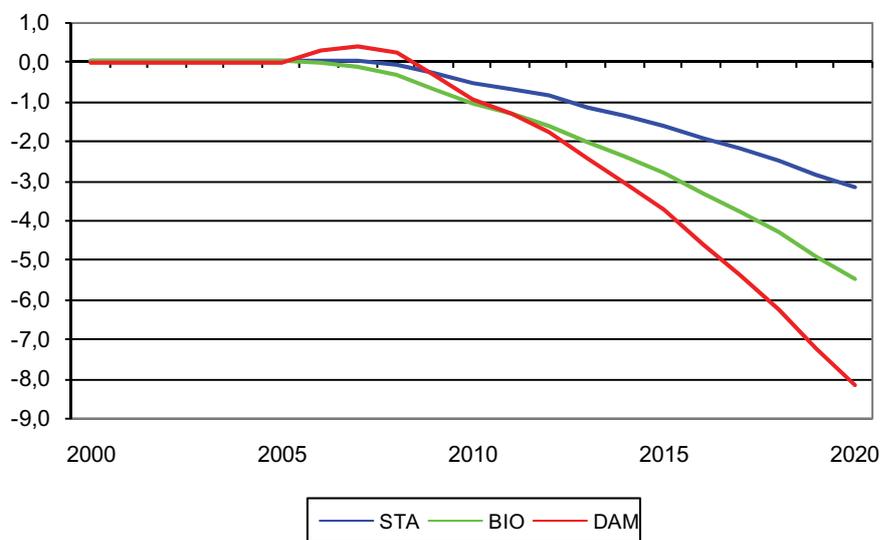
**Abbildung 47: Versorgungssicherheit: Entwicklung der Energieimporte insgesamt (in TJ)**



Quelle: eigene Berechnungen.

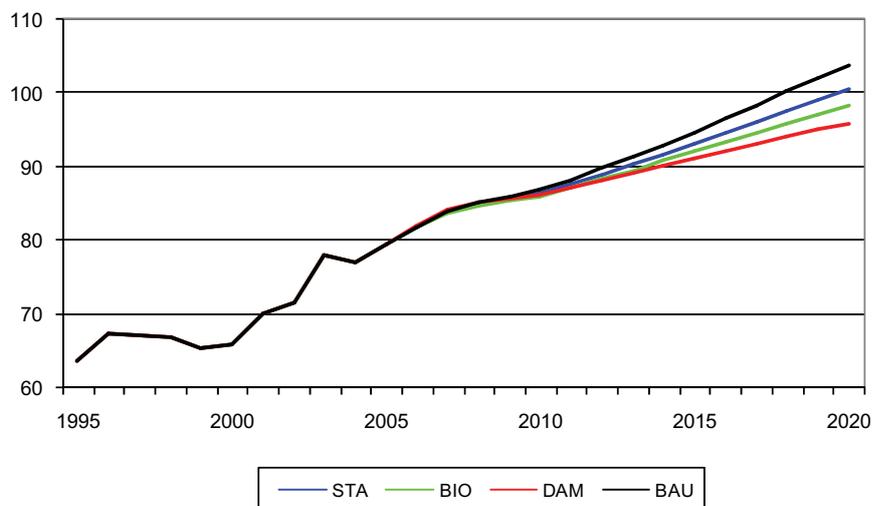
Ein Blick auf die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Szenarien zeigt, dass, wie nicht anders zu erwarten, die Szenarien mit den stärksten Einsatz erneuerbarer Energien auch den stärksten Rückgang an CO<sub>2</sub>-Emissionen erreichen (vgl. Abbildung 48). Interessanter ist der zeitliche Verlauf. Im DAM-Szenario mit seinen erheblichen zusätzlichen Investitionen wird zu Beginn des Fortschreibungszeitraums sogar ein Zuwachs an CO<sub>2</sub>-Emissionen erreicht (vgl. Abbildung 49). Diese Entwicklung geht auf die positiven Wirkungen der Investitionen auf den ökonomischen Kreislauf zurück. Es stehen sich also zwei Wirkungen gegenüber: Zum einen führt der vermehrte Einsatz von Photovoltaik zu einem Rückgang des Anteils der fossilen Energieträger. Zum anderen nimmt der Energieverbrauch im Zuge der wirtschaftlichen Belebung zu. Erst wenn die Investitionsvolumina relativ zu der installierten Leistung abnehmen, überwiegt schließlich der Effekt des anteilmäßigen Rückgangs der fossilen Brennstoffe.

**Abbildung 48: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen: Abweichungen der Alternativszenarien vom BAU-Szenario (in %)**



Quelle: eigene Berechnungen.

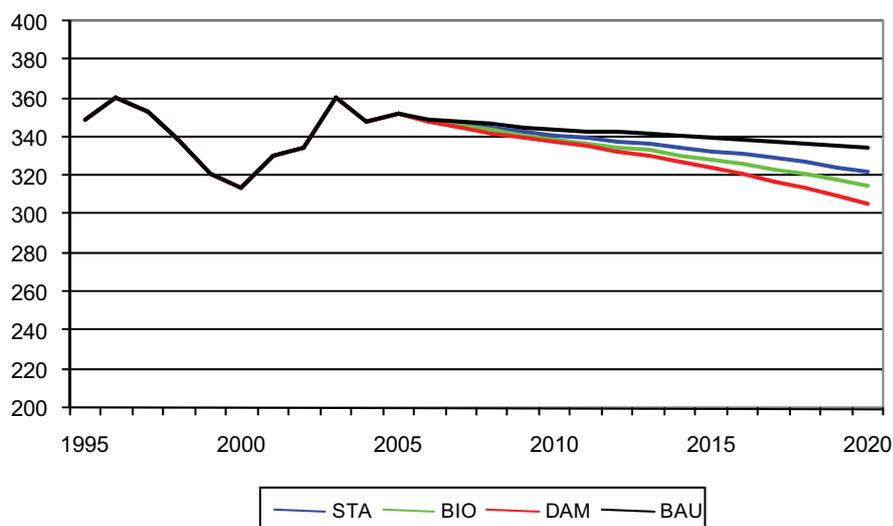
**Abbildung 49: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen (in Mio. Tonnen)**



Quelle: eigene Berechnungen.

Das Verhältnis der CO<sub>2</sub>-Emissionen zum preisbereinigten Bruttoinlandsprodukt ist in sämtlichen Szenarien rückläufig (vgl. Abbildung 50). Insofern findet eine - wenn auch schwache - Entkopplung zwischen wirtschaftlicher Entwicklung und den CO<sub>2</sub>-Emissionen sogar im „BAU“-Szenario statt. In keinem Szenario ist allerdings die Entkopplung ausreichend stark, um zu einem Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu führen.

**Abbildung 50: CO<sub>2</sub>-Emissionen (in Mio. Tonnen) im Verhältnis zum Bruttoinlandsprodukt (preisbereinigt)**



Quelle: eigene Berechnungen.

### 6.3 Qualitative Aspekte

In diesem Kapitel werden ergänzend zu den quantitativen Ergebnissen des letzten Abschnitts Aspekte der Versorgungssicherheit, des Flächenverbrauchs und des Material- bzw. Energieverbrauchs entlang der gesamten Wertschöpfungskette behandelt. Die Versorgungssicherheit ist ein wesentliches Thema für die zukünftige Energiepolitik, während sich der Flächenverbrauch und der Materialverbrauch auf Aspekte der ökologischen Nachhaltigkeit der Energieversorgung beziehen.

#### **Versorgungssicherheit:**

Eine zunehmende Durchdringung des Strom- und Wärmesektors mit erneuerbaren Energien wirkt sich erheblich auf die Versorgungssicherheit aus<sup>35</sup>. Die Herausforderung besteht darin, den notwendigen Energie- und Strombedarf durch einen ausgewogenen Mix an verschiedenen Energiequellen bereitzustellen und darüber hinaus die Abhängigkeit von fossilen Energie-Importen zu verringern.

In Österreich unterscheidet sich die Verfügbarkeit erneuerbarer Energie hinsichtlich der räumlichen Verteilung und des zeitlichen Angebots relativ stark (Kaltschmitt und Neubarth, 2000, S. 407). Ebenso schwankt die Stromnachfrage im Tages- und Jahreszeitenverlauf.

<sup>35</sup> Auf die Auswirkungen der Szenarien auf die Importabhängigkeit wurde bereits bei der Darstellung der quantitativen Ergebnisse in Kapitel 6.2 eingegangen. Hier werden zusätzlich jene Aspekte beachtet, die nicht in die Modellierung eingingen.

Da Strom nicht gespeichert werden kann, ist bei der Zusammenstellung des Kraftwerksparks darauf zu achten, dass die Stromerzeugung und –nachfrage ausgeglichen sind. Um den konventionellen Kraftwerkspark ersetzen zu können, ist daher ein gut abgestimmter Mix aus verschiedenen erneuerbaren Quellen notwendig, der in der Lage ist, die sog. Grundlast und Spitzenlast bereitzustellen<sup>36</sup>. Auch die Speicherung von Energie ist für eine auf erneuerbarer Energie basierende Wärme- und Stromversorgung nicht unerheblich.

Ein Vorteil von Bioenergieanlagen (aber auch Laufwasser- und Erdwärmekraftwerke) im Vergleich zu Wind und Sonne ist die prinzipielle Möglichkeit, auch bedarfsgesteuert Energie zur Verfügung zu stellen (Krautkrämer, 2006). Die Volllaststunden von Biomasse-Anlagen sind im Unterschied zu denen von Anlagen zur Nutzung der regenerativen Energien (Photovoltaik, Windenergie und Laufwasserkraft) nicht von der Primärenergieverfügbarkeit abhängig. Da Biomasse gelagert werden kann, ist sie jederzeit verfügbar und kann daher nachfrageabhängig Strom bereitstellen. Sie eignet sich daher zur Abdeckung von Grundlast. Im Gegensatz dazu ist die Bereitstellung elektrischer Energie aus Wasserkraft, Photovoltaik und Windkraft im Wesentlichen angebotsorientiert und kann schwerpunktmäßig zur Versorgung mit Spitzenlast eingesetzt werden (Kaltschmitt und Neubarth, 2000, S. 411). Wenngleich auch Beispiele aus Deutschland belegen, dass Windstrom teilweise zur Sicherung der Grundlast eingesetzt werden kann. Aufgrund ihres zeitlich fluktuierenden Angebotsprofils ist jedoch ein gewisser Bedarf nach einer Ausgleichsreserve bzw. Speicher-möglichkeit gegeben.

Sauer (2006) weist darauf hin, dass aus technischer Sicht für jede Leistungs- und Energieklasse Speichertechnologien<sup>37</sup> zur Verfügung stehen. Bei fast allen Technologien ist jedoch noch ein hoher Bedarf an Forschung und Entwicklung gegeben, um umwelt-verträglichere, kostengünstige und langlebigere Materialien und Systeme entwickeln und auf den Markt bringen zu können<sup>38</sup>. Langfristig gesehen wäre es daher möglich, auf konventionelle, mit fossilen Brennstoffen befeuerte Anlagen zu verzichten.

Außerdem können Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) auf Biomassebasis zur Versorgungssicherheit beitragen, da sie einen energieeffizienten Brennstoffeinsatz erlauben, indem gleichzeitig Wärme und Strom genutzt werden können. Derzeit werden die meisten

---

<sup>36</sup> Der Stromverbrauch schwankt im Tages- und Jahreszeitenverlauf. Morgens, mittags und abends erreicht er Höchstwerte, die als Spitzenlast bezeichnet werden. Eine bestimmte Leistung, die Grundlast, wird rund um die Uhr nachgefragt. Diese Lastarten werden von verschiedenen Kraftwerkstypen erzeugt. Grundlastkraftwerke weisen vergleichsweise geringe Brennstoffkosten auf und sind permanent in Betrieb. Die Spitzenlast wird vor allem von Pumpspeicher- sowie Gasturbinenkraftwerken abgedeckt, die bei vorübergehend höherem Bedarf die volle Leistung erbringen und rasch rauf- und runtergefahren werden können. Dieser Strom ist relativ teuer und wird größtenteils exportiert.

<sup>37</sup> Sauer (2006) bietet einen Überblick über verschiedene Speichermöglichkeiten für regenerative Stromquellen.

<sup>38</sup> Neben der schnellen Regelreserve kann aber auch der Handel an der Strombörse mit einer Ausnutzung der Preisdifferenz zwischen Schwach- und Hochlastzeiten ein betriebswirtschaftlich interessantes Einsatzgebiet von Speichern bilden, wodurch sich deren Entwicklung beschleunigen könnte.

KWK-Anlagen wärmegeführt betrieben, d.h. sie sind auf den Wärmebedarf ausgerichtet. Der anfallende Strom wird ins Stromnetz eingespeist, unabhängig davon, ob Bedarf besteht oder nicht. Aufgrund der schlechten Transportfähigkeit von Wärme ist bei dieser Anlagenform ein Betrieb nahe dem Ort des Wärmeverbrauchs notwendig. Ein stromgeführter Betrieb hätte hingegen den Vorteil, zu Zeiten hohen Strombedarfs die KWK-Anlage zu betreiben und die anfallende Wärme zu speichern und bei Bedarf zu nutzen (Sauer, 2006, S. 27). Somit stellen effiziente und kostengünstige thermische Speicher eine interessante Option dar, um den Bedarf an elektrischen Speichern zu minimieren.

Allerdings ermöglichen wärmegeführte Anlagen eine effizientere energetische Nutzung, da der elektrische Wirkungsgrad von Biomasse relativ gering ist, der Wirkungsgrad in der Wärmeerzeugung jedoch mit jenem von fossilen Energieträgern vergleichbar ist (E-Control, 2007). Beiden Anlagentypen kommt daher eine wichtige Rolle zu.

Die Möglichkeiten, zu einer gesicherten Stromversorgung beizutragen, reichen aber über spezifische Stromspeichertechnologien hinaus. Das Spektrum umfasst Hybridkraftwerke (Windkraftanlagen mit komplementärer Stromerzeugung aus Bioenergie), aber auch den Mix aus sich ergänzenden Erneuerbaren Energien, die auch in Form von "virtuellen Kraftwerken" zusammengeschaltet werden können (Scheer, 2007). Die Versorgungssicherheit kann darüber hinaus über eine Verlagerung des Verbrauches auf die Zeiten der Verfügbarkeit der erneuerbaren Energien verbessert werden. In diesem Zusammenhang wird beispielsweise vorgeschlagen, über eine Art „Stromampel“ Signale für eine Verlagerung der zeitlichen Nutzung gesendet zu bekommen (Ruschmeyer).

### **Landschaftsverbrauch und Flächenkonkurrenz**

Da wir uns in diesem Projekt nicht mit dem Verkehrssektor befassen, möchten wir auch nicht auf die derzeit sehr rege geführte Diskussion um die Sinnhaftigkeit von Agro- oder Agrartreibstoffen aufspringen. Jedoch sollen die unterschiedlichen Nutzungs- und Flächenkonkurrenzen, die im Bereich der Wärme- und Strombereitstellung mit erneuerbaren Energieträgern auftreten können, kurz beleuchtet werden. In diesem Sinne sind Treibstoffe, die aus Biomasse gewonnen werden, als Konkurrenz für die Wärme- und Strombereitstellung aus Biomasse zu sehen.

Grundsätzlich erfüllt der Boden eine Vielzahl von unterschiedlichen Nutzungsmöglichkeiten: er dient dem Menschen unter anderem als Fläche für Siedlungen, als Produktionsstandort für Lebensmittel, als Rohstoffquelle oder als Speicher- und Filtermedium. Gleichzeitig stellt er den Lebensraum für unsere Fauna und Flora dar und hat im Ökosystem eine fundamentale Bedeutung (Gerzabek, 2005). Zahlreiche Nutzungskonkurrenzen um das knappe Gut Boden (z.B. zwischen Waldnutzung, Landwirtschaft sowie Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung) müssen daher bestmöglich miteinander in Einklang gebracht werden. Die weltweite Nahrungsmittelkrise und die damit verbundenen hohen Lebensmittelpreise rücken vor allem die nachhaltige Nutzung der land- und forstwirtschaftlichen Flächen immer stärker ins öffentliche Interesse.

Um den Flächen- und Nutzungskonkurrenzen Rechnung zu tragen, haben wir den Flächenverbrauch als wesentlichen Parameter bei der Szenarienerstellung herangezogen. Wir haben ihn insofern aufgegriffen, als wir einerseits ein eigenes Biomasse-Szenario entwickelt haben, das sehr flächenintensiv ausgerichtet ist. Als Kontrast haben wir andererseits ein Szenario entworfen, das in erster Linie auf die Nutzung von gebäudeintegrierter Photovoltaik setzt und ohne hohen zusätzlichen Flächenverbrauch realisierbar ist<sup>39</sup>. In diesem Zusammenhang möchten wir an dieser Stelle zwei Aspekte diskutieren: erstens, die Konkurrenz der Biomasse mit anderen Nutzungsarten und zweitens die Konkurrenz von erneuerbaren Energieträgern untereinander um knappe Flächen.

#### *Landschaftsverbrauch von erneuerbaren Energien*

Bei der Diskussion um knappe Flächen stellt sich zunächst die grundsätzliche Frage nach der Notwendigkeit, nachwachsende Rohstoffe zur Energiebereitstellung einzusetzen. Piller (2007, S. 12) weist darauf hin, dass „im Durchschnitt durch den photosynthetischen Prozess höchstens rund 1 % der eingestrahlten Sonnenenergiemenge in der Pflanze gebunden [ist]. Um die Pflanze gezielt anzubauen, braucht es weitere Fremdenergie und Arbeitseinsatz, auch für Ernte, Transport und Aufbereitung vor der Weiterverwertung“. So wird nur ein sehr geringer Anteil der Sonnenenergie tatsächlich ausgenutzt. Aus diesem Blickwinkel scheint es gerechtfertigt, die Landflächennutzung für Photovoltaik (trotz relativ geringer Wirkungsgrade) jener für Biomasse vorzuziehen, vorbehaltlich Flächen stehen überhaupt zur Verfügung.

Außerdem stellt sich die Frage, ob der Anbau und die Produktion von Biomasse zur Energieerzeugung tatsächlich umweltverträglich ist, oder durch den Einsatz von Fremdenergie (Düngemitteln, Pflanzenschutzmitteln, Maschinenherstellung und – betriebsführung, etc.), die Humuszerstörung oder den Anbau von pflanzlichen Rohstoffen auf naturschutzfachlich wertvollen Gebieten wie zum Beispiel Mooren und Grünbrachen nicht sogar zu größeren Umweltschäden führt (Gabriel, 2008).

In einem walddreichen Land wie Österreich ist die energetische Verwertung trotzdem von großer Bedeutung. Auf den Beitrag der Biomasse zur Energieerzeugung ist aus folgenden Gründen nicht zu verzichten (siehe auch Kapitel 6.2, oder Hirschberger, 2006):

- Positive Auswirkungen auf Beschäftigung und Wertschöpfung im ländlichen, wirtschaftlich häufig benachteiligten Raum durch die Brennstoffbereitstellung bzw. den Betrieb von Biomasse-Anlagen,
- Wahrung der Exportchancen aufgrund von Technologieführerschaft
- Zusätzliche Einkommensmöglichkeiten durch die Nutzung von bisher nicht vermarktbar Holzsortimenten,

---

<sup>39</sup> Da das Modell „e3.at“ zum jetzigen Zeitpunkt noch kein Flächenmodell beinhaltet, konnten jedoch keine quantitativen Ergebnisse berechnet werden. In zukünftigen Projekten ist jedoch geplant, das Modell um ein Flächenmodul erweitert werden.

- Reduktion der energiepolitischen Abhängigkeit Österreichs, indem fossile Energieimporte sinken,
- Positive Auswirkungen auf die Umwelt durch die Substitution von fossilen Energieträgern (z.B. durch die Reduktion von Schadstoffen),
- Besondere Eignung gewisser Standorte für den Anbau von Energiepflanzen (z.B. Gebirgsregionen für Wald). Laut Gabriel (2008) entscheidet vor allem der Standort für die Erzeugung der Biomasse mit rund zwei Drittel über die Klimabilanz.

Biomasse ist in Österreich nur in begrenztem Ausmaß nachhaltig verfügbar und kann nicht den gesamten Energiebedarf decken. Da die Steigerung des Biomasseeinsatzes ein EU-weites Ziel darstellt, ist es auch fraglich, inwieweit der Importbedarf von Österreich auf dem europäischen Binnenmarkt gedeckt werden kann. Muss die notwendige Biomasse aus außereuropäischen Ländern importiert werden, könnte neben der größeren Transportdistanz die Umwandlung natürlicher Ökosysteme für die Biomasseproduktion (z.B. die Rodung tropischer Regenwälder) die CO<sub>2</sub>-Neutralität gefährden (Hirschberger, 2006).

Effizienzgewinne können helfen, den weiteren Ausbau von Biomasse zu erleichtern. Die Energieeffizienz kann erheblich gesteigert werden, wenn für die bei der Stromerzeugung anfallende Wärme eine Abnahme möglich ist (siehe auch Versorgungssicherheit).

Im Hinblick auf Flächen- und Nutzungskonkurrenzen ist bei der Biomasse die Nutzung der Reststoffpotentiale von großer Bedeutung. Vor allem die verstärkte Nutzung von Bioabfällen aus den Haushalten bietet große Potentiale. Eine sinnvolle Reststoffverwertung, die Bioenergie neben Abfällen auch aus Gülle, Restholz, etc. bereitstellt, weist geringen Flächenverbrauch auf und verfügt auch über eine gute Ökobilanz (Piller, 2007, S.12).

Aufgrund der flächenintensiven Nutzung der Anbaubiomasse ist es aber auch entscheidend, wie bei unterschiedlichen Anbaumöglichkeiten der Ertrag bzw. die Umweltbelastung je Flächeneinheit aussieht. Laut einer Studie im Auftrag des BMU erzielt die Kurzumtriebsnutzung die größte Einsparung an Klimagasen pro Flächeneinheit, gefolgt von Ethanol aus Zuckerrüben und Biodiesel aus Raps. Die „Reststoffe“ Stroh und Waldholz haben zwar einen gegenüber der Anbaubiomasse geringeren Flächenertrag, insgesamt aber auch ein nennenswertes Einsparpotenzial (Nitsch et al., 2004).

Bei der Nutzung der gebäudeintegrierten Photovoltaik – wie sie in unseren Szenarien vorgesehen ist - ist mit der Installation und dem Betrieb der Anlagen kein unmittelbarer Landschaftsverbrauch verbunden. Zwar haben fossil befeuerte Kraftwerke einen geringen Flächenbedarf, ihr Betrieb erfordert jedoch Infrastrukturmaßnahmen, wie z.B. Transportwege, Entsorgungseinrichtungen u.a., deren Flächenverbrauch ebenfalls zu berücksichtigen ist. Auch bei Biomasse-Anlagen sind solche Flächenerfordernisse zu beachten.

Die meisten heute installierten Windkraftanlagen befinden sich auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Für den Betrieb von Anlagen werden nur die Standfläche und ein Zuweg

für die Wartung benötigt. Daher können Windparks durchaus noch für andere Zwecke (wie z.B. Landwirtschaft) dienen. Die Wechselwirkungen von Windkraftanlagen mit der Umwelt umfassen neben der Beeinflussung des Landschaftsbildes noch Auswirkungen auf die Tierwelt (vor allem Vögel), Geräusentwicklung oder Schattenwurf. Die ästhetische Bewertung von Windkraftanlagen wird stark durch subjektives Empfinden, Gewöhnung und gesellschaftliche Einstellungen beeinflusst. Der Windenergieausbau ist daher neben dem Ausmaß von Flächen mit günstigen Windbedingungen letztendlich von der gesellschaftlichen Akzeptanz eines weiteren Windenergieausbaus abhängig.

#### *Konkurrenz der Biomasse mit anderen Nutzungsarten*

Als gängiges Argument gegen einen verstärkten Einsatz der Biomasse zur energetischen Nutzung bzw. vorwiegend zur Bereitstellung von Treibstoffen wird die Verringerung der Nahrungsmittelversorgung und – damit verbunden – die Steigerung der Nahrungsmittelpreise vorgebracht (Paeger 2007). Die in der jüngeren Vergangenheit aufgetretenen Preiserhöhungen unterstützen diese Argumentationslinie. Zu berücksichtigen sind in diesem Zusammenhang aber auch jährliche Ertragschwankungen (z.B. Missernten in Folge von Dürren oder Überschwemmungen), steigende Energiepreise, Spekulationsgeschäfte mit agrarischen Rohstoffen oder auch der steigende Nahrungsmittelkonsum in China und Indien. Daher ist die energetische Biomassenutzung nur ein Faktor unter vielen, der für die Nahrungsmittelkrise verantwortlich ist. Trotzdem ist das Ziel, den Anteil an Agrartreibstoffen deutlich zu erhöhen, kritisch zu hinterfragen.

Mit zunehmendem Ausbau der energetischen Biomassenutzung beginnt sich auch ein Konkurrenzkampf zwischen stofflicher und energetischer Verwertung abzuzeichnen. Dies ist insbesondere bei der forstlichen Biomasse (Holz und andere Baubestandteile wie Ast- und Nadel- oder Blattmasse) der Fall, die bereits 98 %<sup>40</sup> der Bioenergie ausmacht.

Eine höhere Durchforstung würde nicht nur brachliegende Potentiale nutzen sondern hat auch ökologische Vorteile (zu dicht stehende Wälder verzeichnen einen geringeren Holzzuwachs, sind durch Wind- und Schneebruch besonders gefährdet und weisen eine besonders niedrige Artenvielfalt auf). Zurzeit unterbleiben Durchforstungen, da der Absatz des bei der Waldpflege anfallenden Schwachholzsortimentes (Industrieholz, Brennholz) nicht gesichert ist. Diese bisher nicht oder schwer verkäuflichen Holzsortimente könnten über die energetische Biomassenutzung gute Produktionserlöse bringen (Hirschberger, 2006).

Die Forstwirtschaft sieht trotz der verstärkten Vermarktungsmöglichkeiten für Biomasse jedoch weiterhin die Produktion höherwertiger Holzsortimente als vorrangiges Ziel. Holz ist ein wertvoller Rohstoff, der in der Holz-, Platten- und Papierindustrie aber auch im Bausektor und vielen anderen Bereichen eingesetzt werden kann. Vor allem die Platten- und Zellstoffindustrie befürchtet durch die Konkurrenz der energetischen Verwertung daher negative Auswirkungen auf die eigene Rohstoffversorgung.

---

<sup>40</sup> Siehe [www.forstnet.at/article/articleview/16289/1/4923/](http://www.forstnet.at/article/articleview/16289/1/4923/), abgerufen 25.04.2008, 16:33.

Erste Ergebnisse einer Studie des Bundesamts für Wald (BFW, 2007) legen den Schluss nahe, dass keine Konkurrenzsituation zwischen Biomassenutzung und holzverarbeitender Industrie bestehe. Bis 2020 steht ein zusätzliches Potential von 7,6 Mio. Erntefestmeter zur Verfügung, das für beide Nutzungsformen ausreicht<sup>41</sup>.

Im Sinne einer effizienten Nutzung der Ressource Holz ist jedenfalls eine kaskadische Nutzung (aus Sägenebenprodukten und Abfallholz der holzverarbeitenden Betriebe) vorzuziehen, da hier eine höhere Wertschöpfung erzielt werden kann. Erst am Ende des Lebenszyklus darf die energetische Nutzung ansetzen.

### **Materialverbrauch und andere Umweltauswirkungen**

Auf Ökobilanzen beruhende Untersuchungen der Nutzung materieller Ressourcen (z.B. Eisenerz, Bauxit) zeigen bei Photovoltaik (Rahmen und Montage), Sonnenkollektoren (Kollektoren und Stützkonstruktion) und Windkraft (Stahlurm) höhere Belastungen als bei anderen erneuerbaren Energien (siehe z.B. Nitsch 2004). Gerade der Materialeinsatz hängt stark von den örtlichen Gegebenheiten ab (z. B. Betoneinsatz für Wasserkraftwerke, Aluminium für Photovoltaik je nach Integration etc.).

Neben den verwendeten Standardbau- und –Maschinenbaumaterialien greifen insbesondere Solarzellen auf weitere Materialien zurück. Je nach Solarzellentyp kann es bei einem großflächigen Ausbau der Photovoltaik insbesondere bei Dünnschichtzellen zu Materialengpässen kommen, die durch ein effizientes Ressourcen- und Recyclingmanagement sowie eine Materialdiversifizierung zu entschärfen sind.

Bei biogenen Energieträgern besteht die Möglichkeit, sie in der Strom- oder Wärmeerzeugung bzw. im Verkehrssektor einzusetzen. Vergleicht man die Reduktionswirkung am Beispiel der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den verschiedenen Einsatzbereichen, so leisten insbesondere KWK-Systeme und Biomasse-Mitverbrennung einen großen Beitrag zum Klimaschutz. Aufgrund der hohen Energieeffizienz der Heizungssysteme ist auch der Einsatz in der Wärmeversorgung klimapolitisch vertretbar, allerdings weniger wirksam als der Einsatz in KWKs.

Durch die Erschließung von Optimierungspotenzialen sowie durch die Verbesserungen in der Material- und Energiebereitstellung lassen zukünftige Entwicklungen eine deutliche Reduktion der Umweltwirkungen erwarten. Dafür verantwortlich sind verschiedene Faktoren (Nitsch, et al., 2004):

- Fortschritte bei technischen Parametern der Energiewandler, insbesondere höhere Nutzungsgrade, verbesserte Emissionscharakteristik, erhöhte Lebensdauer etc.

---

<sup>41</sup> Derzeit werden insgesamt 17,2 Mio. Erntefestmeter genutzt, davon 11,8 Mio. Erntefestmeter für Nutzholz und 5,4 Mio. Erntefestmeter für Biomasse (BFW, 2007).

- Verbesserungen bezüglich der Produktionsprozesse der Energiewandler bzw. Brennstoffe, z.B. verminderte Sägeverluste oder Waferdicken bei Solarzellen, verringerter Düngemiteleininsatz und höhere Erträge beim Biomasseanbau, etc.
- Fortschritte bei den aus dem konventionellen Energie- und Verkehrssystem angeforderten Dienstleistungen, beispielsweise verbesserte Strom- oder Prozesswärmebereitstellung für die Herstellung der Systeme, ökologisch optimierte Transportsysteme für den Biomasse-Transport, etc.

Werden allerdings durch einen starken Ausbau der erneuerbaren Energie leicht realisierbare (Reststoff-)Potentiale vollständig ausgenutzt, besteht eine gewisse Gefahr, dass auch auf sensible Ressourcen zurückgegriffen wird, was die Umweltauswirkungen negativ beeinflussen könnte.

Der Ausbau erneuerbarer Energien stellt zweifellos auch neue Anforderungen an die Raumordnungspolitik. Einwände aus Gründen des Gewässer- und Landschaftsschutzes und der Landschaftsästhetik müssen aber abgewogen werden gegen die gravierenden Natur- und Landschaftsschäden und -eingriffe durch den Einsatz fossiler Energie (u.a. Waldsterben, Übersäuerung der Gewässer, Austrocknung von Landschaften, zunehmende Sturm- und Flutschäden, Gletscherschmelzen, Hochspannungsmasten und -leitungen, etc.).

## 6.4 Zusammenfassende Beurteilung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der EE-Szenarien zeigen, nach verschiedenen Gesichtspunkten getrennt, erreichbare Beiträge zu energiepolitischen Zielen auf.

Das eingangs erwähnte Ziel, 34 % des Energieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen abzudecken, kann in keinem der Szenarien erreicht werden (siehe Tabelle 29). Der höchste EE-Anteil kann mit 27,5 % im Szenario „Denk an morgen“ (DAM) realisiert werden. In „Stärken ausbauen“ (STA) ist zu erwarten, dass der EE-Anteil aus dem Jahr 2005 gehalten werden kann, während in „Biomassiv“ (BIO) sogar ein prozentueller Rückgang abzusehen ist. Durch die Kombination aller in den einzelnen Szenarien getroffenen Annahmen miteinander könnten 28,3 % des energetischen Endverbrauchs durch erneuerbare Energie gedeckt werden (siehe Spalte „Gesamt“ in Tabelle 29).

Allerdings muss bei diesen Berechnungen berücksichtigt werden, dass sich der Energieverbrauch bis ins Jahr 2020 deutlich erhöhen wird (siehe Tabelle 29). Trotz des massiven Ausbaus können erneuerbare Energien daher den zusätzlichen Wärme- und Strombedarf in keinem der Szenarien abdecken. Könnte über Effizienzmaßnahmen und Verhaltensänderung eine Stabilisierung des Energieverbrauchs auf dem Niveau von 2005 erreicht werden, würde sich der Anteil von erneuerbarer Energie von 28,3 % jedoch auf rund 37 % erhöhen. Wie diese Effizienzsteigerungen und Verhaltensänderungen erreicht werden können, wurde in diesem Projekt allerdings nicht untersucht.

**Tabelle 29: Potentiale und Anteil erneuerbarer Energie (in % bzw. TJ) in den Szenarien**

	2005	BAU 2020	STA 2020	BIO 2020	DAM 2020	GESAMT 2020
<i>Energ. Endverbrauch (insgesamt)</i>	1.105.190	1.448.683	1.451.472	1.452.544	1.453.400	1.453.400
<i>Transportverluste, Eigenverbrauch Energieunternehmen</i>	62	62	62	62	62	62
<i>Umwandlungseinsatz</i>						
Wasser	129.150	137.028	142.194	137.028	137.028	142.194
Photovoltaik	51	1.364	22.670	22.670	82.216	82.216
Wind	4.781	12.331	22.235	12.331	22.235	22.235
<i>Energ. Endverbrauch (erneuerbar)</i>						
Erdwärme	259	351	353	354	354	354
Sonnenwärme	3.816	6.895	6.904	6.908	9.323	9.323
Energie aus Wärmepumpen	4.976	7.125	7.161	7.174	7.200	7.200
Brennholz	64.737	66.439	66.451	72.388	66.464	72.388
Brennbare Abfälle	10.615	13.957	13.972	13.981	13.981	13.981
biogenen Brenn- und Treibstoffe	16.139	20.500	20.514	20.516	20.529	20.529
Pellets, Holzabfälle	25.954	40.232	40.317	40.336	40.389	40.336
Summe erneuerbare Energie in TJ	260.477	306.222	342.771	333.685	399.719	410.757
Anteil erneuerbarer Energie in %	23,6	21,1	23,6	23,0	27,5	28,3

Hinweis: In der Spalte „Gesamt“ ist für alle betrachteten Energiequellen jeweils das höchste erschlossene Potential der einzelnen Szenarien ausgewiesen.

Quelle: eigene Berechnungen.

In Verbindung mit den geringen Anteilserhöhungen an erneuerbarer Energie sind auch die CO<sub>2</sub>-Einsparungen zu interpretieren. Zwar verbessert sich in allen Szenarien der CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Vergleich zum BAU-Szenario, eine absolute Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen lässt sich jedoch nicht erreichen. Somit rückt auch das für Österreich und die EU geltende Ziel, bis 2020 die Treibhausgasemissionen um 20 % verglichen zum Jahr 1990 zu reduzieren in weite Ferne.

Den Szenarien ist nicht der Weg in Richtung einer Erreichung der genannten Ziele zu entnehmen, was auch nicht die Aufgabe der Studie war. Allerdings ist ihre Aussage im Hinblick auf die Erreichung der Ziele bei einem ausschließlichen Einsatz der hier diskutierten Mittel eindeutig: Selbst im Falle eines kumulierten Einsatzes aller Maßnahmen der betrachteten Szenarien kann der Anteil an erneuerbarer Energie nicht entscheidend erhöht werden. Daraus ist klar ersichtlich, dass kein Weg an der Verringerung des Energieverbrauchs vorbeiführt. Nur wenn es gelingt über Effizienzsteigerungen und Verhaltensänderungen den Anstieg des Energieverbrauchs zu stoppen, können erneuerbare Energien die ihnen zugesprochene Rolle zur Erreichung eines nachhaltigen Energiesystems auch erfüllen.

Ferner wurde deutlich, dass die Folgen für die wirtschaftliche Entwicklung Österreichs davon abhängig sind, wie Politik und Wirtschaft sich des Themas annehmen. Im Szenario „Denk an morgen“ wird dies besonders deutlich: Nur dann, wenn im Inland ausreichend Produktionskapazitäten für Solarzellen geschaffen werden, kann Österreich auch wirtschaftlich von einem Ausbau der Photovoltaik profitieren. Dafür sind aber der gesellschaftliche Konsens und damit verbunden die notwendige Sicherheit für die Investoren unabdingbare

Voraussetzungen. Andernfalls wird die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen nur durch eine andere Abhängigkeit ersetzt.

Schließlich – und vor dem Hintergrund der Gesamtleistung des Projektes – ist als Ergebnis festzuhalten, dass das Modell „e3.at“ erfolgreich eingesetzt werden konnte. Nicht nur die dargestellten Ergebnisse, sondern vor allem der Dialog mit den Stakeholdern bestätigt diese Einschätzung.

## **7 Detailangaben zu den Zielen der „Energiesysteme der Zukunft“**

Ziel der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ ist es, ein nachhaltiges Energiesystem zu entwickeln, das langfristig in der Lage ist, unseren Energiebedarf zu decken. Dabei kommt auch dem verstärkten Einsatz regenerativer Energie eine entscheidende Bedeutung zu. Die im Rahmen des vorliegenden Projekts untersuchten Wirkungen eines ambitionierten Ausbaus von erneuerbarer Energie bilden daher eine wichtige Grundlage für die Beurteilung der Eignung der einzelnen Energieträger und -technologien, zum Gesamtziel der Programmlinie beizutragen.

Bezugnehmend auf die sieben Leitprinzipien nachhaltiger Technologieentwicklung, die für "Energiesysteme der Zukunft" formuliert sind, erfüllt das Projekt folgende Aufgaben:

### *1. Prinzip der Dienstleistungs-, Service- und Nutzenorientierung*

Das vorgestellte Projekt bietet insofern eine Dienstleistungs- Service- und Nutzenorientierung, als ein umfassendes integriertes Modell entwickelt wurde, das politischen Entscheidungsträgern bei der Beurteilung von möglichen Maßnahmen und Aktivitäten zur Erreichung einer nachhaltigen Energiepolitik helfen kann. In diesem Sinne leistet das Projekt einen indirekten Beitrag, indem das Modell zu Beratungszwecken eingesetzt werden kann. Auch der Beitrag zu den weiteren Leitprinzipien ist in dieser Weise zu interpretieren.

### *2. Prinzip der Nutzung erneuerbarer Ressourcen*

Das vorliegende Projekt ermöglicht die Quantifizierung der Auswirkungen eines verstärkten Einsatzes von erneuerbaren Energien. Durch die Unterscheidung von einem Basis-Szenario und drei Alternativ-Szenarien, die jeweils verschiedene erneuerbare Energien forcieren, lassen sich unterschiedliche Kombinationen von Energieträgern und -technologien in ihren wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Wirkungen analysieren und ihre Tauglichkeit zur Umsetzung einer nachhaltigen Energiepolitik beurteilen. Dadurch kann ein wertvoller Beitrag in Bezug auf die Umsetzung und Verbreitung von erneuerbaren Energieträgern und -technologien in Österreich geleistet werden. Ihre Durchsetzbarkeit kann sich erhöhen, wenn ihre positiven Effekte dargestellt und mögliche Strategien zur Reduzierung von negativen Auswirkungen untersucht werden.

### *3. Effizienzprinzip*

Zum Effizienzprinzip kann indirekt beigetragen werden, indem das Modell „e3.at“ dazu genutzt wird, um Effizienzmaßnahmen zu simulieren und ihre Auswirkungen zu beurteilen. Effizienzmaßnahmen wurden in diesem Projekt nur im BAU Szenario berücksichtigt, eine detaillierte Befassung mit Effizienzmaßnahmen im verarbeitenden Gewerbe und bei privaten Haushalten als auch Sanierungsmaßnahmen im Wohnbau wird aber in einem bereits bewilligten Folgeprojekt erfolgen. Außerdem kann mit dem Modell „e3.at“ untersucht werden, ob Technologien, die auf betriebswirtschaftlicher Ebene zu Effizienzsteigerungen und einer Verbesserung der Umweltsituation führen, auch gesamtwirtschaftlich positiv wirken. Hier ist der so genannte „Reboundeffekt“ angesprochen, bei dem Einsparungen durch erhöhten Konsum an zwar ressourcen- und energieeffizient produzierten Waren und Dienstleistungen wieder aufgewogen werden (vgl. Herring, 2006; Sorrell und Dimitropoulos, 2006; Madlener und Alcott, 2008).

### *4. Prinzip der Rezyklierungsfähigkeit*

Auch in Bezug auf die Rezyklierungsfähigkeit kann mit dem gegenständlichen Projekt nur ein indirekter Beitrag geleistet werden, indem Szenarien mit dem Modell „e3.at“ simuliert werden, die Recycling beinhalten.

### *5. Prinzip der Einpassung, Flexibilität, Adaptionfähigkeit und Lernfähigkeit*

Durch die Integration von partizipativen Elementen war es möglich eine Brücke zwischen Politik, Wirtschaft, BürgerInnen und Wissenschaft zu bauen, welche die Akzeptanz und die Chancen der Umsetzung der Ergebnisse erhöht. Die Ergebnisse bieten somit eine Informationsgrundlage und Diskussionsbasis zur Förderung erneuerbarer Energien, die nicht nur auf wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhen, sondern auch von relevanten ExpertInnen und Stakeholdern im Bereich der Energiepolitik und -versorgung mit getragen werden.

### *6. Prinzip der Fehlertoleranz und Risikovorsorge*

Die Verwendung der Szenariotechnik ist grundsätzlich darauf ausgelegt, Fehler zu vermeiden, da Szenarien nicht den Anspruch von Prognosen erheben. Sie zeigen mögliche zukünftige Entwicklungen auf, die entstehen, wenn unterschiedliche Annahmen getroffen werden. Durch die Simulation der Szenarien mit dem Modell „e3.at“ ist es somit möglich, im Sinne von Experimenten, die potentiellen Wirkungen einer Vielzahl von Maßnahmen und Aktivitäten zu erkunden.

Die Risikovorsorge wird berücksichtigt, indem in den Szenarien angenommen wird, dass die öffentliche Hand das Investitionsrisiko von Unternehmen durch die Übernahme von Bürgschaften reduziert. Diese Maßnahme wird über die Erhöhung der Einkommenssteuer finanziert.

## *7. Prinzip der Sicherung von Arbeit, Einkommen und Lebensqualität*

Die Simulation der Szenarien ist in der Lage, für insgesamt 55 Wirtschaftsbereiche Beschäftigungseffekte, die Entwicklung von Einkommen und Wirtschaftswachstum sowie anderer wirtschaftlicher Größen abzubilden. Durch die Modellierung des Außenhandels kann auch die Wirkung einer vom Ausland unabhängigen Energieversorgung dargestellt werden, die sich in reduzierten Importen von fossilen Energieträgern niederschlägt. Andererseits kann aber auch gezeigt werden, wie viel erneuerbare Energie aus dem Ausland importiert werden müsste, um gewisse Zielvorgaben erfüllen zu können. Im Rahmen des Projektes wurde außerdem dargestellt, in welcher Weise die unterschiedlichen Technologien in der Lage sind, positive Auswirkungen auf die CO<sub>2</sub>-Problematik zu generieren.

Erneuerbare Energieformen und die zu ihrer Forcierung notwendigen Begleitmaßnahmen können somit in einem integrativen Rahmen analysiert werden, wobei wertvolle Einblicke in mögliche Chancen und Risiken ihres Ausbaus gewonnen werden können. Darauf aufbauend lassen sich geeignete Implementierungsstrategien für verschiedene Energiequellen ableiten, welche die Umsetzung einer nachhaltigen Energiepolitik und die Erreichung ambitionierter Politikziele begünstigen.

### **7.1 Berücksichtigung von Zielgruppen**

Hauptzielgruppen für die Projektergebnisse sind politische EntscheidungsträgerInnen, Ministerien, Forschungsinstitutionen, Interessensverbände, NGOs, Länder sowie BürgerInnen. Diese Zielgruppen waren auch über VertreterInnen in das Projektteam integriert. Wie in Kapitel 4.2.1 ausführlich beschrieben, hatte eine ausgewählte Stakeholder- und ExpertInnen-Runde über den partizipativen Modellierungsprozess die Möglichkeit, aktiv an der wissenschaftlichen Arbeit zu partizipieren. In insgesamt vier Workshops wurden die Projekthalte und -ergebnisse bzw. offene Fragen gemeinsam diskutiert. Die Anregungen und Empfehlungen der Stakeholder wurden in die Arbeit aktiv miteinbezogen. Ihre Beiträge und Anregungen erhöhten die Qualität, Transparenz und Akzeptanz der Modellierung in entscheidender Weise und haben den Modellierungsprozess enorm bereichert.

Von der Einbindung der Stakeholder hat aber nicht nur das Projektteam profitiert. Die TeilnehmerInnen am Prozess wurden mit den angewandten wissenschaftlichen Methoden vertraut und gewannen Einblick in die Modellierungsarbeit, wodurch sich auch die Kluft zwischen Wissenschaft und Praxis vermindert und die Akzeptanz der Modellierungsergebnisse erhöht hat.

Die Modellierungsergebnisse bieten den Zielgruppen Information über die Auswirkungen eines verstärkten Einsatzes von verschiedenen erneuerbaren Energieträgern und -technologien. Durch die Quantifizierung der Szenarien erhalten sie eine Beurteilung, die sich auf einen gemeinsamen Dialog zwischen Wissenschaft, Politik und Interessensvertretung

stützt und vor allem politischen Entscheidungsträgern eine bessere Grundlage für die Auswahl geeigneter Strategien und Maßnahmen bietet.

## **7.2 Eignung, marktfähige Technologieentwicklungen zu initiieren bzw. zu stärken**

Das Projekt gibt Aufschluss über die Wirkungen eines verstärkten Einsatzes von erneuerbaren Energieformen und hat in diesem Sinne Potential, marktfähige Technologien zu initiieren bzw. zu stärken. Die Modellierungsergebnisse zeigen, welche erneuerbaren Energien im Hinblick auf ihre wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit marktfähig sind, bzw. durch welche politischen Aktivitäten ihre Marktfähigkeit erhöht werden kann.

Mit Hilfe des Modells „e3.at“ lässt sich verdeutlichen, welche Wirkung unterschiedliche Energieträger und -technologien auf die untersuchten Schwerpunktbereiche haben können und welche positiven und negativen wirtschaftlichen Auswirkungen bei stärkerem Einsatz von energie- und umweltpolitischen Instrumenten auftreten können. Solche Aufschlüsse begünstigen die Entwicklung von geeigneten Reformstrategien und effektiven Politiken.

## **7.3 Umsetzungspotenziale für die Projektergebnisse**

### **Marktpotenzial:**

Da die Rolle von erneuerbaren Energieträgern zur Erreichung von Versorgungssicherheit und Eindämmung von Treibhausgasen zukünftig an Gewicht gewinnen wird, ist es notwendig ihre Auswirkungen auf Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt abzubilden.

Das entwickelte Modell „e3.at“ bildet nicht nur eine geeignete Basis zur Untersuchung von erneuerbaren Energien und ihren Potentialen, es kann auch für andere nachhaltigkeitsrelevante Fragestellungen angewandt werden. Es können z.B. Simulationsrechnungen sowohl zu umweltpolitischen als auch wirtschafts- und sozialpolitischen Fragestellungen in Hinblick auf ihre Verträglichkeit mit den drei Dimensionen einer nachhaltigen Entwicklung durchgeführt werden. Folgende Simulationen sind denkbar:

- Umweltpolitische Eingriffe (z.B. Emissions- oder Energiesteuern) und deren ökonomische Effekte (auf Output, Beschäftigung etc.) sowie ökologische Effektivität (z.B. Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen).
- Wachstums- und Beschäftigungsimpulse von Dematerialisierungsstrategien.
- Auswirkungen und Perspektiven einer öko-sozialen Fiskalreform in Österreich.
- Reform von Produkt- und Arbeitsmärkten im Sinne der Lissabon-Strategie der EU.

- Ökonomische und ökologische Evaluierung der wachsenden Außenhandelsverflechtung unter Berücksichtigung der steigenden Transportintensität.

Durch das Projekt hat das Konsortium umfangreiches Know-how in unter anderem folgenden Bereichen sammeln können:

- Potentialanalyse
- Aufbau einer Datenbank, Sammlung von Informationen zu Lerneffekten und Investitionskosten
- Szenarienentwicklung und –analyse
- Modellentwicklung
- Organisation partizipativer Prozesse in F&E

Diese Erfahrungen können bei der Bearbeitung zukünftiger Projekte in vielfältiger Weise eingesetzt werden. Somit können die Hauptzielgruppen (Ministerien, Interessensverbände, PolitikerInnen, NGOs, Forschungsinstitutionen, Interessensverbände, Länder, etc.) in umfassender Weise beraten werden.

#### **Verbreitungs- bzw. Realisierungspotenzial:**

Durch die Einbindung von Stakeholdern in die wissenschaftlichen Arbeitsschritte erhöht sich die Offenheit und Transparenz der Modellierung, wodurch die Entstehung der Ergebnisse besser nachvollzogen werden kann und sich letztendlich die Akzeptanz der Resultate steigern lässt. Ein erhöhtes Vertrauen in die Modellierung verbessert demnach auch die Möglichkeiten für die Umsetzung und Verbreitung der empfohlenen Strategien und Maßnahmen zur Förderung erneuerbarer Energie.

## **8 Schlussfolgerungen**

Das im Rahmen dieses Projektes entwickelte Modell „e3.at“ und die in einem partizipativen Stakeholder-Prozess erstellten Szenarien erlauben eine umfassende Analyse der (potentiellen) Auswirkungen österreichischer Energiepolitik bis 2020. Die explizite und konsistente Berücksichtigung der komplexen und vielfältigen Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Wirtschaftszweigen sowie der Auswirkungen der Szenarien auf den Arbeits- und Energiemarkt und die dargestellten Parameter erlauben weit reichende Modellanalysen für die pro-aktive Gestaltung einer rationalen Energiepolitik.

Durch die Einbindung der Stakeholder und ExpertInnen leistet das Projekt einen wichtigen Beitrag zur Verbindung von Wissenschaft und Praxis, indem es den Dialog zwischen Stakeholdern und WissenschaftlerInnen fördert und die Transparenz der Modellierung erhöht. Das große Interesse der Stakeholder am Projekt, das sich in der 30-köpfigen

Stakeholdergruppe widerspiegelt, zeigt, dass das Thema "Erneuerbare Energien" an Bedeutung gewinnt. Grundsätzlich ist stets eine verstärkte Zusammenarbeit mit wichtigen Akteuren der Energiepolitik und -wirtschaft anzustreben, um sowohl statistische wie auch ökonomische Besonderheiten sachgerecht abbilden zu können.

Gestützt auf den vorliegenden Ergebnissen wie auch auf anderen Studien (z.B. Kletzan, Kratena et al., 2008) zeigt sich, dass ein von der EU angestrebter Anteil an erneuerbaren Energieträgern von 34 % (bzw. von der österreichischen Bundesregierung sogar von 45 %) am gesamten Primärenergieaufkommen in Österreich nur dann zu erreichen ist, wenn gleichzeitig auch einschneidende Reduktionen des Primärenergieverbrauchs erzielt werden können. Der Österreichische Biomasseverband spricht in seiner „Tullner Erklärung“ von einer Senkung von 1.400 PJ im Jahr 2004 auf 1.100 PJ im Jahr 2020, also einer Einsparung von 20 % (Österreichischer Biomasseverband, 2006). Wesentliche Stellschrauben, die die Erreichung der notwendigen Reduktion des Energieverbrauchs unterstützen können, stellen die Erhöhung der Energieeffizienz und die Verhaltensveränderung der KonsumentInnen dar.

## **9 Forschungsbedarf/Ausblick**

Im Rahmen dieses Projekts wurde deutlich, dass das Modell „e3.at“ in der derzeitigen Version geeignet ist, um die Auswirkungen eines verstärkten Ausbaus erneuerbarer Energie im Wärme- und Strombereich zu untersuchen. Trotzdem ist in Zukunft geplant, das Modell Schritt für Schritt zu erweitern. Dazu muss erstens die Datenbasis des Modells aktualisiert werden. Zweitens ist zur Abbildung von Effizienzaspekten im Wohnbereich ein Wohnungsbestandsmodell unter Berücksichtigung des demographischen Wandels zu entwickeln und in das bestehende Modellsystem zu integrieren. Und drittens ist die Modellierung in einigen bereits bestehenden Modellbereichen auszuweiten bzw. zu verbessern (z.B. Ausweiten der Detailtiefe des Systems der VGR, Verbesserung der Modellierung des technologischen Wandels, Modellierung auf Bundesländerebene etc.).

Diese Modellarbeiten werden teilweise in dem bereits bewilligten Folgeprojekt „e-co“ („Volkswirtschaftliche Auswirkungen eines nachhaltigen Energiekonsums“) umgesetzt. Nach diesen Adaptierungen bietet das e3.at-Modell den geeigneten Rahmen, um die Auswirkungen der drei wesentlichen Eckpfeiler eines nachhaltigen Energiesystems (Anstieg von erneuerbaren Energietechnologien, Erhöhung der Energieeffizienz, Reduktion des Energiekonsums) integrativ zu analysieren.

## 10 Literaturverzeichnis

- Ahlert, G., Distelkamp, M., Großmann, A., Hohmann, F., Lutz, C., Meyer, B., Ulrich, P., Wolter, M. I. (2007): Förderinitiative REFINA: PANTA RHEI REGIO - Modellgrundlagen und Modellkonzeption. GWS Discussion Paper 2007/3. ([www.gws-os.de/Downloads/gws-paper07-3.pdf](http://www.gws-os.de/Downloads/gws-paper07-3.pdf))
- Ahlert, G., Klann, U., Lutz, C., Meyer, B. & Wolter, M. I. (2005) Abschätzungen der Auswirkungen alternativer Bündel ökonomischer Anreizinstrumente zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme - Ziele, Maßnahmen, Wirkungen. GWS Discussion Paper 2005,5, Osnabrück.
- Anderl, M. / Gangl, M. / Kampel, E. / Köther, T. / Lorenz-Meyer, V. / Muik, B. / Schodl, B. / Poupa, S. & Wappel, D. (2007). Emissionstrends 1990 – 2005. Ein Überblick über die österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2007). Umweltbundesamt, Wien.
- Arthur D. Little, Fraunhofer-Institut Für System- und Innovationsforschung, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (2005). Studie zur Konzeption eines Programms für die Steigerung der Materialeffizienz in mittelständischen Unternehmen. Abschlussbericht.
- Biermayr, P., Cremer, C., Faber, T., Kranzl, L., Ragwitz, M., Resch, G., Toro, F. (2007). Bestimmung der Potentiale und Ausarbeitung von Strategien zur verstärkten Nutzung von erneuerbaren Energien in Luxemburg. Endbericht, Karlsruhe.
- Blazejczak, J, Hildebrandt, E., Spangenberg, J., Weidner, H.(2000). Arbeit und Ökologie, ein neues Forschungsprogramm. WZB-Paper P98-501, Berlin.
- BFW (2007). Um 70 Prozent mehr Biomasse in Österreichs Wäldern verfügbar <http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=7021> (17.12.2007).
- BMLFUW, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2006). Nationaler Biomasseaktionsplan für Österreich. Begutachtungsentwurf vom 21.9.2006, Wien.
- BMVIT, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2002). Österreichisches Energieforschungs- und -technologiekonzept. Wien, Juli 2002.
- Bodenhöfer, H.J., Wohlgemuth, N., Bliem, M., Michael, A., Weyerstraß, K. (2004). Bewertung der volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Unterstützung von Ökostrom in Österreich. Endbericht. Institut für Höhere Studien und Wissenschaftliche Forschung Kärnten.
- Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich (2002). Ökostromgesetz sowie Änderung des Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz (EIWOG) und das Energieförderungsgesetz 1979 (EnFG), 149. Bundesgesetz.
- Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich (2005). Änderung der Verordnung, mit der Preise für die Abnahme elektrischer Energie aus Ökostromanlagen festgesetzt werden, 254. Verordnung.

- Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich (2006). Ökostromgesetz-Novelle 2006, 105. Bundesgesetz.
- Bundesministerium für Finanzen (2006). Budgetbericht 2006. Bericht der Bundesregierung. [www.bmf.gv.at](http://www.bmf.gv.at)
- Dachverband Energie-Klima (2005). Erneuerbare Energie. Technologische Kompetenz aus Österreich, WKÖ.
- Distelkamp, M., Meyer, B. & Wolter, M. I. (2005). Der Einfluss der Endnachfrage und der Technologie auf die Ressourcenverbräuche in Deutschland, Aachener Stiftung Kathy Beys (Hrsg.).
- E-Bridge (2005). Studie über KWK-Potentiale in Österreich. Endbericht.
- E-Control (2002). Leitfaden für den liberalisierten Strom- und Gasmarkt in Österreich, Wien.
- E-Control (2003). Ökostrom – Ein Leitfaden, Wien.
- E-Control (2005). Dezentrale Erzeugung in Österreich, Studie Feb. 2005 [http://www.e-control.at/portal/page/portal/ECONTROL\\_HOME/INTERN/ADMINISTRATION/DATEIEN/PUBLIKATIONEN/STUDIEN/DEA\\_STUDIE\\_ECONTROL2005.PDF](http://www.e-control.at/portal/page/portal/ECONTROL_HOME/INTERN/ADMINISTRATION/DATEIEN/PUBLIKATIONEN/STUDIEN/DEA_STUDIE_ECONTROL2005.PDF)
- E-Control (2006). Bericht über die Ökostrom-Entwicklung und fossile Kraft-Wärme-Kopplung in Österreich gemäß § 25 Abs 1 Ökostromgesetz, Wien.
- E-Control, Ökostrom sowie Energieverbrauchsentwicklung und Vorschläge zur Effizienzsteigerung, Wien, August 2007.
- Energy Agency (2004). Energieeffizienz und Erneuerbare 2010. Endbericht, Wien.
- Energy Agency (2006). Vorstudie für einen nationalen Biomasseaktionsplan für Österreich. Endbericht.
- Europäische Union (2001). Grünbuch: Hin zu einer europäischen Strategie für Energieversorgungssicherheit. Brüssel.
- Eurostat (2001). Economy-wide Material Flow Accounts and Derived Indicators. A Methodological Guide. European Communities. Luxembourg.
- Fechner, H. & Lugmaier, A. (2007). Technologie Roadmap für Photovoltaik in Österreich. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 28/2007, BMVIT, Wien.
- Fischer, H., Lichtblau, K., Meyer, B. & Scheelhaase, J. (2004). Wachstums- und Beschäftigungsimpulse rentabler Materialeinsparungen. In: Wirtschaftsdienst 4, 2004. HWWA, Hamburg.
- Fritsche et al. (2004). Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Endbericht.
- Fröhlich, M., Hinterberger, F., Rosinski, N., Wiek, A., (2000). Wie viel wiegt Nachhaltigkeit? Möglichkeiten und Grenzen einer Beachtung qualitativer Aspekte im MIPS-Konzept. Entwurf für ein Wuppertal Paper. No. Wuppertal Institute, Wuppertal.

- Frohn, J., Chen, P., Hillebrand, B., Lemke, W., Lutz, C., Meyer, B. & Pullen, M. (2003). Wirkungen umweltpolitischer Maßnahmen - Abschätzungen mit zwei ökonomischen Modellen. Physica Verlag Heidelberg.
- Gabriel, S. (2008). Die Nutzung von Biomasse zur Energie- und Kraftstofferzeugung. Eingangsstatement von Bundesumweltminister Sigmar Gabriel auf der Bundespressekonferenz am 04. April 2008, [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/statement\\_biosprit\\_4april2008.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/statement_biosprit_4april2008.pdf)
- Gerzabek, M. (2005). Der Boden: Seine Funktionen und Gefährdungen, Universität für Bodenkultur, Wien. <http://wko.at/industrie/Vortrag%20Gerzabek%20Boden%20Workshop%20WK%C3%96%2022%2009%202005.pdf>
- Haas, R., Berger, M., Kranzl, L. (2001). Strategien zur weiteren Forcierung erneuerbarer Energieträger in Österreich unter besonderer Berücksichtigung des EU-Wissbuches für erneuerbare Energien und der Campaign for Take-off. Endbericht. Energy Economics Group, TU Wien.
- Haas, R., Biermayr, P., Kranzl, L. (2006). Endbericht zum Forschungsprojekt „Technologien zur Nutzung Erneuerbarer Energieträger - wirtschaftliche Bedeutung für Österreich“. Energy Economics Group, TU Wien.
- Haberl, H., Krausmann, F., Erb, K.H., Schulz, N., Adensam, H. (2002). Biomasseeinsatz und Landnutzung Österreich 1995 – 2020. IFF Social Ecology Working Paper 65, Wien.
- Hans-Böckler-Stiftung, (2000). Wege in eine nachhaltige Zukunft, Ergebnisse aus dem Verbundprojekt Arbeit und Ökologie, Düsseldorf.
- Heinz, A. & Ising, M. (2004). Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Präsentation am 4. Mai 2004 in Berlin.
- Herring, H. (2006). Energy efficiency: A critical review. Energy 31 (1):10-20.
- Herdin, G., Gruber, F., Schiliro, M. (2005). Verstromung von Biogas. energy technology austria, bmvit, [http://energytech.at/pdf/biogas\\_a02.pdf](http://energytech.at/pdf/biogas_a02.pdf)
- Hinterberger, F., Renn, S., Schütz, H. (1999). Arbeit – Wirtschaft – Umwelt. Wuppertal Papers Nr. 89, 1999, Wuppertal.
- Hirschberger, P. (2006). Potenziale der Biomassenutzung aus dem Österreichischen Wald unter Berücksichtigung der Biodiversität. Naturverträgliche Nutzung forstlicher Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung unter besonderer Berücksichtigung der Flächen der Österreichischen Bundesforste. Studie des WWF in Zusammenarbeit mit den Österreichischen Bundesforste.
- Kaltschmitt, M.; Neubarth, J. (2000). Erneuerbare Energien in Österreich, 1. Auflage, Springer-Verlag, Heidelberg/New York.
- Kaltschmitt, M.; Wiese, A.; Streicher, W. (2003). Erneuerbare Energien, 3. Auflage, Springer.

- Kowalski, K., Madlener, R., Stagl, S. (2006). Neue Wege der integrierten Bewertung von nationalen Energieszenarien für Österreich, Symposium Energieinnovation "Dritte Energiepreiskrise – Anforderungen an die Energieinnovation", 15.-17. Feb. 2006, TU Graz, Austria ([www.IEE.TUGraz.at](http://www.IEE.TUGraz.at)).
- Kowalski K., Stagl S., Madlener R., Omann I. (2008). Sustainable Energy Futures: Methodological Challenges in Combining Scenarios and Participatory Multi-Criteria Analysis, *European Journal of Operational Research* (in press).
- Kranzl, L., Stadler, M. (2006). Eckpunkte für die Entwicklung und Einführung budgetunabhängiger Instrumente zur Marktdurchdringung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt. Endbericht, Ausarbeitung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- Kratena, K. (2005). Volkswirtschaftliche Auswirkungen unterschiedlicher Maßnahmen-setzungen im Hinblick auf die Erreichung des Kyoto-Ziels. Unveröffentlicht.
- Kratena, K., Wüger, M. (2005). Energieszenarien für Österreich bis 2020, WIFO, Wien.
- Kletzan, D., Kratena, K., Meyer, I., Sinabell, F., Schmid E., Stürmer, B. (2008). Volkswirtschaftliche Evaluierung eines nationalen Biomasseaktionsplans für Österreich. Studie des Österreichischen Instituts für Wirtschaftsforschung und der Universität für Bodenkultur im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit.
- Krautkremer, B. (2006). Stromerzeugung aus Biomasse – effizient, dezentral und grundlastfähig. In: *Forschung und Innovation für Nachhaltigkeit in der Stromerzeugung*, ForschungsVerbund Sonnenenergie, Themenheft 2006.
- Laaber, M., Madlener, R., Kirchmayr, R., Braun, R. (2007). Aufbau eines Bewertungsystems für Biogasanlagen – „Gütesiegel Biogas“. Endbericht EdZ-Projekt Nr. 807742, März.
- Lechner, H., Haas, R., Auer, H., Berger, M., Huber, C. (2001). Energiebinnenmarkt und Umweltschutz: Evaluierung für Österreich. Endbericht. Energieverwertungsagentur (Hrsg.), Wien.
- Lutz, C., Meyer, B., Nathani, C. & Schleich, J. (2005). Endogenous technological change and emissions: The case of the German steel industry. *Energy Policy*, 33 (9), pp. 1143-1154.
- Madlener, R., Alcott, B. (2008). Energy rebound and economic growth: A review of the main issues and research needs, *Proceedings of the International Workshop "Advances in Energy Studies"*, Porto Venere, 2006 (submitted to *Energy*).
- Madlener R., Kowalski K., Stagl S. (2007). New Ways for the Integrated Appraisal of National Energy Scenarios: The Case of Renewable Energy Use in Austria, *Energy Policy*, 35 (12), pp. 6060-6074.
- Madlener R., Wohlgemuth N. (1999). Small is Sometimes Beautiful: The Case of Distributed Generation in Competitive Energy Markets, *Proceedings of the 1st Austrian-Czech-German Conference on Energy Market Liberalization in the Central and Eastern Europe*, 6-8 September 1999, Prague, Czech Republic, pp. 94-100.

- Mayer, B. (2006). Die Energiesituation Österreichs im Jahr 2005 mit statistischen Übersichten und Kennzahlen. Statistik Austria, Direktion Raumwirtschaft, Bereich Umwelt & Energie, Wien.
- Mesch, M. (2005). Der Wandel der Beschäftigungsstruktur in Österreich. Branchen – Qualifikationen – Berufe. LIT Verlag, Wien, Münster.
- Meyer, B. & Lutz, C. (2002 a). IO, macro-finance, and trade model specification, in: UNO, K. (ed.), Economy-Energy-Environment Simulation: Beyond the Kyoto Protocol. Dodrecht, Boston, London, pp. 55-68.
- Meyer, B. & Lutz, C. (2002 b). Endogenized trade shares in a global model, in: UNO, K. (ed.), Economy-Energy-Environment Simulation: Beyond the Kyoto Protocol. Dodrecht, Boston, London, pp. 69-80.
- Meyer, B. & Lutz, C. (2002 c). Carbon tax and labour compensation – a simulation for G7, in: UNO, K. (ed.), Economy-Energy-Environment Simulation: Beyond the Kyoto Protocol. Dodrecht, Boston, London, pp. 185-190.
- Meyer, B., Lutz, C., Schnur, P., Zika, G. (2006). National economic policy simulations with global interdependencies. A sensitivity analysis for Germany. IAB Discussion Paper Nr. 12/2006, Nürnberg.
- Meyer, B., Lutz, C. & Wolter, M. I. (2003). Global Multisector, Multicountry 3E Modelling: From COMPASS to GINFORS, Paper presented at the 2003 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change, Berlin, December, 5.-6., 2003.
- Meyer, B., Lutz, C. & Wolter, M. I. (2004). Economic growth of the EU and Asia – A First Forecast with the Global Econometric Model GINFORS, Paper prepared for 1<sup>st</sup> KEIO-UNU-JFIR Panel Meeting, Economic Development and Human Security, How to Improve Governance at the Inter-Governmental, Governmental and Private – Sector Levels in Japan and Asia, February 13-14, 2004, Tokyo.
- Meyer, B., Lutz, C. & Wolter, M. I. (2005). Global Multisector/Multicountry 3-E Modelling: From COMPASS to GINFORS. Revista de Economia Mundial, 13, pp. 77-97.
- Meyer, B. & Uno, K. (1999). COMPASS – Ein globales Energie-Wirtschaftsmodell, in: ifo-Studien, 45, S. 703-719.
- Meyer, B., Wolter, M.I. (2005). Sozioökonomische Modellierung. Ausgewählte Ergebnisse der Arbeiten der Kooperationsgruppe. In: ZiF-Mitteilungen 3, 2005.
- Meyer, B., Lutz, C. & Wolter, M.I. (2007). The Global Multisector/Multicountry 3E-Model GINFORS. A Description of the Model and a Baseline Forecast for Global Energy Demand and CO<sub>2</sub>-Emissions. International Journal of Global Environmental Issues. (forthcoming).
- OECD/IEA (2005). Energy Prices and Taxes. Quarterly Statistics, Fourth Quarter 2005. Luxemburg.
- Moidl, S. (2003). Ökologische Leitlinien für den Ausbau von Ökostromanlagen in Österreich. Präsentation 8. September 2003.

- Nitsch, J. et al. (2004). Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland. Studie im Auftrag des BMU, Kurzfassung. Stuttgart, Heidelberg, Wuppertal. [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/nutzung\\_ee.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/nutzung_ee.pdf)
- OECD/IEA (2005). Handbuch Energiestatistik. Luxemburg.  
[www.iea.org/Textbase/stats/docs/NRJstatAlld.pdf](http://www.iea.org/Textbase/stats/docs/NRJstatAlld.pdf), Download am: 12.09.2006.
- Proidl, H. (2006). Daten über Erneuerbare Energieträger in Österreich. Wien.
- Resch, G., Faber, T., Haas, R., Ragwitz, M., Held, A., Konstantinaviciute, I. (2006). Report (D4) of the IEE project OPTRES: Assessment and optimization of renewable support schemes in the European electricity market. Potentials and costs for renewable electricity in Europe – The Green-X database on dynamic cost-resource curves, Wien.
- Resch, G., Auer, H., Stadler, M., Huber, C., Nielsen, L., Twidell, J., Swider, D. (2003). Report of the project "Pushing A Least Cost Integration Of Green Electricity Into The European Grid Green Net". Dynamics and basic interaction of RES-E with the grid, switchable loads and storage. Workpackage 1, Wien.
- Richtlinie 96/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates betreffend gemeinsame Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt vom 19. Dezember 1996.
- Richtlinie 2001/77/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsbinnenmarkt vom 17. September 2001.
- Richtlinie 2003/54/EG des Europäischen Parlament und des Rates über gemeinsame Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt und zur Aufhebung der Richtlinie 96/92/EG vom 26. Juni 2003.
- Paeger, J. (2007). Ökosystem Erde. Strategien für die Zukunft. Energie aus Biomasse. <http://www.oekosystem-erde.de/html/bioenergie.html>
- Piller, B. (2007). Der Kampf um die Biomasse In: Zeitschrift „Erneuerbare Energie“ Nr. 4 August 2007, Schweizerische Vereinigung für Sonnenenergie.  
[http://www.energiestiftung.ch/files/textdateien/aktuell/publikationen/ee\\_4-2007.pdf](http://www.energiestiftung.ch/files/textdateien/aktuell/publikationen/ee_4-2007.pdf)
- Ruschmeyer, T. (2006). Energieautonomie durch Speicherung Erneuerbarer Energien. In: Solarmobil Mitteilungen Nr. 63 – November 2006, Bundesverband Solare Mobilität.
- Sauer, U. (2006). Optionen zur Speicherung elektrischer Energie in Energieversorgungssystemen mit regenerativer Stromerzeugung, RWTH Aachen.
- Scheer, H. (2007). Jenseits von Kohle und Atom. Mehr Handlungsmut für Erneuerbare Energien – Eine Denkschrift. In: Zeitschrift Solarzeitalter Nr. 1/2007.
- Schmidt und Van Elkan, 2006. Der gesamtwirtschaftliche Nutzen der deutschen Bürgschaftsbanken. Trierer Schriften zur Mittelstandsökonomie Bd. 7, Berlin.
- Schönbauer, C. (2004). Zur Neubestimmung der „Preise“ (Einspeisetarife) für Kleinwasserkraft und sonstige Ökostromanlagen. Gutachten der E-Control GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit, Wien.

- Sorrell, S., Dimitropoulos, J. The rebound effect: Microeconomic definitions, limitations and extensions. *Ecological Economics* (online seit 27 September 2007).
- Stadler, M., Lipman, T., Marnay, C. (2007). Aktuelle Trends in der dezentralen KWK Technologie Integration – Das kalifornische Fördermodell und dessen Implikation für die Endenergieeffizienzrichtlinie. Beitrag bei der IEWT, 2007.
- Staiß, F., Kratzat, M., Nitsch, J., Lehr, U., Edler, D. & Lutz, C. (2006). Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Berlin.
- Statistik Austria (2005). Methodenbeschreibung zu den Energiebilanzen 1970 (1988)-2004, Wien.
- Statistik Austria (2005). Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen 1976-2004. Wien.
- Statistik Austria (2006). Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen 1976-2005. Wien.
- Statistik Austria (2007). Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen 1976-2006. Wien.
- Statistik Austria (2005). Statistisches Jahrbuch Österreichs 2005. Wien.
- Statistik Austria (2006). Statistisches Jahrbuch Österreichs 2006. Wien.
- Statistik Austria (2007). Statistisches Jahrbuch Österreichs 2007. Wien.
- Statistik Austria (2005). Arbeitsmarktstatistik. Jahresergebnisse 2004. Mikrozensus-Arbeitskräfteerhebung. Schnellbericht 5.8, Wien.
- Statistik Austria (2006). Arbeitskräfteerhebung 2004. Ergebnisse des Mikrozensus. Wien.
- Stocker, A., Großmann, A., Hinterberger, F., Wolter, M.I. (2007). Wachstums-, Beschäftigungs- und Umweltwirkungen von Ressourceneinsparungen in Österreich (RESA). Studie im Auftrag des Lebensministeriums.
- Theißing, M. (2006). Biogas Einspeisung und Systemintegration in bestehende Gasnetze. FH JOANNEUM Gesellschaft mbH. Projektbericht im Rahmen der Programmlinie „Energiesystem der Zukunft“, Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften. Im Auftrag des BMVIT). Berichte aus Energie- und Umweltforschung 1/2006.
- Vanwynsberghe, D. & Hohmann, F. (2002). Object-oriented database and modelling system, in: UNO, K. (ed.), *Economy-Energy-Environment Simulation: Beyond the Kyoto Protocol*. Dodrecht, Boston, London, pp. 33-54.
- Veigl, A., Tretter, H. (2005). Biogas: Die derzeitige Situation in Österreich. *energy technology austria*, bmvit, [http://energytech.at/pdf/biogas\\_a01.pdf](http://energytech.at/pdf/biogas_a01.pdf)
- Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit, mit der Preise für die Abnahme elektrischer Energie aus Ökostromanlagen festgesetzt werden, BGBl. II Nr. 508/2002.
- Weiss, W., Isaksson, C., Adensam, H. (2005). Wirtschaftsfaktor Sonnenenergie. BMVIT Schriftenreihe: Berichte aus Energie- und Umweltforschung 38/2005.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Anteil erneuerbarer Energie am energetischen Endverbrauch (in %) .....	12
Abbildung 2:	Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen (in Mio. Tonnen) .....	12
Abbildung 3:	Bruttoinlandsverbrauch an Energie in Österreich, 1980-2005 (in TJ) .....	23
Abbildung 4:	Energieimporte in Österreich, 1980-2005 (in TJ) .....	23
Abbildung 5:	Energieexporte in Österreich (in TJ) .....	24
Abbildung 6:	Entkopplung Bruttoinlandsverbrauch an Energie und Wirtschaftswachstum .....	24
Abbildung 7:	Entwicklung Stromerzeugung (in % bzw. in Terajoule) .....	26
Abbildung 8:	Treibhausgasemissionen in Österreich (1990 = 100) .....	26
Abbildung 9:	Entwicklung der Einspeisevergütung und der Kapazität .....	54
Abbildung 10:	Investitionspfad und Entwicklung des Kapazitätsausbaus .....	55
Abbildung 11:	Benutzeroberfläche IMAGINE und das Gleichungsinformationssystem .....	65
Abbildung 12:	Kartendarstellung - Bundesländer Österreichs .....	66
Abbildung 13:	Modellstruktur im Überblick .....	67
Abbildung 14:	Schematische Darstellung des Wirtschaftsmodells von „e3.at“ .....	71
Abbildung 15:	Input-Output-Tabelle zu Herstellungspreisen .....	77
Abbildung 16:	Inlandsproduktberechnung (Aufkommens- und Verwendungsseitig) .....	78
Abbildung 17:	Arbeitsmarkt .....	81
Abbildung 18:	Kontensystem der VGR .....	82
Abbildung 19:	VGR - Buchungszusammenhang .....	84
Abbildung 20:	Verarbeitungskette am Beispiel der Holzverarbeitung .....	91
Abbildung 21:	Wertschöpfungskette am Beispiel der Holzverarbeitung .....	91
Abbildung 22:	Energieträger .....	93
Abbildung 23:	Struktur der Energiebilanz .....	93
Abbildung 24:	Struktur der Energieträger .....	95
Abbildung 25:	Energieflussdiagramm .....	96
Abbildung 26:	Strompreiszusammensetzung .....	98
Abbildung 27:	Zuordnung des sektoralen energetischen Endverbrauches zu den 57 Wirtschaftsbereichen .....	101
Abbildung 28:	Bisherige Modellierung der Endenergienachfrage .....	102
Abbildung 29:	Aktuelle Modellierung der Endenergienachfrage .....	103
Abbildung 30:	Energieumwandlung .....	105
Abbildung 31:	Bilanzgleichungen .....	106
Abbildung 32:	Energieangebot .....	107
Abbildung 33:	Vorleistungslieferungen „Energie an Energie“ .....	108
Abbildung 34:	Modellierung der Energiepreisentwicklung .....	111
Abbildung 35:	Kopplung ökonomisches Modell und Energiemodell .....	112
Abbildung 36:	BIP in Mrd. EUR, preisbereinigt, und seine jährlichen Veränderungsraten .....	113
Abbildung 37:	Anteile der preisbereinigten Bruttoproduktion nach aggregierten Wirtschaftsbereichen an der gesamten Bruttoproduktion .....	115
Abbildung 38:	Anteil der Beschäftigten nach aggregierten Wirtschaftsbereichen an den Beschäftigten insgesamt .....	115
Abbildung 39:	Entwicklung der Energieeffizienz (Bruttoinlandsprodukt im Verhältnis zum Bruttoinlandsverbrauch) Basis 2005 = 100 und Wachstumsraten .....	116
Abbildung 40:	Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoinlandsverbrauch (in %) .....	117

Abbildung 41:	Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen (in Mio. Tonnen) .....	117
Abbildung 42:	Abweichungen der Anzahl der Beschäftigten zwischen dem BAU- und den Alternativszenarien (in 1000 Pers.).....	123
Abbildung 43:	Preisentwicklung der Bruttonproduktion der Energiewirtschaft, Basisjahr 2000 .....	125
Abbildung 44:	Entwicklung des Bruttoinlandsverbrauchs an Energie - Abweichungen vom BAU- Szenario (in %) .....	125
Abbildung 45:	Anteil erneuerbarer Energien am energetischen Endverbrauch im Zeitverlauf .....	127
Abbildung 46:	Zentrale vs. Dezentrale Technologien .....	128
Abbildung 47:	Versorgungssicherheit: Entwicklung der Energieimporte insgesamt (in TJ) .....	129
Abbildung 48:	Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen: Abweichungen der Alternativszenarien vom BAU- Szenario (in %) .....	130
Abbildung 49:	Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen (in Mio. Tonnen) .....	130
Abbildung 50:	CO <sub>2</sub> -Emissionen (in Mio. Tonnen) im Verhältnis zum Bruttoinlandsprodukt (preisbereinigt) .....	131
Abbildung 52:	Input-Output-Tabelle zu Herstellungspreisen .....	157
Abbildung 52:	Verflechtungsmatrizen der Verwendungsseite .....	158
Abbildung 53:	Übergang der letzten und intermediären Verwendung vom Anschaffungs- auf das Herstellungspreiskonzept (Makrogrößen und Vektoren) .....	161
Abbildung 54:	Übergangsmatrizen des Aufkommens.....	162
Abbildung 55:	Vektoren und Größen des Arbeitsmarktes .....	162

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anteil erneuerbarer Energie in % und in TJ.....	13
Tabelle 2: Wachstumsraten des energetischen Endverbrauches von 1980 - 2005 (in %) .....	25
Tabelle 3: Überblick Workshops .....	30
Tabelle 4: Quellennachweis.....	34
Tabelle 5: Aspekte der Versorgungsstruktur .....	35
Tabelle 6: Parametrisierung: Basislauf.....	40
Tabelle 7: Ausmaß an erneuerbarer Energie in TJ und Anteil in % .....	41
Tabelle 8: Parametrisierung: Szenario „Stärken ausbauen“.....	44
Tabelle 9: Ausmaß an erneuerbarer Energie in TJ und Anteil in % .....	45
Tabelle 10: Parametrisierung: Szenario „Biomassiv“ .....	48
Tabelle 11: Ausmaß an erneuerbarer Energie in TJ und Anteil in % .....	50
Tabelle 12: Parametrisierung: Szenario „Denk an morgen“ .....	56
Tabelle 13: Ausmaß an erneuerbarer Energie in TJ und Anteil in % .....	57
Tabelle 14: Angenommener Kapazitätsausbau in den einzelnen Szenarien (Zunahme in TJ von 2005 bis 2020) .....	60
Tabelle 15: Szenarienmatrix .....	61
Tabelle 16: Materialinputs (Überblick) .....	90
Tabelle 17: Energiepreise .....	97
Tabelle 18: Einspeisevergütungen erneuerbarer Energieträger (Preise ohne Steuern).....	99
Tabelle 19: Auszug: Energiebilanz 2005 .....	106
Tabelle 20: Komponenten des Bruttoinlandsproduktes und Größen des Arbeitsmarktes .....	114
Tabelle 21: Entwicklung der Energieeffizienz nach Wirtschaftsbereichen der Energiebilanz .....	118
Tabelle 22: Energetischer Endverbrauch nach Energieträgern.....	119
Tabelle 23: Entwicklung des Energieträgermixes bei der Stromerzeugung (KW und KWK) .....	120
Tabelle 24: Komponenten des Bruttoinlandsproduktes, preisbereinigt - durchschnittliche Wachstumsraten für Fünfjahresabschnitte .....	122
Tabelle 25: Anzahl der Beschäftigten im BAU-Szenario und in den Alternativszenarien (in 1000 Pers.), in ausgewählten Wirtschaftsbereichen .....	124
Tabelle 26: Energetischer Endverbrauch nach Energieträgern, durchschnittliche Wachstumsraten (in %) 2005 bis 2020 .....	126
Tabelle 27: Energetischer Endverbrauch nach Energieträgern, Abweichungen vom BAU-Szenario in TJ im Jahr 2020 .....	126
Tabelle 28: Anteil erneuerbarer Energie am energetischen Endverbrauch in den Szenarien im Jahre 2020 .....	127
Tabelle 29: Potentiale und Anteil erneuerbarer Energie (in % bzw. TJ) in den Szenarien .....	139
Tabelle 31: Konsumverwendungszwecke .....	159
Tabelle 31: Klassifikation der Gütergruppen und Wirtschaftsbereiche.....	160



# 11 Anhang

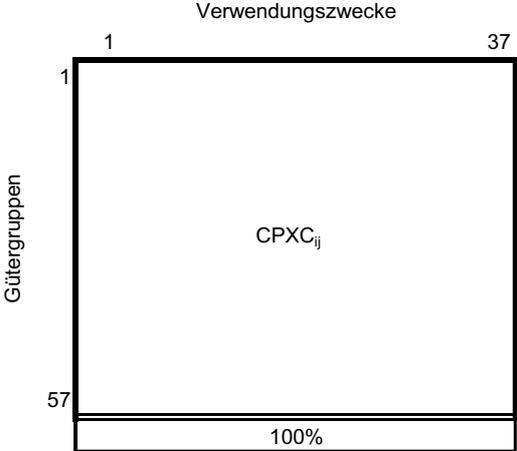
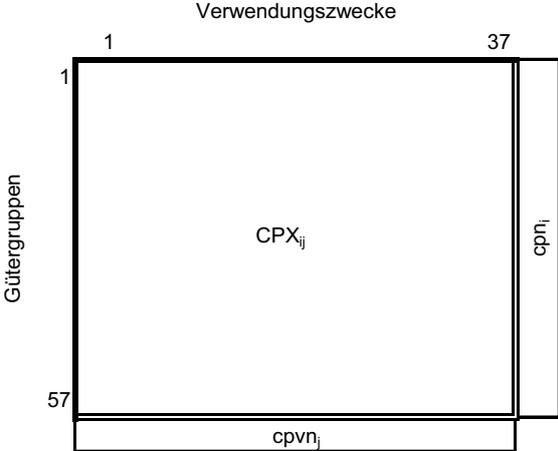
Abbildung 51: Input-Output-Tabelle zu Herstellungspreisen

Übergang der Vektoren der letzten und intermediären Verwendung vom Herstellungspreiskonzept auf das Anschaffungspreiskonzept (s. Abbildung "Übergang Verwendung")

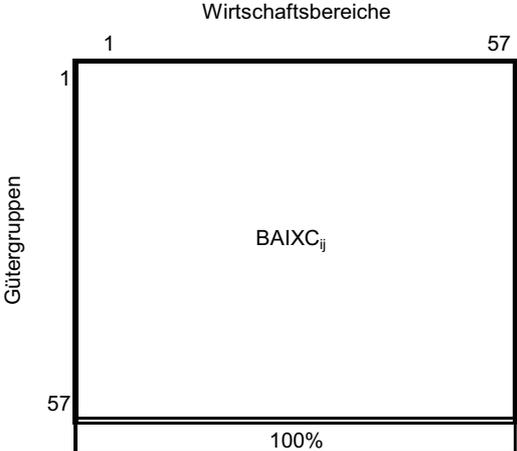
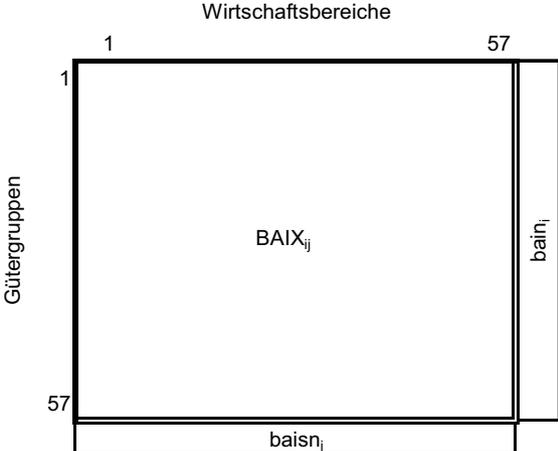
Input-Output-Tabelle in jeweiligen Preisen (Herstellungspreiskonzept)		Intermediäre Verwendung von Gütern		Letzte Verwendung von Gütern								
		Güterverwendung		Intermediäre Verwendung zusammen	Konsumausgaben priv. Haushalte	Konsumausgaben priv. Org. o. E.	Konsumausgaben des Staates	Investitionen		Exporte	Letzte Verw. Zusammen	Gesamte Verwendung von Gütern
Güteraufkommen		Input der Produktionsbereiche						Σ	CPUN			
Output nach Gütergruppen ..... 1 ..... 57		YUN <sub>i</sub>		vgun <sub>i</sub>	cpun <sub>i</sub>	cpoun <sub>i</sub>	csun <sub>i</sub>	baiun <sub>i</sub>	ivun <sub>i</sub>	exun <sub>i</sub>	fgun <sub>i</sub>	gvun <sub>i</sub>
		Σ Vorleistungseinsatz zusammen		veg <sub>un</sub> <sub>i</sub>	CPUN	CPOUN	CSUN	BAIUN	IVUN	EXUN	FGUN	GVUN
		+ Gütersteuern abzgl. Gütersubventionen		ngutven <sub>i</sub>	VGUN = VEGUN							
		Vorleistungseinsatz zu Anschaffungspreisen		vegn <sub>i</sub>	VEGN							
		+ Bruttowertschöpfung		bwgn <sub>i</sub>	BWGN							
		= Produktionswert		ygn <sub>i</sub>	YGN							
		+ Importe gleichartiger Güter zu cif-Preisen		imn <sub>i</sub>	IMN							
	= Gesamtes Aufkommen an Gütern		gaun <sub>i</sub>	GAUN								

**Abbildung 52: Verflechtungsmatrizen der Verwendungsseite**

**Konsumverflechtung**



**Investitionsverflechtung**



**Tabelle 30: Konsumverwendungszwecke**

Ifd Nr.	Konsumverwendungszwecke
1	Nahrungsmittel
2	Alkoholfreie Getränke
3	Alkoholische Getränke
4	Tabakwaren
5	Bekleidung
6	Schuhe
7	Tatsächliche, unterstellte Mietzahlungen
8	Regelmäßige Instandhaltung und Reparatur der Wohnungen
9	Wasserversorgung u. a. DL i. Zusammenhang m. d. Wohnung; Strom, Gas u. a. Brennstoffe
10	Möbel, Innenausstattung, Teppiche u.ä.
11	Heimtextilien
12	Haushaltsgeräte
13	Glaswaren, Tafelgeschirr u.a. Gebrauchsgüter für die Haushaltsführung
14	Werkzeuge und Geräte für Haus u. Garten
15	Waren u. Dienstleistungen f. d. Haushaltsführung
16	Medizinische Erzeug., Geräte u. Ausrüstungen
17	Ambulante Gesundheitsdienstleistungen
18	Stationäre Gesundheitsleistungen
19	Kauf von Fahrzeugen
20	Waren und Dienstleistungen für den Betrieb von Privatfahrzeugen
21	Verkehrsdienstleistungen
22	Nachrichtenübermittlung
23	Audiovisuelle, fotografische u. Informationsverarbeitungsgeräte u. Zubehör, einschl. Rep.
24	Andere größere langlebige Gebrauchsgüter für Freizeit und Kultur (einschl. Rep.)
25	Andere Geräte u. Artikel f. Freizeitwecke (einschl. Rep.); Gartenerzeugnisse u. Verbrauchsgüter f. d. Gartenpflege; Haustiere
26	Freizeit und Kulturdienstleistungen
27	Zeitungen, Bücher und Schreibwaren
28	Pauschalreisen
29	Bildungswesen
30	Verpflegungsdienstleistungen
31	Beherbergungsdienstleistungen
32	Körperpflege
33	Persönliche Gebrauchsgegenstände
34	Dienstleistungen sozialer Einrichtungen
35	Versicherungsdienstleistungen
36	Finanzdienstleistungen
37	Andere Dienstleistungen, a.n.g.

**Tabelle 31: Klassifikation der Gütergruppen und Wirtschaftsbereiche**

lfd Nr	57 Gütergruppen
1	Erzeugnisse der Landwirtschaft und Jagd
2	Forstwirtschaftliche Erzeugnisse und DL
3	Fische und Fischereierzeugnisse
4	Kohle und Torf
5	Erdöl, Erdgas; DL f. Erdöl-, Erdgasgewinnung
6	Steine u. Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse
7	Nahrungs- und Futtermittel, Getränke
8	Tabakerzeugnisse
9	Textilien
10	Bekleidung
11	Leder und Lederwaren
12	Holz; Holz-, Kork-, Flechtwaren (ohne Möbel)
13	Papier, Pappe und Waren daraus
14	Verlags- u. Druckerz., bsp. Ton-, Bild- u. Datenträger
15	Kokereierz., Mineralölerz., Spalt- u. Brutstoffe
16	Chemische Erzeugnisse
17	Gummi- und Kunststoffwaren
18	Glas, Keramik, bearbeitete Steine und Erden
19	Metalle und Halbzeug daraus
20	Metallerzeugnisse
21	Maschinen
22	Büromasch., Datenverarbeitungsgeräte u. -einricht.
23	Geräte d. Elektrizitätserzeugung, -verteilung u.ä.
24	Nachricht., Rundf., Fernsehger. elektron. Bauelem.
25	Medizin., mess-, regelungstechn., opt.Erz., Uhren
26	Kraftwagen und Kraftwagenteile
27	Sonst. Fahrzeuge (Wasser-, Schienen-, Luftfz. u.a.)
28	Möbel, Schmuck, Musikinstr., Sportger., Spielw. u.ä.
29	Sekundärrohstoffe
30	Energie (Strom,Gas) u. DL d. Energieversorgung
31	Wasser und DL der Wasserversorgung
32	Bauarbeiten
33	Handelsleist. m. Kfz; Rep. an Kfz; Tankleistungen
34	Handelsvermittlungs- u. Großhandelsleistungen
35	Einzelhandelsleistungen; Rep. von Gebrauchsgütern
36	Beherbergungs- u. Gaststätten-DL
37	Landverkehrs-u. Transportleist. in Rohrfernleitungen
38	Schiffahrtsleistungen
39	Luftfahrtsleistungen
40	DL bezügl. Hilfs-u. Nebentätigkeiten f. d. Verkehr
41	Nachrichtenübermittlungs-DL
42	DL der Kreditinstitute
43	DL der Versicherungen (ohne Sozialversicherung)
44	DL des Kredit- u. Versicherungshilfsgewerbes
45	DL des Grundstücks- u. Wohnungswesens
46	DL der Vermietung bewegl. Sachen (oh. Personal)
47	DL der Datenverarbeitung und von Datenbanken
48	Forschungs- und Entwicklungsleistungen
49	Unternehmensbezogene DL
50	DL d. öffentl. Verwaltung, Verteidigung, Sozialvers.
51	Erziehungs- u. Unterrichts-DL
52	DL d.Gesundheits-, Veterinär- u. Sozialwesens
53	Abwasser-, Abfallbeseitig.- u. sonst. Entsorgungsleist.
54	DL von Interessenvertretungen, Kirchen u.ä.
55	Kultur-, Sport- u. Unterhaltungs-DL
56	Sonstige DL
57	DL privater Haushalte

lfd Nr	57 Wirtschaftsbereiche
1	Landwirtschaft; Jagd
2	Forstwirtschaft
3	Fischerei und Fischzucht
4	Kohlenbergbau, Torfgewinnung
5	Erdöl, und Erdgasbergbau; Erzbergbau
6	Gewinnung von Steinen und Erden
7	Herst. von Nahrungs-, Genussmitt., Getränke
8	Tabakverarbeitung
9	Herstellung von Textilien und Textilware
10	Herstellung von Bekleidung
11	Ledererzeugung und -verarbeitung
12	Be- und Verarbeitung von Holz
13	Herst. u.Verarbeitung v. Papier u. Pappe
14	Verlagswesen, Druckerei
15	Kokerei, Mineralölverarbeitung
16	Herst. v. Chemikalien u. chem. Erzeugnissen
17	Herst. v. Gummi- und Kunststoffwaren
18	Herst., Bearb. v. Glas, H. v. Waren aus Steinen,..
19	Metallerzeugung und -bearbeitung
20	Herstellung von Metallerzeugnissen
21	Maschinenbau
22	Herstellung von Büromaschinen
23	H. v. Geräten d. Elektrizitätserzeug.-verteilung
24	Rundfunk-, Fernseh- und Nachrichtentechn
25	Medizin-, Mess-, Steuer u. Regelungstechn.
26	Herst. v. Kraftwagen und Kraftwagenteilen
27	Sonstiger Fahrzeugbau
28	Herst. v. Möbeln, Schmuck, Musikinst., Sportgeräte
29	Rückgewinnung
30	Energieversorgung
31	Wasserversorgung
32	Bauwesen
33	KFZ-Handel; Instandh. u. Reparatur v. KFZ; Tankstellen
34	Handelsverm. u. Großhandel (ohne Handel mit KFZ)
35	Einzelh. (o. H. KFZ u. o. Tankst.); Rep. v. Gebrauchsgütern
36	Beherbergungs- und Gaststättenwesen
37	Landverkehr; Transport in Rohrfernleit.
38	Schifffahrt
39	Flugverkehr
40	Hilfs-u. Nebentätigk. f. d. Verkehr; Reisebüro
41	Nachrichtenübermittlung
42	Kreditwesen
43	Versicherungswesen
44	Mit Kredit-u.Versicherungswesen verbundene Tätigkeiten
45	Realitätenwesen
46	Vermietung bewegl. Sachen ohne Bedienungspersonal
47	Datenverarbeitung und Datenbanken
48	Forschung und Entwicklung
49	Erbringung von unternehmensbez.Dienstleistungen
50	Öff. Verw., Landesverteidigung, Sozialversicherung
51	Unterrichtswesen
52	Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen
53	Abwasser- u. Abfallbeseitigung, sonst. Entsorgung
54	Interessenvertr., relig. Vereinigungen, sonst.Vereinigungen
55	Kultur, Sport und Unterhaltung
56	Erbringung von sonstigen Dienstleistungen
57	Private Haushalte

**Abbildung 53: Übergang der letzten und intermediären Verwendung vom Anschaffungs- auf das Herstellungspreiskonzept (Makrogrößen und Vektoren)**

**Übergang zur Inlandsproduktberechnung  
s. Abbildung "Inlandsproduktberechnung"**

Übergang der letzten und intermediären Verwendung vom Anschaffungs- auf Herstellungspreiskonzept (Makrogrößen in jeweiligen Preisen)	Intermediäre Verwendung zusammen	Letzte Verwendung von Gütern							Gesamte Verwendung von Gütern
		Konsumausgaben privater Haushalte im Inland	Konsumausgaben privater Organisationen ohne Erwerbszweck	Konsumausgaben des Staates	Investitionen		Exporte	Letzte Verwendung zusammen	
					Bruttoanlageinvestitionen	Vorratsveränderungen			
Makrogröße im Anschaffungspreiskonzept	VGN	CPN	CPON	CSN	BAIN	IVN	EXN	FGN	GVN
- Handels- und Transportleistungen									
- Mehrwertsteuern	MWTGVN	MWTCPN		MWTCSN	MWTBAIN	MWTIVN	MWTEXN	MWTFGN	MWTGVN
- Sonstige Gütersteuern	SGUTVGN	SGUTC PN		SGUTCSN	SGUTBAIN	SGUTIVN	SGUTEXN	SGUTFGN	SGUTGVN
+ Gütersubventionen	SUBVGN	SUBCPN		SUBCSN	SUBBAIN	SUBIVN	SUBEXN	SUBFGN	SUBGVN
Makrogröße im Herstellungspreiskonzept	VGUN	CPUN	CPOUN	CSUN	BAIUN	IVUN	EXUN	FGUN	GVUN

**Übergang der Konsumausgaben der priv. Haushalte nach Verwendungszwecken auf Konsumausgaben d. privaten Haushalte nach Gütergruppen (s. Abbildung "Verflechtungsmatrizen der Verwendungsseite")**

**Übergang der Anlageinvestitionen der Wirtschaftsbereiche auf Anlageinvestitionen nach Gütergruppen (s. Abbildung "Verflechtungsmatrizen der Verwendungsseite")**

Übergang der Vektoren der letzten und intermediären Verwendung vom Anschaffungs- auf Herstellungspreiskonzept (in jeweiligen Preisen)	Intermediäre Verwendung zusammen	Letzte Verwendung von Gütern							Gesamte Verwendung von Gütern
		Konsumausgaben privater Haushalte im Inland	Konsumausgaben privater Organisationen ohne Erwerbszweck	Konsumausgaben des Staates	Investitionen		Exporte	Letzte Verwendung zusammen	
					Bruttoanlageinvestitionen	Vorratsveränderungen			
Vektor im Anschaffungspreiskonzept	vgn <sub>i</sub>	cpn <sub>i</sub>	cpn <sub>i</sub>	csn <sub>i</sub>	bain <sub>i</sub>	ivn <sub>i</sub>	exn <sub>i</sub>	fgn <sub>i</sub>	gvn <sub>i</sub>
- Handels- und Transportleistungen	htvgn <sub>i</sub>	htcpn <sub>i</sub>		htcsn <sub>i</sub>	htbain <sub>i</sub>	htivn <sub>i</sub>	htexn <sub>i</sub>	htfgn <sub>i</sub>	htgvn <sub>i</sub>
- Mehrwertsteuern	mwtvgn <sub>i</sub>	mwtcpn <sub>i</sub>		mwtcsn <sub>i</sub>	mwtbain <sub>i</sub>	mwtivn <sub>i</sub>	mwtexn <sub>i</sub>	mwtfgn <sub>i</sub>	mwtgvn <sub>i</sub>
- Sonstige Gütersteuern	sgutvgn <sub>i</sub>	sgutcpn <sub>i</sub>		sgutcsn <sub>i</sub>	sgutbain <sub>i</sub>	sgutivn <sub>i</sub>	sgutexn <sub>i</sub>	sgutfgn <sub>i</sub>	sgutgvn <sub>i</sub>
+ Gütersubventionen	subvgn <sub>i</sub>	subcpn <sub>i</sub>		subcsn <sub>i</sub>	subbain <sub>i</sub>	subivn <sub>i</sub>	subexn <sub>i</sub>	subfgn <sub>i</sub>	subgvn <sub>i</sub>
Vektorgroße im Herstellungspreiskonzept	vgun <sub>i</sub>	cpun <sub>i</sub>	cpoun <sub>i</sub>	csun <sub>i</sub>	baiun <sub>i</sub>	ivun <sub>i</sub>	exun <sub>i</sub>	fgun <sub>i</sub>	gvun <sub>i</sub>

**s. Abbildung "Input-Output-Tabelle"**

Abbildung 54: Übergangsmatrizen des Aufkommens

Produktionswertmatrix in jeweiligen Preisen			Wirtschaftsbereiche				
			1	...	57		
Produktionsbereiche	1	ygn <sub>i</sub>	MAKE <sub>ij</sub>				
	⋮						
	57						
	ysn <sub>j</sub>						

Koeffizienten der Produktionswertmatrix			Wirtschaftsbereiche				
			1	...	57		
Produktionsbereiche	1	ygn <sub>i</sub>	MAKEX <sub>ij</sub> =MAKE <sub>ij</sub> /ysn <sub>j</sub>				
	⋮						
	57						

Abbildung 55: Vektoren und Größen des Arbeitsmarktes

Vektoren der Wirtschaftsbereiche	Variablenname	Datenmodell	Prognosemodell
		Berechnung	Berechnung
Beschäftigte Arbeitnehmer im Inland	bas		geschätzt
Jahreslohnsumme	jls	lsn / bas * 1000000	geschätzt
Arbeitnehmerentgelt im Inland	lsn		jls * bas * 0.000001
Arbeitsproduktivität der Beschäftigten	apb	bwsr / bas * 100000	
Stückkosten: Löhne	uclk	lsn / yrsr * 100	lsn / yrsr * 100
Qualifikation der Arbeitslosen	alqual		
Beschäftigte nach Qualifikation und Wirtschaftsbereichen	WBQUAL		
Arbeitsvolumen der SV-Beschäftigten	basav	basaz * bas	basaz * bas
Durchschnittliche mittlere Arbeitszeit der SV - Beschäftigten	basaz		Annahme: konstant

Makrogrößen	Variablenname	Berechnung	Berechnung
Beschäftigte Arbeitnehmer im Inland	BAS	∑ bas	∑ bas
Jahreslohnsumme	JLS	LSN / BAS * 1000000	LSN / BAS * 1000000
Selbstständige	SES	ETS - BAS	
Arbeitsproduktivität der Beschäftigten	APB	BWSR / BAS * 100000	
Arbeitslose	ALSE		AKPL - BAS
Arbeitnehmerentgelt im Inland	LSN		∑ lsn
Arbeitskräftepotential	AKPL		geschätzt
Beschäftigte Arbeitnehmer im Inland (Exterritoriale Organisationen)	BAS_EX		Annahme: konstant
Beschäftigte Arbeitnehmer im Inland (Präsenzdiener)	BAS_PD		Annahme: konstant
Beschäftigte Arbeitnehmer im Inland (Karenzgeldbezieher)	BAS_KGB		Annahme: konstant
Arbeitsvolumen der SV-Beschäftigten	BASAV	BAS * BASAZ	BAS * BASAZ
Durchschnittliche mittlere Arbeitszeit der SV - Beschäftigten	BASAZ		Annahme: konstant