

# Energiestrukturen für 2020

## Technisches Basisdokument für die österreichische Energiestrategie

18. Mai 2009



Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung  
+43 (1) 798-2601-0



Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel  
an der Karl-Franzens-Universität Graz  
+43 (316) 380-8430



Technische Universität Graz  
Institut für Prozesstechnik  
+43 (316) 873-7464



KWI Consultants GmbH  
+43 (1) 52520 288



Montanuniversität Leoben  
Institut für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe  
+43 (3842) 402-2101



Technische Universität Wien  
Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft  
+43 (1) 58801-37303

<b>Brigitte Gebetsroither</b>	Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel an der Karl-Franzens-Universität Graz
<b>Andreas Karner</b>	KWI Consultants GmbH
<b>Claudia Kettner</b>	Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung
<b>Angela Köppl</b>	Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung
<b>Nebojsa Nakicenovic</b>	Technische Universität Wien Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft
<b>Reinhold Lang</b>	Montanuniversität Leoben Institut für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe
<b>Stefan Schleicher</b>	Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel an der Karl-Franzens-Universität Graz und Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung
<b>Hans Schnitzer</b>	Technische Universität Graz Institut für Prozesstechnik
<b>Karl Steininger</b>	Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel an der Karl-Franzens-Universität Graz
<b>Gernot Wallner</b>	Montanuniversität Leoben Institut für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe

<b>1</b>	<b>EXECUTIVE SUMMARY</b>	<b>1</b>
1.1	Die Suche nach zielkompatiblen Energiestrukturen	1
1.2	Die Szenarien für 2020	1
1.3	<b>Entscheidungskriterien für die Restrukturierung des Energiesystems</b>	<b>4</b>
1.3.1	Erste Schlussfolgerungen aus den 2020-Szenarien	4
1.3.2	Von Energie-Dienstleistungen zu Energie-Flüssen	5
1.3.3	Die Bewertung von Technologie-Optionen	6
1.3.4	Die L3-Strategie	7
1.3.5	Zweite Schlussfolgerungen aus den 2020-Szenarien	7
1.4	<b>Die Schlüsselbereiche für die Restrukturierung</b>	<b>9</b>
1.4.1	Den Energie-Dienstleistungen nicht entsprechende Energieträger	9
1.4.2	Weichenstellungen für Technologieentscheidungen	9
<b>2</b>	<b>MIT DEN 2020-ZIELEN DER EU KOMPATIBLE ENERGIESTRUKTUREN</b>	<b>13</b>
2.1	Das Design der Szenarien	13
2.2	Das Basis-Szenario	14
2.3	Das Effizienz-Szenario	16
2.4	Das Erneuerbare-Szenario	18
<b>3</b>	<b>DIE LANGFRISTIGE PERSPEKTIVE: DIE TRANSFORMATION ZU EINER POST-CARBON SOCIETY</b>	<b>22</b>
3.1	Das Ende veralteter Entwicklungsmuster	22
3.2	Die Chance für neue Strukturen	22
3.3	Dekarbonisierung in einem hocheffizientem Energiesystem	23
3.4	Technologische Optionen für nachhaltige Energiesysteme	24
3.5	Das kurze Window of Opportunity	25
3.6	Eine radikale Interpretation der 2020-Ziele der EU	26
<b>4</b>	<b>ENTSCHEIDUNGSGRUNDLAGEN FÜR EIN INNOVATIVES ENERGIESYSTEM</b>	<b>27</b>
4.1	Neue Maße: Von Energie-Flüssen zu Energie-Dienstleistungen	27
4.2	Neue Technologien: Steigerung der Energieproduktivität durch Faktor-4- und Faktor-10-Technologien	28

<b>4.3</b>	<b>Neue Ziele: Die Herausforderungen für die Energie- und Klimapolitik</b>	<b>28</b>
<b>4.4</b>	<b>Die neue Konzeption des Energiesystems</b>	<b>30</b>
4.4.1	Energie-Dienstleistungen, Anwendungs- und Transformationstechnologien	30
4.4.2	Kriterien für die Technologieentscheidungen	31
4.4.3	Kriterien für die Technologieentscheidungen	32
<b>5</b>	<b>SEKTORSPEZIFISCHE INNOVATIONSSTRATEGIEN</b>	<b>33</b>
<b>5.1</b>	<b>Mobilität</b>	<b>33</b>
5.1.1	Die Rolle der Mobilität in einer Energiestrategie	33
5.1.2	Relevante Dienstleistungen im Bereich Verkehr	35
5.1.3	Relevante Anwendungstechnologien im Bereich Verkehr	36
5.1.4	Optionen für Maßnahmen	36
<b>5.2</b>	<b>Produktion</b>	<b>37</b>
5.2.1	Die Rolle des Bereichs Produktion in einer Energiestrategie	37
5.2.2	Relevante Energiedienstleistungen im Bereich Produktion	39
5.2.3	Relevante Anwendungstechnologien im Bereich Produktion	40
5.2.4	Energieträgermix im Bereich Produktion	40
5.2.5	Wechselwirkungen mit anderen Bereichen	40
<b>5.3</b>	<b>Gebäude</b>	<b>41</b>
5.3.1	Die Rolle des Bereichs Gebäude in einer Energiestrategie	41
5.3.2	Relevante Energiedienstleistungen im Bereich Gebäude	41
5.3.3	Relevante Anwendungstechnologien im Bereich Gebäude	42
5.3.4	Energieträgermix im Bereich Gebäude	43
5.3.5	Wechselwirkungen mit anderen Bereichen	43
<b>5.4</b>	<b>Werkstoffe</b>	<b>44</b>
5.4.1	Die Rolle des Bereichs Werkstoffe in einer Energiestrategie	44
5.4.2	Die Relevanz von Werkstoffen zur Erbringung von Energiedienstleistungen	44
5.4.3	Relevante Anwendungstechnologien	44
<b>6</b>	<b>LITERATUR</b>	<b>46</b>

# 1 Executive Summary

## 1.1 Die Suche nach zielkompatiblen Energiestrukturen

### Mit den 2020-Zielen der EU kompatible Energiestrukturen

Die für das Jahr 2020 formulierten Ziele der EU für die Energie- und Klimapolitik setzen deutliche Markierungen für die damit kompatiblen Strukturen des österreichischen Energiesystems.

Diese 2020-Ziele der EU beinhalten für Österreich

- gegenüber 2005 eine Reduktion der Treibhausgase in jenem Bereich der Wirtschaft, der dem Europäischen Emissionshandelssystem (ETS-Sektor) unterworfen ist um minus 21%,
- eine analoge Reduktion für die restlichen Bereiche (Nicht-ETS-Sektor) um 16 %, sowie
- einen Anteil der erneuerbaren Energie am (Brutto-)Endverbrauch von Energie von 34 %.

### Entscheidungsspielräume und Entscheidungskriterien

Mit den im Rahmen des Forschungsprojektes **EnergyTransition**<sup>1</sup> verfügbaren Werkzeugen werden mehrere Szenarien entwickelt, die den Entscheidungsspielraum für die Restrukturierung des österreichischen Energiesystems sichtbar machen.

Um den dafür innerhalb einer Energiestrategie erforderlichen Entscheidungsprozess zu unterstützen, werden neue Perspektiven für die Beurteilung von Energiesystemen vorgestellt, die sich vor allem an dessen kaskadischer Struktur von den Energie-Dienstleistungen bis zu den dafür erforderlichen Energie-Flüssen orientieren.

Zentrale Aufgabe einer zu entwickelnden österreichischen Energiestrategie wird es sein, anhand dieser Kriterien innerhalb der verbleibenden Entscheidungsmöglichkeiten konsensfähige und verbindliche Übergangspfade zu entwickeln.

## 1.2 Die Szenarien für 2020

### Die Einflussgrößen

Die drei entwickelten Szenarien für die Energiestrukturen des Jahres 2020 basieren im Wesentlichen auf folgenden Einflussgrößen:

- den Beschränkungen für CO<sub>2</sub>-Emissionen für den ETS- und den Nicht-ETS-Sektor,
- der CO<sub>2</sub>-Intensität des fossilen Energiemix,
- der Menge an verfügbarer erneuerbarer Energie, sowie
- der Effizienz des Energiesystems bei Transformation und Verteilung

---

<sup>1</sup> Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms "ENERGIE DER ZUKUNFT" durchgeführt

Zusätzlich wird ein Referenzszenario zum Vergleich herangezogen, das die aktuellen Trends bis 2020 fortschreibt.

Die Szenarien machen sichtbar, welche Energiemengen bei Brutto-Inlandsverbrauch und beim Endverbrauch aus den getroffenen Annahmen resultieren.

Neben der Sensitivität der Annahmen auf die Energiemengen zeigen die Szenarien auf, welcher weitere Entscheidungsbedarf bezüglich der Aufteilung der Energieflüsse auf die wirtschaftlichen Sektoren und die einzelnen Energieträger vorliegt.

#### **Das Basis-Szenario**

Das Basis-Szenario enthüllt, dass die EU-Ziele ein Energiesystem implizieren, das durch rund 460 PJ (Petajoule) Erneuerbare (im Brutto-Inlandsverbrauch) und insgesamt rund 1.200 PJ im Endverbrauch charakterisiert ist.

Die mit diesem Szenario verbundenen Energieflüsse entsprechen ungefähr jenen von 2005 und 2007. Die Menge der Erneuerbaren wäre gegenüber 2005 um rund 45 % zu erhöhen.

Der Vergleich mit dem Referenz-Szenario macht aber sichtbar, dass für die implizite Stabilisierung des Energieverbrauchs intensive Anstrengungen bei der Verbesserung der Energieeffizienz erforderlich sein werden, um eine Verbrauchsreduktion bis zu 200 PJ zu bewirken.

#### **Das Effizienz-Szenario**

Das Effizienz-Szenario setzt gegenüber dem Basis-Szenario einen zusätzlichen Akzent bei der Energieeffizienz, wodurch der Endverbrauch auf 1.100 PJ vermindert werden kann. Das diesen Energiemengen entsprechende Volumen von Erneuerbaren, mit dem das Anteilsziel von 34 % erreicht werden kann, liegt bei 420 PJ und liegt damit um rund ein Drittel über den Mengen von 2005.

Die mit diesen Energieverbräuchen kompatiblen Mengen an fossiler Energie erfordern sowohl für den ETS- als auch für den Nicht-ETS-Sektor eine Reduktion um 25 % gegenüber 2005. Die durch das EU-Reduktionsziel limitierten Mengen an Fossilen werden damit deutlich unterschritten.

Das Effizienz-Szenario erscheint aber nur erreichbar, wenn bis zu 300 PJ Endenergie durch technologische Innovationen auf allen Stufen des Energiesystems reduziert werden können.

#### **Das Erneuerbare-Szenario**

Das Erneuerbare-Szenario beschreibt den Effekt einer hypothetischen Ausweitung der Menge an Erneuerbaren auf 500 PJ.

In der Variante A bleibt das Emissionsziel für CO<sub>2</sub> und das damit verbundene Volumen an Fossilen weiterhin bindend. Somit bewirkt die Ausweitung der Erneuerbaren einen Anstieg des Endenergieverbrauchs auf rund 1.240 PJ und einen Anteil der Erneuerbaren von rund 36 %.

In der Variante B substituiert diese zusätzliche Menge an Erneuerbaren fossile Energie. Damit kompatibel wäre eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Nicht-ETS-Sektor um 22 %. Der Anteil der Erneuerbaren an der (Brutto-)Endenergie würde 37 % erreichen.

Der Realisierbarkeit dieses Szenarios stehen allerdings Grenzen bei der grundsätzlichen Verfügbarkeit von Erneuerbaren entgegen und deren Integrierbarkeit in die Bereitstellung der benötigten Energiedienstleistungen.

Tabelle 1.1: 2020-Szenarien für Energie und THG-Emissionen

EnergyTransition	Petajoule							
	2005	2006	2007	2020 Referenz	2020 Basis	2020 Effizienz	2020 Erneuerb.-A	2020 Erneuerb.-B
<b>Endverbrauch</b>	<b>1.223</b>	<b>1.245</b>	<b>1.205</b>	<b>1.385</b>	<b>1.202</b>	<b>1.097</b>	<b>1.236</b>	<b>1.202</b>
Nichtenergetischer Verbrauch	117	127	122	139	120	110	124	120
<b>Energetischer Endverbrauch</b>	<b>1.106</b>	<b>1.118</b>	<b>1.083</b>	<b>1.246</b>	<b>1.082</b>	<b>987</b>	<b>1.112</b>	<b>1.082</b>
Verluste	223	219	216	258	199	182	205	199
Anteil Verluste / Br.-Inlandsverbrauch (%)	15,4	14,9	15,2	15,7	14,2	14,2	14,2	14,2
<b>Brutto-Inlandsverbrauch</b>	<b>1.446</b>	<b>1.464</b>	<b>1.421</b>	<b>1.643</b>	<b>1.401</b>	<b>1.279</b>	<b>1.440</b>	<b>1.401</b>
Fossile	1.119	1.095	1.038	1.160	924	847	924	885
Erneuerbare	318	344	359	458	460	420	500	500
Elektrische Energie (Netto-Import)	10	25	24	25	16	12	16	16
<b>Brutto-Endverbrauch</b>	<b>1.255</b>	<b>1.278</b>	<b>1.236</b>	<b>1.421</b>	<b>1.232</b>	<b>1.125</b>	<b>1.267</b>	<b>1.233</b>
Endverbrauch Erneuerbare	289	313	327	416	419	382	455	455
Anteil Erneuerbare im Br.-Endverbrauch (%)	23,1	24,5	26,4	29,3	34,0	34,0	35,9	36,9
	Millionen Tonnen CO <sub>2</sub> e							
CO <sub>2</sub> insgesamt	79,0	77,6	74,2		64,7	59,3	64,7	62,0
CO <sub>2</sub> ETS-Sektor	33,4	32,4	31,6		26,4	25,1	26,4	26,4
CO <sub>2</sub> Nicht-ETS-Sektor	45,6	45,2	42,6		38,3	34,2	38,3	35,6
CO <sub>2</sub> ETS-Sektor - %-Veränderung gg. 2005		-3,0	-5,4		-21,0	-25,0	-21,0	-21,0
CO <sub>2</sub> Nicht-ETS-Sektor - %-Veränd. gg. 2005		-0,9	-6,6		-16,0	-25,0	-16,0	-22,0
CO <sub>2</sub> Intensität von Fossilen (kg/GJ)	70,6	70,9	71,4		70,0	70,0	70,0	70,0
<b>THG Emissionen (ohne LUCLUF)</b>	<b>92,8</b>	<b>91,5</b>	<b>88,0</b>					
CO <sub>2</sub>	79,0	77,6	74,2					
CH <sub>4</sub>	7,2	7,1	7,0					
N <sub>2</sub> O	5,3	5,4	5,4					
Sonstige	1,3	1,5	1,5					

## 1.3 Entscheidungskriterien für die Restrukturierung des Energiesystems

### 1.3.1 Erste Schlussfolgerungen aus den 2020-Szenarien

#### Die zentrale Rolle von Energieeffizienz und Erneuerbaren

Die vorgestellten Szenarien machen die Markierungen sichtbar, innerhalb derer sich mit den 2020-Zielen der EU kompatible Energiesysteme bewegen können.

Zwei Herausforderungen werden sichtbar, denen sich der Prozess für eine Energiestrategie zu stellen hat:

- Die Erhöhung der Energieeffizienz ist insgesamt darzustellen für einen Reduktionsbedarf an Endenergie bis zu 200 PJ für das Basis-Szenario und bis zu 300 PJ für das Effizienz-Szenario. Zusätzlich ist noch zu argumentieren, wie diese Energiereduktionen die einzelnen Sektoren und die einzelnen Energieträger betreffen sollen.
- Die Ausweitung der Erneuerbaren ist darzustellen für Mengen, die gegenüber den für 2007 bereits realisierten Werten zusätzlich 60 PJ im Effizienz-Szenario, 100 PJ im Basis-Szenario und 140 PJ im Erneuerbare-Szenario ausmachen. Innerhalb dieser Mengen ist die Aufteilung auf die einzelnen Arten von Erneuerbaren zu argumentieren.

#### Entscheidungskriterien für die gesamte Kaskade des Energiesystems

Die Diskussion über die Rolle von Energieeffizienz und Erneuerbaren für eine mit den 2020-Zielen kompatible Energiestrategie ist mit weiteren Fragestellungen verbunden:

- Wie sollen Energieeffizienz und Erneuerbare bei der Restrukturierung gewichtet werden?
- Welchen Technologien und Energieträgern soll dabei Prioritäten gegeben werden?

Für eine konstruktive Argumentation dieser Fragestellungen sind zwei Argumentationsschritte wesentlich:

- Die kaskadische Perspektive des Energiesystems, die Energie-Dienstleistungen als zentrale Aufgabe des Energiesystems betont und davon den Bedarf an Energieträgern in Abhängigkeit von den gewählten Anwendungs- und Transformationstechnologien ableitet.
- Ein umfassender Katalog an Bewertungskriterien, der von technischen Effizienzkriterien bis zu ökologischen „Anforderungen“ reicht. Ob aktuelle Preise und Kosten mit diesen Bewertungen kompatibel sind, hängt maßgeblich von der Funktionsfähigkeit der Märkte ab, die gerade im Energiebereich oft ein Marktversagen sichtbar machen.



1.3.2 Von Energie-Dienstleistungen zu Energie-Flüssen

**Energie-Dienstleistungen sind der Beginn der Kaskade des Energiesystems**

Eine fundamentale Neuorientierung bei der Beurteilung von Energiesystemen ist durch die Fokussierung auf Energie-Dienstleistungen entstanden. Diese werden als Anfang und nicht Ende der Kaskade des Energiesystems gesehen und müssen somit auch bei jeder Diskussion über eine Restrukturierung den Ausgangspunkt bilden.

Entsprechend der damit verbundenen Aufgaben ist es naheliegend zwischen thermischen (Nieder- und Hochtemperatur), mechanischen (stationären und mobilen) und spezifisch elektrischen (Beleuchtung, Elektronik) Energie-Dienstleistungen zu unterscheiden, weil damit die Qualität der eingesetzten Energieträger zu beachten ist.

**Anwendungs- und Transformations-Technologien bestimmen die Energie-Flüsse**

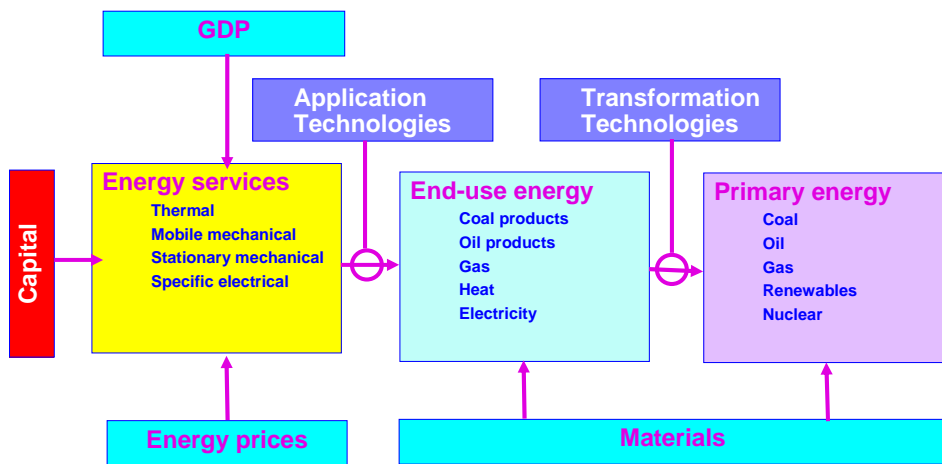
Die Anwendungstechnologien im Endverbrauch bestimmen mit der Höhe der Energie-Dienstleistungen die erforderlichen Mengen an Endenergie. Sogenannte Faktor-4- und Faktor-10-Technologien machen dabei Quantensprünge bei der Energieproduktivität möglich.

Bei den Transformationstechnologien, die Elektrizität und Wärme aus Primärenergie bereitstellen, ist vor allem die kombinierte Erzeugung von Elektrizität und Wärme in hocheffizienten Cogeneration-Technologien von besonderer Relevanz.

**Die Wahl der Primärenergie**

Welches Volumen und welche Art von Primärenergie erforderlich ist, wird erst am Ende der Kaskade des Energiesystems sichtbar, nachdem die Technologien für Anwendung und Transformation gewählt wurden. Dafür sind jedoch für eine mit Restrukturierungsaufgaben betraute Energiestrategie noch umfassende Entscheidungskriterien heranzuziehen.

Abbildung 1.1 Die Kaskade des Energiesystems - Von Energie-Dienstleistungen zur Primärenergie



### 1.3.3 Die Bewertung von Technologie-Optionen

<b>Versorgungssicherheit mit Energie-Dienstleistungen</b>	<p>Die Bereitstellung von Energie-Dienstleistungen ist die zentrale Funktion des Energiesystems.</p> <p>Dafür ist nicht primär das Volumen an verfügbarer Energie relevant, denn Passiv- oder Plus-Energiegebäude zeigen, dass die gewünschte Dienstleistung in immer mehr Fällen mit immer weniger Energie erbracht werden kann.</p> <p>Die Versorgungssicherheit mit Energie-Dienstleistungen nimmt mit höherer Energieeffizienz und lokaler Verfügbarkeit der verringerten Energiemengen zu.</p>
<b>Mengen-Effizienz</b>	<p>Das technische Kriterium der Mengen-Effizienz misst, wie viel an eingesetzter Energie bei einer Anwendungs- oder Transformations-Technologie nutzbar ist.</p> <p>Besonders gering ist dieses Effizienzkriterium bei konventionellen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren und bei der Erzeugung von Elektrizität in Anlagen ohne Wärmenutzung.</p>
<b>Exergie-Effizienz</b>	<p>Exergie bezeichnet die Arbeitsfähigkeit eines Energieträgers. Werden beispielsweise Elektrizität, Gas oder Biomasse nur zur Bereitstellung von Niedertemperaturwärme verwendet, dann bleibt die Arbeitsfähigkeit dieser Energieträger ungenutzt. Diese könnte beispielsweise für eine Wärmepumpe eingesetzt werden.</p>
<b>Ökologische Effekte</b>	<p>Fast jeder Einsatz von Energie ist mit ökologischen Nebenwirkungen verbunden, die von Lärm und bodennahen Emissionen bis zu den Störungen der lokalen und globalen Ökosysteme reichen.</p> <p>Besondere Beachtung wird vor allem durch die Initiativen der EU dem globalen Klimawandel gegeben, der nach derzeitigem Wissen nur durch eine radikale Verminderung der Nutzung von fossiler Energie gemindert werden kann.</p>
<b>Gesellschaftliche Konfliktpotentiale</b>	<p>Vor allem die Konflikte um den Zugang zu den Reserven bei Erdöl und Erdgas zeigen die globalen Krisenpotentiale auf, die mit diesen Energieträgern verbunden sind.</p> <p>Nicht zu unterschätzen sind lokale gesellschaftliche Konflikte, die durch eine massive Verteuerung von Energie entstehen könnten.</p>
<b>Wie relevant sind Preise als Entscheidungs-Indikatoren?</b>	<p>Eine lange Liste von Argumenten empfiehlt Vorsicht bei der Verwendung von aktuellen Preisen als ausschließliches Kriterium sowohl bei der Wahl der Energieträger als auch bei Entscheidungen über Technologien.</p> <p>Tendenziell sind bei allen fossilen Energieträgern aus unterschiedlichen Gründen deutliche Preissteigerungen zu erwarten.</p> <p>Andererseits gibt es bei den meisten neuen Technologien für Erneuerbare Grund zur Annahme, dass deren Kosten für die Bereitstellung von Energie-Dienstleistungen immer attraktiver werden.</p>

### 1.3.4 Die L3-Strategie

Die Bewertungskriterien für ein Redesign der Energiesysteme begründen Strategieempfehlungen, die sich plakativ in drei Low-Strategien (L3) zusammenfassen lassen:

- Low Energy
- Low Carbon
- Low Distance

#### Low Energy -

Verringerung der Energiemengen

Erste Priorität verdienen alle Strategien, die gewünschte Energie-Dienstleistungen mit immer geringeren Energie-Flüssen bereitstellen können.

Das impliziert einerseits die Elimination von redundanten Energie-Dienstleistungen, andererseits aber die Suche nach immer produktiveren Anwendungs- und Transformations-Technologien.

#### Low Carbon -

Verringerung der Verwendung von Fossilen

Ein kontrollierter Ausstieg aus fossiler Energie ist allein aufgrund der inhärenten internationalen Konfliktpotentiale bei Erdöl und Erdgas zu empfehlen.

Es wäre aber verfehlt zu erwarten, dass die fossilen Mengen in gleichem Ausmaß durch erneuerbare Energieträger ersetzbar wären. Eine Umstiegstrategie zu Erneuerbaren ohne Quantensprünge bei der Energieeffizienz ist nicht realisierbar.

#### Low Distance -

Verringerung der Distanzen im Energiesystem

Ein charakteristisches Merkmal von Erneuerbaren ist deren Verfügbarkeit im regionalen Umfeld und die dadurch bedingte Nutzung in Anlagen mit kleineren Dimensionen.

Dies erfordert neue Netzstrukturen im Bereich Elektrizität aber auch bei Wärme.

### 1.3.5 Zweite Schlussfolgerungen aus den 2020-Szenarien

Anhand der vorgestellten Bewertungskriterien für Technologieoptionen ist es nun möglich, zusätzliche Aussagen über die Qualität der vorgestellten Szenarien zu treffen.

**Erhöhte technologische Effizienz als Chance für zukunftsfähige Wirtschaftsstrukturen**

Ausgehend vom Basis-Szenario ist es denkbar, entweder zusätzliche Mengen bei den Erneuerbaren - dargestellt im Erneuerbaren-Szenario - oder zusätzliche Effizienz - dargestellt im Effizienz-Szenario - zu aktivieren. Die beiden Optionen stehen deshalb in Konkurrenz zueinander, weil sie auf dieselben Finanzierungsressourcen zugreifen.

Folgende Argumente unterstützen eine technologische Weichenstellung in Richtung einer deutlichen Erhöhung der Effizienz des Energiesystems:

- Das Effizienz-Szenario ist jenes mit den niedrigsten Energiemengen und entspricht somit der Leitlinie der Verringerung der Energieintensität (Low Energy).
- Das Effizienz-Szenario ist auch jenes mit den geringsten CO<sub>2</sub>-

Emissionen, hat nicht nur die höchste Energieproduktivität, sondern entspricht auch wegen der niedrigsten Emissionsintensität am besten der Leitlinie der Entkarbonisierung (Low Carbon).

- Das Effizienz-Szenario leistet auch den größten Betrag zur Erhöhung der Energiebereitstellung aus inländischen Ressourcen im Sinne der Leitlinie einer stärkeren Lokalisierung der Versorgungsstrukturen (Low Distance).

#### Die notwendigen Anstrengungen bei der Energieeffizienz

Nochmals ist zu erinnern, dass alle dargestellten 2020-Szenarien eine fundamentale Restrukturierung des österreichischen Energiesystems erfordern.

Eine aus den Bewertungskriterien argumentierte Präferenz für das Basis-Szenario und das Effizienz-Szenario bedeutet nicht, dass diese Strukturen leicht erreichbar sind.

Gegenüber dem Referenz-Szenario erfordert das Basis-Szenario eine Reduktion des Endenergieverbrauchs um bis zu 200 PJ, das sind 13 %, verbunden mit einer Reduktion bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen um 18 % gegenüber 2005.

Beim Effizienz-Szenario erreicht die erforderliche Verbrauchsreduktion bis zu 300 PJ, das sind 22 %, und der Reduktionsbedarf bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen steigt auf 25 %. In einem Anpassungspfad über zehn Jahre würde dies bedeuten, dass jedes Jahr zusätzliche Energiemengen einzusparen wären, die fast dem gesamten derzeitigen Verbrauch des Bundeslandes Burgenland entsprechen.

#### Die notwendigen Anstrengungen bei den Erneuerbaren

Sowohl die im Basis-Szenario als auch die im Effizienz-Szenario unterstellte Ausweitung des Volumens an Erneuerbaren von 140 PJ bzw. 100 PJ gegenüber 2005 stellt weiterhin eine große Herausforderung dar, auch wenn bis 2007 schon zusätzliche 40 PJ verbucht werden können.

Basierend auf Potential- und Technologieabschätzungen als Benchmark für Diskussionen über die Ausweitung der Erneuerbaren folgende Aufteilungen von zusätzlichen 100 PJ auf die einzelnen Arten von erneuerbarer Energie, ausgehend von den realisierten Werten für 2007:

	Petajoule	
	2007	2020
<b>Erneuerbare</b>	<b>359</b>	<b>459</b>
<i>Brennbare Abfälle</i>	30	35
<i>Brennholz</i>	64	74
<i>Biogene</i>	118	148
<i>Umgebungswärme etc.</i>	9	29
<i>Wasserkraft</i>	130	150
<i>Wind und Photovoltaik</i>	7	22

#### Die Restrukturierung des Energiesystems erfordert Glaubwürdigkeit und Verbindlichkeit

Viele auch für Österreich verfügbare Analysen zeigen, dass mit einem technologischen Wandel zu hocheffizienten Energiestrukturen viele positive Nebeneffekte verbunden sind, die von Beschäftigungseffekten über verstärkte Kaufkraft bis zu besserer internationaler Wettbewerbsfähigkeit reichen.

Eine Energiestrategie könnte somit vor allem die Aufgabe, einer solchen Orientierung zu technologischer Innovation die Glaubwürdigkeit und Verbindlichkeit unterstützen.

## 1.4 Die Schlüsselbereiche für die Restrukturierung

Um die Möglichkeiten einer fundamentalen Restrukturierung des österreichischen Energiesystems bis 2020 auszuloten, werden nachfolgend die Schlüsselbereiche für innovative Technologieimpulse angesprochen.

### 1.4.1 Den Energie-Dienstleistungen nicht entsprechende Energieträger

Es empfiehlt sich ein Blick auf die Struktur des energetischen Endverbrauchs, sowohl hinsichtlich des Bedarfs an Nutzenergiearten als auch der dafür eingesetzten Energieträger.

#### Nicht genutzte Arbeitsfähigkeit

Ein Vergleich der Tabellen 1.2 und 1.3 zeigt, dass dem hohen Bedarf an Raumwärme nicht angebotsseitig ein entsprechendes Volumen an Niedertemperaturwärme gegenüber steht.

Raumwärme wird vielmehr zu über 80 % aus Energieträgern mit hoher Exergie gewonnen, ohne deren Arbeitsfähigkeit zu nutzen.

#### Nicht genutzte Wärme

Diese beiden Tabellen enthüllen auch die hohe Menge an Ölprodukten, die in den Bereich der mobilen Antriebe mit Verbrennungsmotoren geht. Mehr als Dreiviertel dieser Energiemengen bleibt unverwendet in nicht genutzter Abwärme.

### 1.4.2 Weichenstellungen für Technologieentscheidungen

Der aus den 2020-Szenarien absehbare hohe Reduktionsbedarf beim gesamten Energievolumen und die Verschiebung von fossiler zu erneuerbarer Energie wird nicht ohne jene Technologiestrategien möglich sein, von denen eine Vervielfachung der Energieproduktivität zu erwarten ist. Einige Schlüsselbereiche dazu werden zur Diskussion gestellt.

#### Gebäude

Gebäude erbringen vor allem thermische Dienstleistungen. Zusammen mit den sonstigen Aufgaben werden in Gebäuden rund 40 % der gesamten Energie aufgewendet.

Langfristig ist von den Gebäuden zu erwarten, dass sie nicht nur autonom bezüglich ihres Energiebedarfs werden, sondern sogar Überschussenergie verfügbar machen können.

Die naheliegenden nächsten Schritte sind energetische Standards bei Neubauten mit Passivhausqualität und Niedrigenergie-Kennzahlen nach einer Gebäudesanierung.

Aufgrund des hohen Anteils an abgewohnten Nachkriegsbauten verdient die Sanierung dieses Gebäudebestandes besondere Aufmerksamkeit.

<b>Mobilität</b>	<p>Die Dienstleistungen für Mobilität erfordern eine grundlegende Neuorientierung, die von der Vermeidung redundanter Mobilität oder erzwungener Mobilität bis zu neuen Mobilitätskonzepten auf der Basis von flexibel kaufbaren Mobilitätsdiensten reicht.</p> <p>Die nächsten Schritte betreffen die bessere Integration von privatem und öffentlichem Verkehr.</p> <p>Erzwungene Mobilität ist meist das Resultat von nicht ausreichender Raumplanung und nicht mobilitätsorientierter Standortwahl.</p> <p>Als Zukunftstechnologie werden attraktive neue Konzepte für Elektromobilität sichtbar, deren Chancen gerade angesichts der Exponiertheit des österreichischen Automotive Sektors Beachtung verdienen.</p> <p>Ein wesentliches Element dieser neuen Elektromobilität ist die Nutzung der Batterien der Fahrzeuge im Plug-In-Betrieb, wenn die Fahrzeuge parken. Damit könnten neue Speicheroptionen verfügbar werden, die eine bessere Netzintegration von Erneuerbaren ermöglichen würde.</p>
<b>Produktion</b>	<p>Die Herausforderungen bei der Sachgüterproduktion liegen einerseits bei der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der energieintensiven Industrien und andererseits in der Nutzung der Potentiale zur Restrukturierung der Energiesysteme.</p> <p>Ein besonderes Potential liegt bei allen Bereichen der Sachgüterproduktion dort, wo ein hoher Wärmebedarf besteht. Diese Standorte sind prädestiniert für hocheffiziente industrielle Cogeneration, wofür die institutionellen Voraussetzungen zu schaffen wären.</p>
<b>Energiebereitstellung</b>	<p>Im Bereich der Energiebereitstellung sind Technologieentscheidungen zu treffen hinsichtlich der Expansion der Erneuerbaren, den damit verbundenen neuen Anforderungen an die Netze und die Möglichkeiten zur Verbesserung der Effizienz der Transformationstechnologien sowohl hinsichtlich der mengenmäßigen Effizienz als auch hinsichtlich der exergetischen Effizienz.</p> <p>Grundsätzlich gilt, bei thermischen Transformationen auch auf kleineren Skalen immer stärker die Möglichkeiten der Cogeneration zu nutzen. Dies impliziert die Empfehlung, diese Anlagen nach dem Wärmebedarf sowohl bezüglich Standort als auch Dimensionierung auszurichten.</p> <p>Einen Technologieschwerpunkt könnte die Nutzung von biogener Energie über Vergasungstechnologien werden, da damit ein Energieträger verfügbar wird, der sehr flexibel einsetzbar ist.</p>

Abbildung 1.2: Energetischer Endverbrauch nach Energieträgern

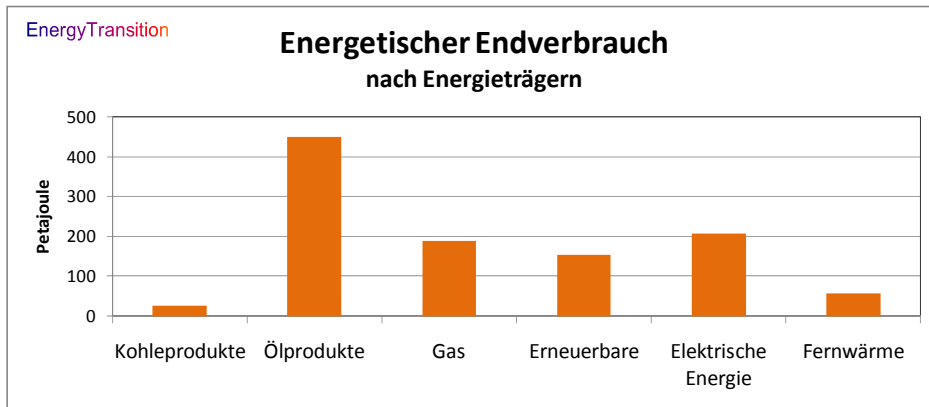


Abbildung 1.3: Energetischer Endverbrauch nach Nutzenergiearten

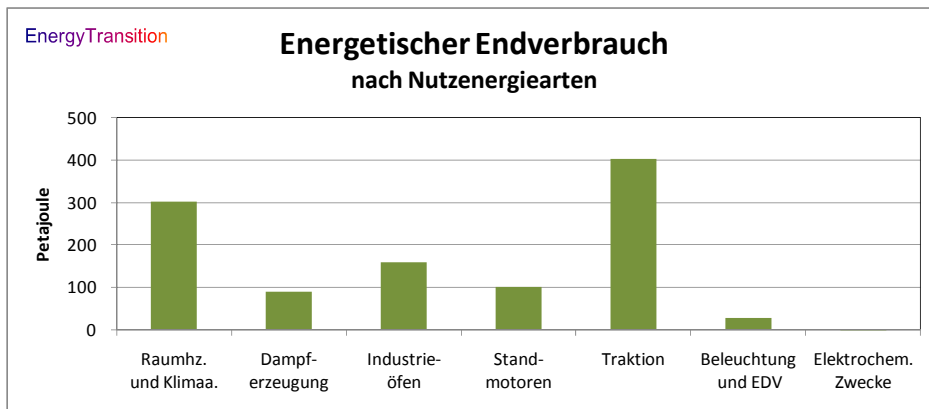


Abbildung 1.4: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren

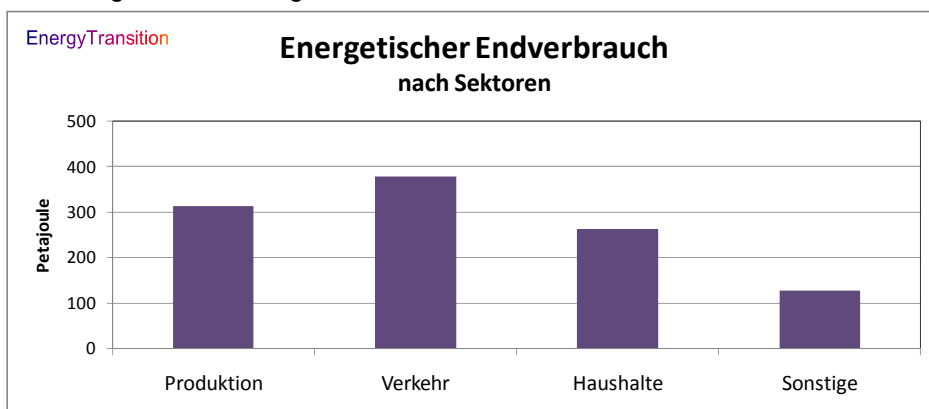


Tabelle 1.2: Energetischer Endverbrauch nach Nutzenergie und Energieträgern  
(in TJ)

2007	Gesamt	Raumh. und Klimaa.	Dampf- erzeugung	Industrie- öfen	Stand- motoren	Traktion	Beleuchtung und EDV	Elektrochem. Zwecke
<b>Energetischer Endverbrauch</b>	<b>1,082,621</b>	<b>302,112</b>	<b>89,077</b>	<b>159,044</b>	<b>101,895</b>	<b>402,658</b>	<b>27,551</b>	<b>284</b>
Kohle	26,906	4,929	3,409	18,559	0	9	0	0
Öl	455,054	67,398	3,477	8,040	2,588	373,551	0	0
Gas	182,072	70,583	44,531	58,409	445	8,105	0	0
Erneuerbare	152,931	80,022	37,142	26,224	13	9,529	0	0
Elektrische Energie	207,382	28,387	371	40,476	98,849	11,464	27,551	284
Fernwärme	58,277	50,793	148	7,336	0	0	0	0

Die in Tabelle 1.2 angeführten Werte beziehen sich auf die Nutzenergieanalyse der Statistik Austria. Diese weist bei den Energieträgern Kohleprodukte und Ölprodukte Abweichungen zur Energiebilanz auf.



## 2 Mit den 2020-Zielen der EU kompatible Energiestrukturen

### 2.1 Das Design der Szenarien

#### Die Szenarien

Um ein besseres Verständnis für jene Strukturen des österreichischen Energiesystems zu bekommen, die mit den von der EU festgelegten Zielen für 2020 kompatibel sind, stellen wir eine Reihe von Szenarien vor.

- Das Referenz-Szenario schreibt die aktuellen Trends unter Annahme eines mittelfristigen Wirtschaftswachstums von 2 % pro Jahr bis 2020 fort.
- Das Basis-Szenario implementiert die vereinbarten Emissionsreduktionen bis 2020 (gegenüber 2005) für den ETS-Sektor (minus 21 %) und den Nicht-ETS-Sektor (minus 16 %) und trifft die Annahme einer Verfügbarkeit von 460 PJ Erneuerbare in 2020. Daraus folgt ein Endverbrauch von rund 1200 PJ.
- Das Effizienz-Szenario unterstellt aufgrund zusätzlicher Verbesserungen in der Energieeffizienz sowohl für den ETS- als auch für den Nicht-ETS-Sektor eine Emissionsreduktion von minus 25 % und ein Volumen von 420 PJ an Erneuerbaren. Der Endverbrauch sinkt damit auf rund 1100 PJ.
- Das Erneuerbare-Szenario geht aus von den Annahmen des Basis-Szenarios, erhöht aber das Volumen der Erneuerbaren auf 500 PJ.  
In der Variante A bleibt die Menge an Fossilen durch die EU-Ziele für die zulässigen CO<sub>2</sub>-Emissionen bestimmt. Damit ergibt sich ein Endverbrauch von rund 1.240 PJ und ein Anteil von Erneuerbaren am (Brutto-)Endverbrauch von rund 36 %.  
In der Variante B substituieren die zusätzlichen Mengen an Erneuerbaren Fossile, Diese Situation ist kompatibel mit einer Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Nicht-ETS-Sektor um minus 22 %. Der Endverbrauch bleibt dann auf rund 1.200 PJ und der Anteil der Erneuerbaren am (Brutto-)Endverbrauch steigt auf rund 37 %.

#### Die wichtigsten Annahmen

Alle Szenarien beruhen auf Annahmen über

- die Beschränkungen bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen sowohl für den ETS- als auch für den Nicht-ETS-Sektor,
- die Verfügbarkeit von Erneuerbaren,
- die Veränderungen bei der CO<sub>2</sub>-Intensität des fossilen Energieträgermix,
- die Reduktion von Verlusten beim Übergang vom Brutto-Inlandsverbrauch zum Endenergieverbrauch bedingt durch Transformation und Verteilungsverluste, sowie
- die Höhe der Netto-Importe von Elektrizität.

Einheitlich wurde in allen Szenarien unterstellt, dass die CO<sub>2</sub>-Intensität bei

70 kg CO<sub>2</sub> pro GJ fossiler Energie liegt, was einen Shift zu weniger CO<sub>2</sub>-intensiver Fossilen reflektiert.

Einheitlich wurde auch in allen Szenarien eine Reduktion der Transformations- und Verteilungsverluste auf 14,2 % vom Brutto-Inlandsverbrauch unterstellt. Dieser Wert ist beispielsweise durch mehr und effizientere Co-generation-Technologien sowie verbesserte Netzstrukturen erreichbar.

## 2.2 Das Basis-Szenario

### Die Annahmen des Basis-Szenarios

Im Basis-Szenario ergibt sich eine Beschränkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und damit auch der Menge an verfügbarer fossiler Energie durch folgende Annahmen:

- Der ETS-Sektor reduziert bis 2020 seine CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber 2005 um 21 %,
- der Nicht-ETS-Sektor analog um 16 % und
- die CO<sub>2</sub>-Intensität (CO<sub>2</sub>-Emissionen je fossiler Einheit Brutto-Energie) sinkt auf 70 kg pro GJ.

Das Volumen an fossiler Energie für den Brutto-Inlandsverbrauch ist damit auf 924 PJ beschränkt.

Tabelle B.1: Basis-Szenario  
Emissionsbeschränkungen

	Millionen Tonnen CO <sub>2</sub> e				
	2005	2006	2007	2020 Referenz	2020 Basis
CO <sub>2</sub> insgesamt	79,0	77,6	74,2		64,7
CO <sub>2</sub> ETS-Sektor (-21 %)	33,4	32,4	31,6		26,4
CO <sub>2</sub> Non-ETS-Sektor (-16 %)	45,6	45,2	42,6		38,3
CO <sub>2</sub> Intensität von Fossilen	70,6	70,9	71,4		70,0

Tabelle B.2: Basis-Szenario  
Ziel für Erneuerbare

	Petajoule				
	2005	2006	2007	2020 Referenz	2020 Basis
Brutto-Endverbrauch	1.255	1.278	1.236	1.421	1.232
Endverbrauch Erneuerbare	289	313	327	416	419
Anteil Erneuerbare im Br.-Endverbrauch (%)	23,1	24,5	26,4	29,3	34,0

Tabelle B.3: Basis-Szenario  
Brutto-Inlandsverbrauch

	Petajoule				
	2005	2006	2007	2020 Referenz	2020 Basis
<b>Endverbrauch</b>	<b>1.223</b>	<b>1.245</b>	<b>1.205</b>	<b>1.385</b>	<b>1202</b>
Verluste	223	219	216	258	199
Anteil Verluste / Br.-Inlandsverbrauch (%)	15,4	14,9	15,2	15,7	14,2
<b>Brutto-Inlandsverbrauch</b>	<b>1.446</b>	<b>1.464</b>	<b>1.421</b>	<b>1.643</b>	<b>1401</b>
<b>Fossile</b>	<b>1.119</b>	<b>1.095</b>	<b>1.038</b>	<b>1.160</b>	<b>924</b>
Kohle	169	171	163	184	
Öl	604	608	580	639	
Gas	346	315	295	337	
<b>Erneuerbare</b>	<b>318</b>	<b>344</b>	<b>359</b>	<b>458</b>	<b>460</b>
Brennbare Abfälle	20	29	30	39	
Brennholz	73	70	64	77	
Biogene	83	106	118	165	
Umgebungswärme etc.	8	8	9	17	
Wasserkraft	129	126	130	146	
Wind und Photovoltaik	5	6	7	15	
<b>Elektrische Energie (Netto-Import)</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>16</b>

Tabelle B.4: Basis-Szenario  
Endverbrauch

	Petajoule				
	2005	2006	2007	2020 Referenz	2020 Basis
<b>Endverbrauch</b>	<b>1.223</b>	<b>1.245</b>	<b>1.205</b>	<b>1.385</b>	<b>1202</b>
<b>Nichtenergetischer Verbrauch</b>	<b>117</b>	<b>127</b>	<b>122</b>	<b>139</b>	<b>120</b>
<b>Energetischer Endverbrauch</b>	<b>1.106</b>	<b>1.118</b>	<b>1.083</b>	<b>1.246</b>	<b>1082</b>
Nach Sektoren					
<i>Produktion</i>	283	310	314	370	
<i>Verkehr</i>	385	372	379	480	
<i>Haushalte</i>	302	291	263	266	
<i>Sonstige</i>	136	145	127	131	
Nach Energieträgern					
<i>Kohleprodukte</i>	25	27	26	27	
<i>Ölprodukte</i>	489	481	456	509	
<i>Gas</i>	197	190	182	193	
<i>Erneuerbare</i>	136	151	153	208	
<i>Wärme</i>	56	61	58	70	
<i>Elektrizität</i>	203	208	207	239	
Nach Nutzenergiearten					
<i>Raumheizung und Klima</i>	337	341	302		
<i>Dampferzeugung</i>	82	88	89		
<i>Industrieöfen</i>	156	162	159		
<i>Standmotoren</i>	108	116	102		
<i>Traktion</i>	395	383	403		
<i>Beleuchtung und EDV</i>	28	28	28		
<i>Elektrochemische Zwecke</i>	0	0	0		

## 2.3 Das Effizienz-Szenario

### Die Annahmen des Effizienz-Szenarios

Im Effizienz-Szenario wird gegenüber dem Referenzszenario eine höhere Effizienz in allen Stufen des Energiesystems unterstellt.

Folgende Annahmen wurden bezüglich fossiler Energie getroffen:

- Sowohl der ETS-Sektor als auch der Nicht-ETS-Sektor reduzieren bis 2020 die CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber 2005 um 25 % und
- die CO<sub>2</sub>-Intensität des fossilen Energiemix sinkt auf 70 kg pro GJ.

Die Menge an fossiler Energie für den Brutto-Inlandsverbrauch ist daher mit 847 PJ limitiert.

Tabelle E.1: Effizienz-Szenario  
Emissionsbeschränkungen

	Millionen Tonnen CO <sub>2</sub> e				
	2005	2006	2007	2020 Referenz	2020 EU 2020
CO <sub>2</sub> insgesamt	79,0	77,6	74,2		59,3
CO <sub>2</sub> ETS-Sektor (-25 %)	33,4	32,4	31,6		25,1
CO <sub>2</sub> Non-ETS-Sektor (-25 %)	45,6	45,2	42,6		34,2
CO <sub>2</sub> Intensität von Fossilen	70,6	70,9	71,4		70,0

Tabelle E.2: Effizienz -Szenario  
Ziel für Erneuerbare

	Petajoule				
	2005	2006	2007	2020 Referenz	2020 EU 2020
Brutto-Endverbrauch					1.125
Endverbrauch Erneuerbare					382
Anteil Erneuerbare im Br.-Endverbrauch					34,0

Tabelle E.3: Effizienz-Szenario  
Brutto-Inlandsverbrauch

	Petajoule				
	2005	2006	2007	2020 Referenz	2020 Effizienz
<b>Endverbrauch</b>	<b>1.223</b>	<b>1.245</b>	<b>1.205</b>	<b>1.385</b>	<b>1097</b>
Verluste	223	219	216	258	182
Anteil Verluste / Br.-Inlandsverbrauch (%)	15,4	14,9	15,2	15,7	14,2
<b>Brutto-Inlandsverbrauch</b>	<b>1.446</b>	<b>1.464</b>	<b>1.421</b>	<b>1.643</b>	<b>1279</b>
<b>Fossile</b>	<b>1.119</b>	<b>1.095</b>	<b>1.038</b>	<b>1.160</b>	<b>847</b>
Kohle	169	171	163	184	
Öl	604	608	580	639	
Gas	346	315	295	337	
<b>Erneuerbare</b>	<b>318</b>	<b>344</b>	<b>359</b>	<b>458</b>	<b>420</b>
Brennbare Abfälle	20	29	30	39	
Brennholz	73	70	64	77	
Biogene	83	106	118	165	
Umgebungswärme etc.	8	8	9	17	
Wasserkraft	129	126	130	146	
Wind und Photovoltaik	5	6	7	15	
<b>Elektrische Energie (Netto-Import)</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>12</b>

Tabelle E.3: Effizienz-Szenario  
Endverbrauch

	Petajoule				
	2005	2006	2007	2020 Referenz	2020 Effizienz
<b>Endverbrauch</b>	<b>1.223</b>	<b>1.245</b>	<b>1.205</b>	<b>1.385</b>	<b>1097</b>
<b>Nichtenergetischer Verbrauch</b>	<b>117</b>	<b>127</b>	<b>122</b>	<b>139</b>	<b>110</b>
<b>Energetischer Endverbrauch</b>	<b>1.106</b>	<b>1.118</b>	<b>1.083</b>	<b>1.246</b>	<b>987</b>
Nach Sektoren					
<i>Produktion</i>	283	310	314	370	
<i>Verkehr</i>	385	372	379	480	
<i>Haushalte</i>	302	291	263	266	
<i>Sonstige</i>	136	145	127	131	
Nach Energieträgern					
<i>Kohleprodukte</i>	25	27	26	27	
<i>Ölprodukte</i>	489	481	456	509	
<i>Gas</i>	197	190	182	193	
<i>Erneuerbare</i>	136	151	153	208	
<i>Wärme</i>	56	61	58	70	
<i>Elektrizität</i>	203	208	207	239	
Nach Nutzenergiearten					
<i>Raumheizung und Klima</i>	337	341	302		
<i>Dampferzeugung</i>	82	88	89		
<i>Industrieöfen</i>	156	162	159		
<i>Standmotoren</i>	108	116	102		
<i>Traktion</i>	395	383	403		
<i>Beleuchtung und EDV</i>	28	28	28		
<i>Elektrochemische Zwecke</i>	0	0	0		

## 2.4 Das Erneuerbare-Szenario

Im Erneuerbare-Szenario wird von einer identischen CO<sub>2</sub>-Beschränkung ausgegangen wie im Standard-Szenario. Das Volumen an Erneuerbaren wird jedoch auf 500 PJ erhöht.

Der Realisierbarkeit dieses Szenarios stehen allerdings Grenzen bei der grundsätzlichen Verfügbarkeit von Erneuerbaren entgegen und deren Integrierbarkeit in die Bereitstellung der benötigten Energie-Dienstleistungen.

Abhängig von der Wirkung der zusätzlichen Mengen von Erneuerbaren werden zwei Varianten unterschieden.

### Die Annahmen des Erneuerbare-Szenarios Variante A

In der Variante A bleibt das Emissionsziel für CO<sub>2</sub> und das damit verbundene Volumen an Fossilen weiterhin bindend. Somit bewirkt die Ausweitung der Erneuerbaren einen Anstieg des Endenergieverbrauchs auf rund 1.240 PJ und einen Anteil der Erneuerbaren von rund 36 %.

Tabelle R-A.1: Erneuerbare-Szenario  
Emissionsbeschränkungen

	Millionen Tonnen CO <sub>2</sub> e				
	2005	2006	2007	2020 Referenz	2020 Renew-A
CO <sub>2</sub> insgesamt	79,0	77,6	74,2	86,0	64,7
CO <sub>2</sub> ETS-Sektor (-21 %)	33,4	32,4	31,6		26,4
CO <sub>2</sub> Non-ETS-Sektor (-16 %)	45,6	45,2	42,6		38,3
CO <sub>2</sub> Intensität von Fossilen	70,6	70,9	71,4	74,2	70,0

Tabelle R-A.2: Erneuerbare-Szenario  
Ziel für Erneuerbare

	Petajoule				
	2005	2006	2007	2020 Referenz	2020 Renew-A
Brutto-Endverbrauch					1.267
Endverbrauch Erneuerbare					455
Anteil Erneuerbare im Br.-Endverbrauch					35,9

Tabelle R-A.2: Erneuerbare-Szenario  
Brutto-Inlandsverbrauch

	Petajoule				
	2005	2006	2007	2020 Referenz	2020 Renew-A
<b>Endverbrauch</b>	<b>1.223</b>	<b>1.245</b>	<b>1.205</b>	<b>1.385</b>	<b>1236</b>
Verluste	223	219	216	258	205
Anteil Verluste / Br.-Inlandsverbrauch (%)	15,4	14,9	15,2	15,7	14,2
<b>Brutto-Inlandsverbrauch</b>	<b>1.446</b>	<b>1.464</b>	<b>1.421</b>	<b>1.643</b>	<b>1440</b>
<b>Fossile</b>	<b>1.119</b>	<b>1.095</b>	<b>1.038</b>	<b>1.160</b>	<b>924</b>
Kohle	169	171	163	184	
Öl	604	608	580	639	
Gas	346	315	295	337	
<b>Erneuerbare</b>	<b>318</b>	<b>344</b>	<b>359</b>	<b>458</b>	<b>500</b>
Brennbare Abfälle	20	29	30	39	
Brennholz	73	70	64	77	
Biogene	83	106	118	165	
Umgebungswärme etc.	8	8	9	17	
Wasserkraft	129	126	130	146	
Wind und Photovoltaik	5	6	7	15	
<b>Elektrische Energie (Netto-Import)</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>16</b>

Tabelle R-A.4: Erneuerbare-Szenario  
Endverbrauch

	Petajoule				
	2005	2006	2007	2020 Referenz	2020 Renew-A
<b>Endverbrauch</b>	<b>1.223</b>	<b>1.245</b>	<b>1.205</b>	<b>1.385</b>	<b>1.236</b>
Nichtenergetischer Verbrauch	117	127	122	139	124
<b>Energetischer Endverbrauch</b>	<b>1.106</b>	<b>1.118</b>	<b>1.083</b>	<b>1.246</b>	<b>1.112</b>
Nach Sektoren					
<i>Produktion</i>	283	310	314	370	
<i>Verkehr</i>	385	372	379	480	
<i>Haushalte</i>	302	291	263	266	
<i>Sonstige</i>	136	145	127	131	
Nach Energieträgern					
<i>Kohleprodukte</i>	25	27	26	27	
<i>Ölprodukte</i>	489	481	456	509	
<i>Gas</i>	197	190	182	193	
<i>Erneuerbare</i>	136	151	153	208	
<i>Wärme</i>	56	61	58	70	
<i>Elektrizität</i>	203	208	207	239	
Nach Nutzenergiearten					
<i>Raumheizung und Klima</i>	337	341	302		
<i>Dampferzeugung</i>	82	88	89		
<i>Industrieöfen</i>	156	162	159		
<i>Standmotoren</i>	108	116	102		
<i>Traktion</i>	395	383	403		
<i>Beleuchtung und EDV</i>	28	28	28		
<i>Elektrochemische Zwecke</i>	0	0	0		

**Die Annahmen des Erneuerbare-Szenarios Variante B**

In der Variante B substituiert die zusätzliche Menge an Erneuerbaren fossile Energie. Damit kompatibel wäre eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Nicht-ETS-Sektor um 22 %. Der Anteil der Erneuerbaren an der (Brutto-)Endenergie würde 37 % erreichen.

**Tabelle R-B.1: Erneuerbare-Szenario Emissionsbeschränkungen**

	Millionen Tonnen CO <sub>2</sub> e				
	2005	2006	2007	2020 Referenz	2020 Renew-B
CO <sub>2</sub> insgesamt	79,0	77,6	74,2		62,0
CO <sub>2</sub> ETS-Sektor (-21 %)	33,4	32,4	31,6		26,4
CO <sub>2</sub> Non-ETS-Sektor (-22 %)	45,6	45,2	42,6		35,6
CO <sub>2</sub> Intensität von Fossilen	70,6	70,9	71,4		70,0

**Tabelle R-B.2: Erneuerbare-Szenario Ziel für Erneuerbare**

	Petajoule				
	2005	2006	2007	2020 Referenz	2020 Renew-B
Brutto-Endverbrauch					1.233
Endverbrauch Erneuerbare					455
Anteil Erneuerbare im Br.-Endverbrauch					36,9



Tabelle R-B.3: Erneuerbare-Szenario  
Brutto-Inlandsverbrauch

	Petajoule				
	2005	2006	2007	2020 Referenz	2020 Renew-B
<b>Endverbrauch</b>	<b>1.223</b>	<b>1.245</b>	<b>1.205</b>	<b>1.385</b>	<b>1202</b>
Verluste	223	219	216	258	199
Anteil Verluste / Br.-Inlandsverbrauch (%)	15,4	14,9	15,2	15,7	14,2
<b>Brutto-Inlandsverbrauch</b>	<b>1.446</b>	<b>1.464</b>	<b>1.421</b>	<b>1.643</b>	<b>1401</b>
<b>Fossile</b>	<b>1.119</b>	<b>1.095</b>	<b>1.038</b>	<b>1.160</b>	<b>885</b>
Kohle	169	171	163	184	
Öl	604	608	580	639	
Gas	346	315	295	337	
<b>Erneuerbare</b>	<b>318</b>	<b>344</b>	<b>359</b>	<b>458</b>	<b>500</b>
Brennbare Abfälle	20	29	30	39	
Brennholz	73	70	64	77	
Biogene	83	106	118	165	
Umgebungswärme etc.	8	8	9	17	
Wasserkraft	129	126	130	146	
Wind und Photovoltaik	5	6	7	15	
<b>Elektrische Energie (Netto-Import)</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>16</b>

Tabelle R-B.4: Erneuerbare-Szenario  
Endverbrauch

	Petajoule				
	2005	2006	2007	2020 Referenz	2020 Renew-B
<b>Endverbrauch</b>	<b>1.223</b>	<b>1.245</b>	<b>1.205</b>	<b>1.385</b>	<b>1202</b>
Nichtenergetischer Verbrauch	117	127	122	139	120
<b>Energetischer Endverbrauch</b>	<b>1.106</b>	<b>1.118</b>	<b>1.083</b>	<b>1.246</b>	<b>1082</b>
Nach Sektoren					
<i>Produktion</i>	283	310	314	370	
<i>Verkehr</i>	385	372	379	480	
<i>Haushalte</i>	302	291	263	266	
<i>Sonstige</i>	136	145	127	131	
Nach Energieträgern					
<i>Kohleprodukte</i>	25	27	26	27	
<i>Ölprodukte</i>	489	481	456	509	
<i>Gas</i>	197	190	182	193	
<i>Erneuerbare</i>	136	151	153	208	
<i>Wärme</i>	56	61	58	70	
<i>Elektrizität</i>	203	208	207	239	
Nach Nutzenergiearten					
<i>Raumheizung und Klima</i>	337	341	302		
<i>Dampferzeugung</i>	82	88	89		
<i>Industrieöfen</i>	156	162	159		
<i>Standmotoren</i>	108	116	102		
<i>Traktion</i>	395	383	403		
<i>Beleuchtung und EDV</i>	28	28	28		
<i>Elektrochemische Zwecke</i>	0	0	0		

### 3 Die langfristige Perspektive: Die Transformation zu einer Post-Carbon Society

#### 3.1 Das Ende veralteter Entwicklungsmuster

##### Klimawandel und Finanz- krise

Die letzten fünfzig Jahre ökonomischer Entwicklung haben in Europa und in Österreich zweifellos die Lebensbedingungen verbessert. Gleichzeitig zeigen sich nachteilige ökologische Auswirkungen auf mehreren Ebenen, die mit dieser ökonomischen Prosperitätsphase einhergehen. Zu diesen negativen Umweltauswirkungen zählen Luftverschmutzung, Verlust an Biodiversität und Klimawandel.

Die derzeitigen Entwicklungsmuster sind daher eindeutig nicht nachhaltig. Ein grundsätzlicher Paradigmenwechsel ist notwendig um eine Veränderung hin zu einem nachhaltigeren Entwicklungspfad zu erzielen. Dies findet sich auch in der Initiative des UN Generalsekretärs in Richtung eines "Global New Green Deal"<sup>2</sup>.

Die gegenwärtige Finanzkrise, der ökonomische Abschwung sowie Preisvolatilitäten verschärfen die Situation. Je länger die ökonomische Krise dauert, desto wahrscheinlicher sind negative Auswirkungen auf sozial benachteiligte Gruppen, die auch in der Vergangenheit weniger von der ökonomischen Prosperität profitieren konnten.

##### Ein veraltetes Energiesys- tem

Preisvolatilitäten und das Ausbleiben langfristiger Investitionen spiegeln sich in einem veraltetem Energiesystem und veralteter Infrastruktur, die letztlich ein Risiko für die Energiesicherheit bedeuten und zudem mit weiterhin wachsenden THG-Emissionen verbunden sind.

D.h., es gibt einen eindeutigen Bedarf einen neuen Entwicklungspfad einzuschlagen in Richtung nachhaltigerer Strukturen und einem leistbaren Zugang zu Energiedienstleistungen. Eine Reihe von Politikmaßnahmen, die auf einen nachhaltigeren Entwicklungspfad und auf Energiedienstleistungen ausgerichtet sind, weisen auch mehrfachen Nutzen für andere Entwicklungsziele auf: Reduktion der Luftverschmutzung und ihren negativen Auswirkungen auf die Gesundheit bis zur Reduktion von THG-Emissionen.

#### 3.2 Die Chance für neue Strukturen

##### Die Krise des „Alten“ ist die Chance des „Neuen“

Pfadabhängigkeit und die gegenwärtige ökonomische Krise werden von manchen als Hemmnis für eine solche Transformation gesehen.

Gleichzeitig stellt die Krise des "Alten" eine Chance für das Entstehen von

<sup>2</sup> Barbier, E.B., 2009: A Global Green New Deal, University of Wyoming, [http://www.unep.org/greeneconomy/docs/GGND\\_Executive\\_Summary.pdf](http://www.unep.org/greeneconomy/docs/GGND_Executive_Summary.pdf)

„Neuem“ dar. Diese Chance sollte genutzt werden, auch im Sinne eines Paradigmenwechsels wie von Joseph Schumpeter unter dem Begriff „konstruktive Zerstörung“ angesprochen<sup>3</sup>. In dem Maße wie „alte“ techno-ökonomische und institutionelle Entwicklungspfade an Grenzen stoßen, eröffnen sich Chancen für fundamental neue Entwicklungspfade und ihre Diffusion.

Die Entkarbonisierung der globalen Ökonomie hin zu einer kohlenstoff-freien Energiezukunft ist ein Beispiel für eine derartige Transformation und einen derartigen Paradigmenwechsel. Die Bedrohungen durch den globalen Klimawandel erfordert dies.

### 3.3 Dekarbonisierung in einem hocheffizientem Energiesystem

#### Dekarbonisierung als langfristiges Ziel

Klimaschutz und Dekarbonisierung des Energiesystems wird gegenwärtig durch die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern verhindert. Gegenwärtig stammen 80 Prozent der EU-25 und fast 60 der österreichischen Energie von fossilen Energiequellen. Dies sollte in eine Richtung verändert werden, sodass in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts 80 Prozent der Energie kohlenstoff-frei oder kohlenstoff-neutral bereitgestellt werden kann<sup>4</sup>.

Die alten Energiesysteme müssen durch innovative, hoch effiziente und klimafreundliche Alternativen ersetzt werden. Um das zu erreichen, ist Forschung und Entwicklung notwendig um die erforderlichen wissenschaftlichen Grundlagen für den Paradigmenwechsel und die Systemtransformation zu schaffen. Darüber hinaus ist Wissenschaft und Forschung notwendig um ein besseres Verständnis über die Komplexität der Prozesse und Interaktionen innerhalb des Klimasystems zu erhalten. D.h., das wichtige Ziel ist es fundamentale Innovationen zu schaffen, um einen Strukturwandel in der Gesellschaft, der Ökonomie, den institutionellen Strukturen, Lebensstilen und Konsummustern zu ermöglichen. Es ist notwendig die Basis für die Verbreitung und Anwendung neuer Systeme und Dienstleistungen, die zu einer vollständigen Dekarbonisierung führen, zu ermöglichen.

#### Dekarbonisierung als Entwicklungschance

D.h. Forschung und Entwicklung und Innovationen, die zu einer Diffusion neuer und fortgeschrittener Technologien und Anwendungen führen, sind mögliche langfristige Lösungen für die doppelte Herausforderung einerseits bislang benachteiligten Gruppen Entwicklungschancen zu eröffnen und andererseits den Wohlstand entwickelter Gesellschaften zu erhalten. Dies muss ohne irreversible Veränderungen in ökologischen, biophysikalischen und biochemischen Systemen erfolgen.

<sup>3</sup> Schumpeter, J.A., 1942: Capitalism, Socialism and Democracy, Harper & Brothers, New York, NY, USA. The notion that gales of creative destruction lead to the emergence of the new is particularly challenging in the context of rescue and stimulus strategies to counter the economic slowdown because the majority focuses on supporting the old with the inherent risk of postponing the structural change toward the new thus deepening the crisis.

<sup>4</sup> Nakicenovic, N., and Riahi, K. (eds), 2007: Integrated assessment of uncertainties in greenhouse gas emissions and their mitigation, Technological Forecasting and Social Change, Special Issue, 74(7), September 2007.

Im Energiebereich bedeutet dies für jene, die bislang einen erschwerten Zugang zu Energie hatten, eine Verlagerung von traditionellen Energieressourcen zu sauberer fossiler Energie und modernen erneuerbaren Energieträgern. Für die entwickelten Länder heißt dies eine Verlagerung von fossilen Energieträgern hin zu kohlenstoff-freien oder kohlenstoff-neutralen Energiedienstleistungen. In jedem Fall setzt dies eine kräftige Verbesserung der Energieeffizienz auf allen Ebenen des Energiesystems - von der Energiebereitstellung bis zur Endenergie -, eine Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energie, mehr Erdgas und weniger Kohle, den Einsatz von CCS und gegebenenfalls den Einsatz von Atomkraft voraus.

### 3.4 Technologische Optionen für nachhaltige Energiesysteme

#### Energiedienstleistungen mit geringerer Energieintensität

Eine Vielfalt an Optionen ist für nachhaltigere Energiesysteme und einen gerechteren Zugang zu Energiedienstleistungen notwendig. Effizienzverbesserungen sind eine essentielle Vorbedingung für einen Entwicklungspfad, der auf eine Dekarbonisierung der globalen Wirtschaft ausgerichtet ist. Bis zu 50 Prozent aller Maßnahmen mit dem Ziel einer Emissionsminderung und Reduzierung der Energieintensität, auf die in vielen Studien verwiesen wird, bezieht sich auf Effizienzmaßnahmen, da diese geringe Kosten haben und rasch umgesetzt werden können<sup>5</sup>.

#### Carbon Capture and Storage

Eine weitere Schlüsseltechnologie ist carbon capture and storage (CCS). Die meisten wissenschaftlichen Szenarien, die sich mit einer Stabilisierung des Temperaturanstiegs um 2 Grad Celsius beschäftigen, sehen in CCS eine zentrale und notwendige Technologie. Es erscheint schwierig die Klimaziele und andere Entwicklungsziele ohne Einsatz von CCS zu erreichen. Der Großteil der Komponenten der CCS Technologie wurde bislang in Pilotversuchen getestet, in einem Bereich einer Speicherung von mehreren Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr. Diese Versuche sind notwendig um Erfahrung mit dieser Technologie zu gewinnen aber auch um die soziale Akzeptanz, eine Reduktion von Risiko und anderer nachteiliger Technologiewirkungen zu untersuchen.

#### Erneuerbare und Atomkraft

Erneuerbare Energieträger wie auch Atomkraft sehen sich ähnlichen Herausforderungen in Hinblick auf Akzeptanz scale-up, Integration in das Energiesystem und häufig höheren Kosten im Vergleich zu traditionellen Alternativen gegenüber. Der Einsatz neuer und fortgeschrittener Technologien setzt dementsprechende Investitionen voraus. Die meisten Untersuchungen weisen darauf hin, dass unterschiedliche Optionen verfolgt werden müssen, selbst wenn sich letztlich einige in Hinblick auf praktische, ökonomische oder aufgrund sozialer Akzeptanz, als nicht durch-

<sup>5</sup> International Energy Agency (IEA), 2008: *Energy technology perspectives, scenarios and strategies to 2050*, Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) and International Energy Agency (IEA) Publications, Paris, France, 600 pp, Nakicenovic, N., and Riahi, K. (eds), 2007: *Integrated assessment of uncertainties in greenhouse gas emissions and their mitigation*, Technological Forecasting and Social Change, Special Issue, 74(7), September 2007, and Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007: *Climate Change 2007 – the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge University Press, Cambridge. .

föhrbar herausstellen.

### 3.5 Das kurze Window of Opportunity

#### Forschung und Entwicklung

Das Wesen von technologischem Wandel und die damit verbundenen Unsicherheiten erfordern die rasche Umsetzung von Innovationen einschließlich Experimenten um in den folgenden Jahrzehnten zu geringeren Kosten und einer breiteren Diffusion zu föhren. Je später diese fortgeschrittenen Technologien eingesetzt werden, umso höher sind die notwendigen Emissionsreduktionen. Gleichzeitig könnte dies bedeuten, dass wir ein „window of opportunity“ verpassen, das durch ein substantielles Potential von Kostenreduktionen charakterisiert ist. Forschung und Entwicklung, Investitionen für eine rasche Diffusion und Anwendung sind für die Nutzung dieses Potentials notwendig. Gleichzeitig gilt es durch unmittelbare Effizienzverbesserungen Emissionen auf allen Ebenen zu reduzieren.

Eine Reihe von Studien kommt zu dem Schluss, dass Forschung und Entwicklung mindestens um den Faktor zwei bis drei erhöht werden müssen, um den Übergang zu neuen fortgeschrittenen Technologien im Energiesystem sicherzustellen<sup>6</sup>.

#### Investitionsbedarf

Die erforderlichen Investitionen in Energie sind zumindest um den Faktor hundert größer mit ungefähr einer Billion Dollar pro Jahr oder zumindest doppelt so hoch wie das gegenwärtige Investitionsniveau, wobei der höchste Bedarf in den Entwicklungsländern zu sehen ist. Zumindest eine Verdoppelung der Energieinvestitionen und eine Verdreifachung der Ausgaben für Forschung und Entwicklung werden notwendig sein um eine rechtzeitige Erneuerung der Energietechnologien und Infrastruktur zu gewährleisten.

Die herausragenden Ergebnisse einer Reihe von sogenannten „integrated assessment studies“ zeigen, dass die zusätzlichen Kosten einer Klimastabilisierung relativ gering im Vergleich zu den gesamten Investitionserfordernissen sind. Häufig sind sie „negativ“, im Vergleich zu traditionellen Szenarien zukünftiger Entwicklung, so genannter business as usual Szenarien (BAU). Nachhaltigere Szenarien gehen jedoch von höheren „up-front“-Investitionen bis etwa 2030 aus. Der Nutzen dieser zusätzlichen Investitionen in effizientere und weniger kohlenstoff-intensive Energiesysteme zeigt sich darin, dass langfristig (bis 2050 und darüber hinaus) die Investitionen deutlich unter jenem des BAU liegen. Grund dafür ist der kumulative Charakter von technologischem Wandel, der frühzeitige Investitionen in kohlenstoffärmere Technologien in langfristig geringere Kosten übersetzt. Voraussetzung dafür ist eine radikale Veränderung in der Energiepolitik, um ausreichende Investitionen für einen technologischen Wandel sicherzustellen.

In diesem Sinne könnte die gegenwärtige ökonomische Krise genutzt werden, um in neue Technologien und Anwendungen zu investieren, die

<sup>6</sup> Bierbaum, R., Holdren, J.P., MacCracken, M., Moss, R.H., Raven, P.H., Nakicenovic, N. et al.: 2007, Confronting climate change: Avoiding the unmanageable and managing the unavoidable, Scientific Expert Group Report on Climate Change and Sustainable Development, United Nations Foundation and Sigma Xi, The Scientific Research Society, North Carolina, USA.

sowohl Beschäftigung schaffen aber auch den Pfad zu einer nachhaltigeren Zukunft setzen könnte, der mit geringerem Klimawandel einhergeht.

### 3.6 Eine radikale Interpretation der 2020-Ziele der EU

Die europäischen 2020-Ziele müssen ebenfalls in diesem Zusammenhang gesehen werden. Eine Strategie ist, die THG-Reduktion durch inkrementelle Maßnahmen mit fortgeschritteneren Technologien bis 2020. Ein anderer Blickwinkel würde die Optionen durch einen grundlegenden Transformationsprozess verweisen. Dieser würde deutlich mehr Chancen für die Erreichung des 2020 Ziels und sogar geringerer Emissionen eröffnen und gleichzeitig die Grundlage für radikale langfristige Emissionsreduktionen setzen.

Zwei Aspekte sind im Zusammenhang mit diesen beiden Strategien zu sehen: eine inkrementelle Emissionsreduktion und die Transformation hin zu einer Dekarbonisierung. Ersteres ist durch das Effizienzpotential und die Anwendung von erneuerbaren Technologien beschränkt. Höhere Raten an Dekarbonisierung erfordern beides. Es ist davon auszugehen, dass der inkrementelle Ansatz keines der ambitionierten Reduktionsziele, die über 20 % - 30 % bis 2020 hinausgehen, erreichen kann. Ein radikalerer Transformationsprozess in Richtung Dekarbonisierung könnte vermutlich mit deutlich höheren Reduktionen verbunden sein, hin Richtung vollständiger Dekarbonisierung und gegebenenfalls sogar negativer Emissionen in den folgenden Jahrzehnten.

## 4 Entscheidungsgrundlagen für ein innovatives Energiesystem

### 4.1 Neue Maße: Von Energie-Flüssen zu Energie-Dienstleistungen

**Wohlstandsrelevant sind Energie-Dienstleistungen, nicht die Energie-Flüsse**

Für die Analyse unserer Energiesysteme trifft eine Feststellung der bei der Europäischen Kommission unter dem Vorsitz von Joseph Stiglitz eingerichteten Commission on Measurement of Economic Performance and Social Progress besonders zu: „Our statistical apparatus, which may have served us well in a not too distant past, is in need of serious revisions.“ (CMEPSP, 2008).

Konkret bedeutet das für das Verständnis von Energiesystemen den Übergang von der bisherigen Fokussierung von Energie-Flüssen auf Energie-Dienstleistungen. Wohlstandsrelevant sind nämlich nicht die Mengen an Energie, die von Unternehmungen und Haushalten in Anspruch genommen werden, sondern die damit erzielbaren Dienstleistungen, wie

- thermische Dienstleistungen für die Temperierung von Gebäuden und für die Durchführung von Produktionsprozessen,
- mechanische Dienstleistungen für die Mobilität und für stationäre Antriebe, sowie
- spezifisch elektrische Dienstleistungen für Beleuchtung und Elektronik.

Welche Energie-Flüsse im Energiesystem beobachtbar sind, hängt nicht nur von der Höhe der Energie-Dienstleistungen, sondern vor allem von den gewählten Anwendungs- und Transformations-Technologien ab. Da sich herausstellt, dass dafür ein weites Spektrum an Technologien und Energieträgern verfügbar ist, öffnet sich ein ebenso weiter Bereich für das Volumen an Energie-Flüssen mit unterschiedlichen Emissionswirkungen bei Treibhausgasen und bodennahen Emissionen.

**Leitlinie 1**

Daraus folgt eine erste Leitlinie:

(1) Konstruktive Aussagen über die Restrukturierung unserer Energiesysteme sind ohne die Argumentation mit Energie-Dienstleistungen nur sehr eingeschränkt möglich.

## 4.2 Neue Technologien: Steigerung der Energieproduktivität durch Faktor- 4- und Faktor-10-Technologien

### Quantensprünge bei den Energieproduktivitäten

In allen CO<sub>2</sub> Schlüsselbereichen der Energie-Dienstleistungen sind Technologien verfügbar geworden, die bisherige Energieproduktivitäten um den Faktor 4 und sogar um den Faktor 10 erhöhen können. Die herausragenden Beispiele sind:

- Thermisch sanierte Gebäude, die mit einem Viertel der vor der Sanierung benötigten Energiemengen den gleichen energetischen Komfort liefern.
- Neubauten mit Passivhausqualität, die mit einem Zehntel der Energiemengen auskommen, die im Durchschnitt für Gebäude beansprucht werden.
- Der Übergang von Verbrennungsmotoren auf elektrische Antriebe in Fahrzeugen, wodurch eine Vervielfachung der Energieproduktivität erreichbar ist.
- Hocheffiziente Wärme-Kraft-Technologien, die in Verbindung mit Wärmepumpen die nutzbare Energie mindestens um den Faktor 4 erhöhen.

Aufgrund der beschränkten Verfügbarkeit auch von erneuerbaren Energieträgern ist dieser Sprung bei den Energieproduktivitäten eine Voraussetzung für eine kontrollierte Reduktion der fossilen Energie.

Richtungsweisend für den Umgang mit diesen Technologie-Optionen sind die Arbeiten von Pacala und Socolow (2004) geworden, die energiepolitische Entscheidung vor allem als eine überlegte Wahl von weitgehend verfügbaren Technologien verstehen.

### Leitlinie 2

Daraus resultiert eine zweite Leitlinie:

(2) Die Energiepolitik soll Anreize zur Realisierung jener technologischen Quantensprünge geben, die bestehende Energieproduktivitäten vervielfachen.

## 4.3 Neue Ziele: Die Herausforderungen für die Energie- und Klimapolitik

Österreich ist, wie alle Mitgliedsstaaten der EU, mit drei Zielsetzungen für die Gestaltung der Energie- und Klimapolitik konfrontiert:

- Weiterhin gilt das Kyoto-Ziel, das über den Zeitraum 2008 bis 2012 eine Verminderung der Treibhausgasemissionen um 13 % gegenüber 1990 erfordert. Wird dieses Ziel nicht im Inland erreicht, so müssen über die Kyoto-Mechanismen Emissionsrechte aus dem Ausland zugekauft werden.
- Im Dezember 2008 hat die EU durch den Rat und das Parlament



weitreichende Energie- und Klimaziele für 2020 beschlossen. Für Österreich gelten an Anteil von 34 % für erneuerbare Energie bezogen auf die Endenergie, eine Reduktion der Treibhausgase von 16 % gegenüber 2005 für die nicht dem EU Emissionshandelssystem unterworfenen Sektoren, sowie für die von diesem System erfassten Anlagen die Erreichung des EU-Ziels einer Reduktion von 21 % gegenüber 2005. Diese Ziele sind kompatibel mit einer Reduktion der Treibhausgasemissionen der EU um 20 % gegenüber 1990. Die EU hat eine Reduktion von 30 % in Aussicht gestellt, falls Länder wie die USA, China und Indien sich zu einem Reduktionsziel nach 2012 verpflichten.

- Inzwischen haben innerhalb der EU Diskussionen über Energie- und Klimaziele für 2050 begonnen. Von mehreren Mitgliedsstaaten wird eine Reduktion von mindestens 50 % gegenüber 1990 vorgeschlagen. Die Europäische Kommission beginnt Perspektiven für eine Post-Carbon Society zu entwickeln (Europäische Kommission, 2007).

Dass diese ambitionierten Ziele innerhalb der EU konsensfähig geworden sind hat neben dem langfristigen Klimaproblem vor allem eine kurzfristige Motivation: Der EU ist ihre zunehmende Abhängigkeit bei Energie durch Importe aus politisch problematischen Regionen bewusst geworden. Als wirksame Antwort auf dieses akute Energieproblem bietet sich nur eine Erhöhung der Energieproduktivität verbunden mit einer Ausweitung von erneuerbaren Energieträgern an.

Diese ambitionierten, aber klaren Zielsetzungen bedingen ein neues Verständnis für die künftige Entwicklung unseres Energiesystems. Waren bisher die künftigen Strukturen unseres Energiesystems durch die Unsicherheit der Projektionen aus der Vergangenheit geprägt, so wird vor allem durch die EU-Ziele für 2020 der Zustand des Energiesektors für diesen Zeitpunkt sehr klar umrissen.

Für die politischen Entscheidungsprozesse bedeutet dies eine völlig neue Aufgabenstellung: Es sind für den Horizont 2020 jene Strukturen zu finden, die mit den Zielsetzungen für Treibhausgasemissionen und für Erneuerbare kompatibel sind. Von diesen Strukturen sind dann Pfade zurück zum aktuellen Zustand unseres Energiesystems zu entwickeln. Wie eine solche Neuorientierung der energiepolitischen Entscheidungsprozesse unter Einbindung aller betroffenen Unternehmungen und Interessensvertretungen aussehen könnte, wird beispielsweise für Großbritannien demonstriert (Mander und Anderson, 2008).

### Leitlinie 3

Daraus ergibt sich eine dritte Leitlinie:

(3) Die aus dem Blick auf die Vergangenheit begründeten Entscheidungen für unsere Energiesysteme – im Sinne von Forecasting – brauchen eine Ergänzung durch einen von der Zukunft auf die Gegenwart schließenden Entscheidungsprozess – im Sinne von Backcasting.

## 4.4 Die neue Konzeption des Energiesystems

### 4.4.1 Energie-Dienstleistungen, Anwendungs- und Transformationstechnologien

#### Die konventionellen Analysen

Konventionelle Analysen des Energiesystems sind fokussiert auf die im Energiesystem beobachtbaren Energieflüsse von der Primärenergie bis zu der von Haushalten und Unternehmungen konsumierten Endenergie. Damit verbunden sind Fragestellungen, die sich bald als nur eingeschränkt beantwortbar erweisen:

- Mit welchen Energieflüssen sollen wir in Zukunft rechnen?
- Wie kann diese vermutete Energienachfrage bereitgestellt werden?

#### Die neue Konzeption

Neue Konzeptionen zum Verständnis des Energiesystems versuchen die Ursachen für die Energieflüsse dadurch besser zu verstehen, dass die technologische „Black Box“ geöffnet wird. Dabei werden folgende essentielle Komponenten sichtbar, die ein Energiesystem in seinen Kausalitäten beschreiben und die in Abbildung 1 dargestellt werden:

#### Die zentrale Rolle von Energie-Dienstleistungen

Der Ausgangspunkt sind die Energie-Dienstleistungen, die für Haushalte und Unternehmungen letztlich über die Qualität des Energiesystems entscheiden und wofür drei Typen von Dienstleistungen relevant sind:

- Thermische Dienstleistungen auf unterschiedlichen Temperaturniveaus, von niedrigen Umgebungstemperaturen in Gebäuden bis zu hohen Temperaturen in Industrieprozessen.
- Mechanische Dienstleistungen einerseits für Mobilität durch Fahrzeuge und andererseits für stationäre Antriebe durch Motoren aller Art in Haushalten und Produktionsanlagen.
- Spezifisch elektrische Dienstleistungen für Beleuchtung und Elektronik, die nur mit elektrischer Energie bereitzustellen sind.

Das Volumen dieser Energie-Dienstleistungen reflektiert wirtschaftlichen Wohlstand. Die möglichen Einflussgrößen sind das Volumen der wirtschaftlichen Aktivität, approximiert durch das BIP.

Beispiele für Energie-Dienstleistungen wären die Wohnfläche, die in Jahres-Kilometern erfassten Mobilitätsaktivitäten von Personen und Gütern, die beleuchteten Flächen und die betriebenen elektronischen Geräte.

Bei diesen Dienstleistungen ist bereits zu prüfen, ob sie nicht Reduktionspotentiale durch Vermeidung von Redundanz enthalten, beispielsweise durch ein besseres Mobilitätsmanagement oder Temperaturabsenkung in Gebäuden, wenn diese nicht benützt werden.

In den statistischen Datenbasen über Energiesysteme sind Informationen über Energie-Dienstleistungen nur sehr mangelhaft oder überhaupt nicht erfasst.

**Leitlinie 4**

Dies bedingt die vierte Leitlinie:

(4) Informationen über die bestehenden Energie-Dienstleistungen und Perspektiven über deren künftige Entwicklung sind eine Voraussetzung für eine Abschätzung der künftigen Strukturen des Energiesystems.

**Anwendungs-  
Technologien und energetischer  
Endverbrauch**

Wie viel Energie in Haushalten und Unternehmungen für die Bereitstellung der gewünschten Energie-Dienstleistungen erforderlich ist, hängt von der Wahl der dafür eingesetzten Anwendungstechnologien ab.

Bei Gebäuden ist der für die Energie-Dienstleistung der Raumtemperierung erforderliche Energiebedarf von der Qualität der thermischen Gebäudehülle abhängig. Für Mobilitätsdienstleistungen ist relevant die Bauweise des Fahrzeugs und die Wahl des Antriebsaggregats, wobei elektrische Antriebe um ein Vielfaches höhere Wirkungsgrade haben als Verbrennungsmotoren.

Welche Anwendungstechnologien bestehen und welche bei Investitionen gewählt werden, hängt neben den Preisen für Technologien und Energie vor allem von institutionellen Bedingungen ab. Bauordnungen und Mobilitätskonzepte haben beispielsweise hohen Einfluss auf die Technologieentscheidungen.

**Transformations-  
Technologien und Primär-  
energiebedarf**

Die Energieträger des energetischen Endverbrauchs resultieren meist aus Transformationsprozessen, in die Primärenergie als Input eingeht. Sowohl Transformation als auch die Verteilung über Netze bedingt Verluste.

Auf dieser Stufe des Energiesystems erfordern sowohl die Wahl der Transformationstechnologien, die Wahl der Primärenergie aber auch die Struktur der Netze eine überlegte Entscheidung.

Bei den Transformationstechnologien gibt es ein hohes Effizienzpotential in den thermischen Prozessen zur Erzeugung von Wärme und Elektrizität. Statt isolierter Wärme- und Elektrizitätserzeugung ist eine kombinierte Bereitstellung in Wärme-Kraft-Technologien anzustreben. Diese Bezeichnung signalisiert, dass diese Anlagen nach dem Wärmebedarf zu dimensionieren und betreiben sind.

Bezüglich der Wahl der Energieträger für die Transformationsprozesse ist aus Gründen der Emissionspolitik eine Reduktion der Kohlenstoff-Intensität und der Übergang auf erneuerbare Energieträger anzustreben.

Diese technologischen Trends bei Transformation und Energieträgermix haben Implikationen für das Design der Netze. Die sternförmigen Netzstrukturen mit großen Transformationskapazitäten erfahren eine derzeit komplementäre, künftig aber substitutive Entwicklung in Richtung dezentraler und interaktiver Strukturen, bei denen die Unterscheidung zwischen Produzenten und Abnehmern aufgehoben wird, wenn dezentrale Anlagen bei den Unternehmungen und Haushalten in die Netze einspeisen.

**4.4.2 Kriterien für die Technologieentscheidungen**

Dieses strukturelle Verständnis des Energiesystems eröffnet vor allem die Einsicht, dass die gewünschten Energie-Dienstleistungen mit einer weiten Bandbreite von Energieträgern, sowohl hinsichtlich der Menge als auch deren Typ, bereitstellbar sind. Nach welchen Kriterien können diese Technologieentscheidungen getroffen werden?

Die erste Antwort könnte sein die Auswahl nach kostengünstigen Varianten. Dieser Vorschlag ist jedoch nur beschränkt brauchbar. Energiepreise sind, wie die jüngsten Erfahrungen zeigen, vor allem bei fossiler Energie sehr volatil geworden und reflektieren nicht immer physische Knappheiten. Auch können Technologien, die derzeit noch als teuer erscheinen, nach einer Unterstützung bei der Marktdurchdringung sich als sehr kostengünstig erweisen. Solche Erfahrungen liegen beispielsweise beim energieeffizienten Bauen vor.

#### Technische Kriterien

Technische Kriterien für die Technologiewahl resultieren aus den beiden Hauptsätzen der Thermodynamik.

Nach dem Ersten Hauptsatz wird Masse-Effizienz angestrebt, im Sinne eines hohen Outputs bei einem bestimmten Input von Energie sowohl bei der Transformation als auch bei der Anwendung. Dies ist ein quantitatives Effizienzkriterium. Beispielsweise erhöht die Nutzung von Abwärme den Masse-Wirkungsgrad.

Nach dem zweiten Hauptsatz wird Exergie-Effizienz angestrebt, im Sinne einer höchstmöglichen Nutzung der Arbeitsfähigkeit eines Energieträgers. Dies ist ein qualitatives Effizienzkriterium. Dieses Kriterium empfiehlt dringend, Energieträger mit hoher Arbeitsfähigkeit, wie Elektrizität und Gas nicht zur Bereitstellung von Niedertemperatur-Wärme einzusetzen, denn das wäre ein qualitativer Effizienzverlust.

#### Ökonomische Kriterien

Ökonomische Kriterien betonen die Beurteilung des Gesamtsystems, das bei der Erbringung einer Energie-Dienstleistung involviert ist. Beispielsweise kann sich für die Energiedienstleistung der Temperierung von Gebäuden als kostengünstigste Variante bei derzeitigen Preisen eine Passivhausbauweise verbunden mit thermischen Kollektoren und Photovoltaik für den geringen Restenergiebedarf herausstellen im Gegensatz zu einem Niedrigenergiestandard mit Fernwärme aus einem mit Gas betriebenen Heizkraftwerk.

#### Ökologische Kriterien

Die Nutzung von fossilen Energieträgern hat gravierende Effekte auf das globale Ökosystem, die in einem die natürlichen Zyklen überschreibenden Klimawandel sichtbar werden. Neben den absehbaren Erschöpfungen bei Öl und Gas und deren eingeschränkter Verfügbarkeit aufgrund von strategischen Verknappungen ist dies ein weiterer Grund, kontrolliert die Nutzung von fossiler Energie zu reduzieren.

### 4.4.3 Kriterien für die Technologieentscheidungen

#### Leitlinie 5

Es gibt sicher noch keine unumstrittenen Strategien, wie sich die derzeitigen Energiesysteme in den nächsten Jahrzehnten weiterentwickeln sollen.

In den Grundzügen werden jedoch die Umriss von konsensfähigen Energiestrategien sichtbar, die in der Leitlinie fünf zusammengefasst werden:

(5) Für die Restrukturierung unserer Energiesysteme sind drei Strategien zu verfolgen: Erstens hohe Energieproduktivität (low energy), zweitens abnehmende Kohlenstoffintensität (low carbon) und drittens zunehmende lokale Verfügbarkeit (low distance).

## 5 Sektorspezifische Innovationsstrategien

### 5.1 Mobilität

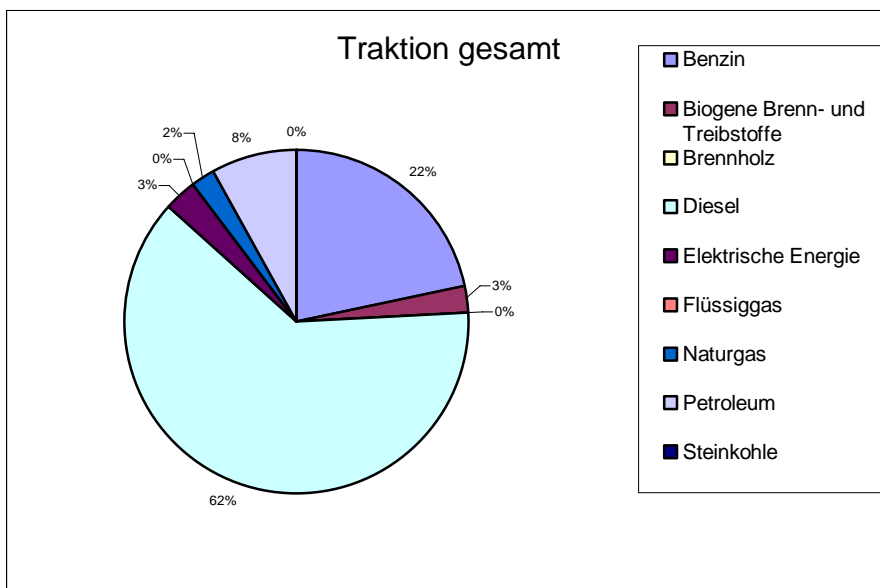
#### 5.1.1 Die Rolle der Mobilität in einer Energiestrategie

**Bei Mobilitätsdienstleistungen dominiert fossile Energie**

Der Sektor Verkehr ist neben der Industrie der Hauptverursacher der Treibhausgasemissionen in Österreich mit einem Anteil an den gesamten Treibhausgasemissionen (THG Emissionen) bei 25 % und bei der CO<sub>2</sub> Emissionen bei 30 %. Dies ist vor allem auf die vorrangige Nutzung fossiler Energieträger für die Bereitstellung der Energiedienstleistung Mobilität zurückzuführen.

Rund 36% des energetischen Endverbrauchs in Österreich werden dem Bereich Traktion (in den Sektoren Transport und Landwirtschaft) zugerechnet. Der Energieträgermix in diesem Bereich ist in Abbildung 5.1 dargestellt und zeigt die extreme Abhängigkeit dieses Sektors von den fossilen Energieträgern Benzin und Diesel.

Abbildung 5.1: Energieträgermix im Bereich Traktion (in % des Energetischen Endverbrauchs)



**Ansatzpunkte für eine Veränderung von Mobilitätsentscheidungen**

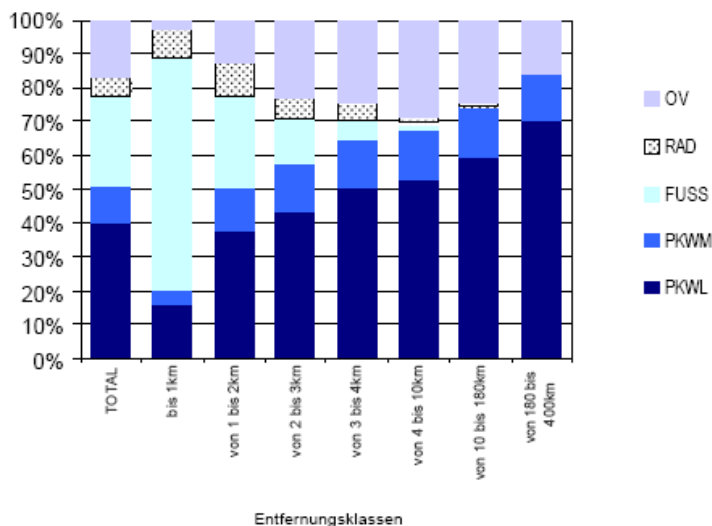
Von 1990 bis 2006 nahmen die THG des Sektors Verkehr um 83% zu. Hauptverursacher dabei ist wiederum der Straßenverkehr (wobei das Verhältnis der THG-Emissionen 2006 beim Personen- und Güterverkehr bei 60% zu 40 % lag). Der Anteil des Tanktourismus, der hier enthalten ist, wird laut Umweltbundesamt auf bis zu 27 % geschätzt.

Die dramatische Zunahme vor allem des Personenverkehrs und der damit einhergehenden THG-Emissionen erfordert eine besondere Berücksichtigung dieses Sektors in einer Energiestrategie. Dafür sind die spezifischen Verhaltensparameter und Einflussfaktoren näher zu betrachten, die letztlich zur Entscheidung über Zahl und Länge der Wege sowie über die Verkehrsmittelwahl führen.

Im Zusammenhang mit der Rolle der Mobilität in einer Energiestrategie sind folgende Themen und Ansatzpunkte von Relevanz.

- Umstieg auf den nicht-motorisierten Individualverkehr für kurze Wege.  
Wird die gesamte Anzahl der in Österreich zurückgelegten Wege betrachtet, werden rund 51% der Wege mit dem Pkw (als Lenker oder Mitfahrer) durchgeführt, der Rest verteilt sich auf Fußwege (27%), Radwege (5%) und den ÖV (17%). Werden diese Anteile nach Weglänge unterschieden betrachtet, so zeigt sich, dass bereits 20% aller Wege bis zu einer Distanz von einem Kilometer mit dem Pkw durchgeführt werden, wohingegen 69% der Wege dieser Weglänge noch zu Fuß zurück gelegt werden. Bereits bei einer Weglänge von bis zu 2 km verschiebt sich dieses Bild und bereits 37% aller Wege mit einer Weglänge von bis zu 4 km werden mit dem Pkw durchgeführt (60% aller Wege fallen in diese Entfernungsklasse).

Abbildung 5.2: Modal Split nach Wegelängen



- Die Betrachtung des Weges in einem Gesamtsystem (Umstieg auf den Öffentlichen Verkehr und kombinierte Verkehrsformen). Für längere Wege sind der Ausbau und die Attraktivierung des ÖV und flexibler Strukturen (Ruf-Busse für Umland, Car Sharing) zentral. Wesentlich ist dabei, dass durch eine Attraktivierung des ÖV ein Umdenken vollzogen wird. Der Besitz eines Pkw sollte durch die Benutzung einer Produkt- oder Mobilitätsdienstleistung ersetzt werden, wie etwa bei Car Sharing. Beispiele sind Ruf-Bus für Umlandregionen, Bahn und Taxi (für die letzten Meter bis nach Hause), oder das Generalabonnement.

- **Effizienzmaßnahmen.**  
Maßnahmen, die die Effizienz der Fahrzeuge verbessern (Motoren, Leichtbauweise und in weitere Folge E-Fahrzeuge bzw. Plug-in-Electric-Vehicles, wenn der Strommix ökologisch gewährleistet werden kann).
- **Beseitigung kontraproduktiver Maßnahmen im Verkehr.**  
Insbesondere ist hier eine Reform der Pendlerpauschale (hin zu einer nur mehr entfernungsorientierten und die unterschiedlichen Verkehrsmittel gleich behandelnden Form) und des Kilometergeldes (Beschränkung des Ersatzes bzw. der Absetzbarkeit auf die Komponente der variablen Kosten) erforderlich; die Sozialversicherung entlasten würde auch eine Anlastung der verkehrlichen Unfallfolgekosten nur mehr der verkehrlichen (Pflicht)Versicherungen anstelle der derzeitigen Teilanlastung der allgemeinen Sozialversicherung. Weiters wäre die Bevorzugung flächenintensiver Verkehrsformen durch die Grundsteuerbefreiung zu überdenken.
- **Verbesserung der Instrumente einer effektiven Gestaltung der Raumordnung.**  
Damit soll die einer Zersiedelung entgegen gewirkt und die Bebauung an eine ÖV-Anbindung geknüpft werden, sowie eine weitere Attraktivierung der Städte (Funktionsdurchmischung, Stadt der kurzen Wege) erfolgen. Für das Sachprogramm „Standortentwicklung für Wohnen und Arbeiten im Salzburger Zentralraum“, das eine haushälterische Siedlungsentwicklung im Bundesland Salzburg anstrebt, wurde zum Beispiel quantifiziert, dass die Emissionsreduktion durch technische Effizienzverbesserungen (u.a. im Motorbereich) bereits in der mittleren Frist von der Emissionsreduktion durch gezielte Raumordnungsmaßnahmen übertroffen wird (Käfer, A. und Steininger, K, Raumordnung und Klimaschutz, im Auftrag der Salzburger Landesregierung, *Raum*, September 2008).
- **Steuerliche Maßnahmen, die über den Preis die Nachfrage nach motorisiertem Individualverkehr steuern, sowie Verbrauchsnormen bei neuen KFZ und ähnliche ordnungspolitische Steuerungen.**

Die wesentlichen Fragestellungen lauten somit:

- Welche Verhaltensparameter sind Einfluss gebend für die Entscheidung des Verkehrsverhaltens (in Verbindung mit den Daseinsfunktionen Arbeit, Wohnen, Freizeit, Bildung etc.)?
- Welche äußeren Einflussfaktoren sind zu berücksichtigen (Raumstruktur, Technologien, Politik etc.)?
- Welches THG-Reduktionspotential kann mit welchem finanziellen Aufwand, in welcher Zeit erreicht werden (dahingehend sollte eine Reihung der einzelnen Maßnahmen erfolgen)?
- Welche Maßnahmen können eine wesentliche Nachfrageänderung herbeiführen?

### 5.1.2 Relevante Dienstleistungen im Bereich Verkehr

#### Begriff der Mobilitätsdienstleistung

Die relevanten Dienstleistungen im Bereich Verkehr sind zunächst die Fahr- und Verkehrsleistung im Personenverkehr und im Güterverkehr, also Kfz-km und Personen-km (P-km) bzw. Tonnenkilometer (t-km). Auf

die letztlich erbrachte Dienstleistung bezogen wäre es der Zugang zu Personen, Gütern und Dienstleistungen, der durch eine Mobilitätsdienstleistung gewährleistet wird. Je nach den vorhandenen räumlichen Strukturen, kann dieser Zugang mit mehr oder weniger P-km oder t-km erreicht werden.

Bei den P-km und t-km wiederum gilt es nach Weglänge, Verkehrsmittel und Wegzweck zu differenzieren, um sich ein genaueres Bild der wesentlichen Einflussfaktoren machen zu können. Mobilität entsteht durch die Verbindung der Daseinsfunktionen des Menschen, wie Wohnen, Arbeiten, Essen und Freizeit etc.

Die Energiedienstleistung im Bereich Mobilität kann etwa der Zugang zu Lebensmitteln sein, die in unterschiedlichen Entfernungen vom Konsumenten angeboten werden und dementsprechend mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln und damit Energieeinsätzen erreicht werden können.

### 5.1.3 Relevante Anwendungstechnologien im Bereich Verkehr

**Effizienzsteigerungen bei Anwendungstechnologien steht der Rebound Effekt gegenüber**

Generell ist das Kfz eine höchst ineffiziente Technologie, bei der nur ein Bruchteil der eingesetzten Energie auch genutzt werden kann. Dennoch sind auch dabei Effizienzmaßnahmen möglich, die zu einer Reduktion der THG-Emissionen führen können. Siehe die in 5.1.1 genannten Effizienzmaßnahmen, insbesondere bei Motoren, durch Leichtbauweise oder alternative Antriebstechnologien.

Effizienzmaßnahmen allein führten in der Vergangenheit jedoch nicht zu einer absoluten Reduktion der THG-Emissionen, weil sie jeweils überkompensiert wurden durch den Nachfragezuwachs im motorisierten Verkehr. Wesentlich im Bereich Verkehr ist daher das Herbeiführen einer Verhaltensänderung d.h. einer Reduktion der Verkehrsnachfrage insbesondere im Bereich des MIV.

### 5.1.4 Optionen für Maßnahmen

**Neue Werkstoffe haben für Mobilitätsdienstleistungen hohe Relevanz**

Wechselwirkungen bestehen insbesondere mit den Bereichen Gebäude und neue Werkstoffe.

Gebäude gilt es in Hinkunft in ihrem Strombedarf bzw. in ihrer Stromproduktion in Smart Grids einzubinden, für die Plug-In-Electric Vehicles (PEVs) als Speicher für Strom verwendet werden können.

Im Hinblick auf neue Werkstoffe können über die Verwendung von Leichtbauweise die Treibstoffverbräuche reduziert werden.

**Optionen für Maßnahmen**

*Konkrete Ansatzpunkte im Mobilitätsbereich (unter Angabe der Verantwortlichkeit):*

- Erhöhung der räumlichen Effizienz (Bundes-Ebene: Vereinheitlichung der Raumordnung, Stärkung der überregionalen Raumordnung)
- Ausbau der Bahn



- Attraktivierung des ÖPNV (Bundes-Ebene, Landes-Ebene)
- Ausbau des Fuß- und Radverkehrs (Bundes-Ebene)
- Einführung von Tempolimits (Bundes-Ebene)
- Flexible Lösungen (Car Sharing) (Unternehmen, Unterstützung auf regionaler Ebene)
- Ausbau des kombinierten Verkehrs (Bundes-Ebene)
- Road Pricing (Bundes-Ebene)
- Leistungspakete für Versicherungs-Dienstleistungen (Versicherungsunternehmen in Zusammenarbeit mit ÖV-Unternehmen)
- Neugestaltung der Haftpflichtversicherung
- Versicherung plus Netzkarte
- Tarifierung und Zugang zum ÖV (Unternehmen und ÖBB, Verkehrsverbünde)
- Bahn und Taxi
- Generalabonnement
- Verkehrssparende Regionalentwicklung und nachhaltige Distribution
- Reformierung der Pendlerpauschale (Bundes-Ebene)
- Wohnbauförderung und Widmung (Länder-Ebene, Gemeinde-Ebene)
- Rufbus-Systeme für ländliche Regionen (Länder, Gemeinden)
- Güter-Bim (Länder, Gemeinden)
- Effizienzmaßnahmen/alternative Antriebe (Unternehmen, Anreizsysteme auf Bundes-Ebene)
- Neue Werkstoffe
- Plug-In-Electric Vehicles PEVs
- Erdgastechnologien
- Kombination aus mehreren Technologien Hypercar Lovins

## 5.2 Produktion

### 5.2.1 Die Rolle des Bereichs Produktion in einer Energiestrategie

**Produktionsbereich weist in jüngerer Vergangenheit steigenden Energieverbrauch auf**

Der Bereich „Sachgüterproduktion“ setzt in Österreich knapp 30 % des energetischen Endverbrauches ein und verursacht damit ca. ein Drittel der CO<sub>2</sub>-Emissionen. In vielen Energiestrategien wird dieser Bereich stiefmütterlich behandelt und daher gibt es wenige Energiepläne, die hier Maßnahmen vorschlagen.

Der Bereich „Industrie und Gewerbe“ zeichnet sich durch ein starkes Bewusstsein bezüglich der Wirtschaftlichkeitsanforderungen aus. Wegen des Wandels der Industriestruktur und wegen der Effizienzmaßnahmen sank der Anteil des industriellen Energieverbrauches am Anfang des letzten Jahrzehntes des vergangenen Jahrhunderts und nahm damals auch pro Wertschöpfungseinheit ab. Im letzten Jahrzehnt steigt der Energie-

verbrauch wieder (Abb.5.3), was die Notwendigkeit von Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs und der Emissionen unterstreicht. Zudem weist dieser Bereich einen Trend zu relativ verstärktem Verbrauch an Elektrizität auf, hingegen ist der Anteil erneuerbarer Energie relativ gering (Abb. 5.4).

Abbildung 5.3: Energieverbrauch der Sachgüterproduktion in Österreich

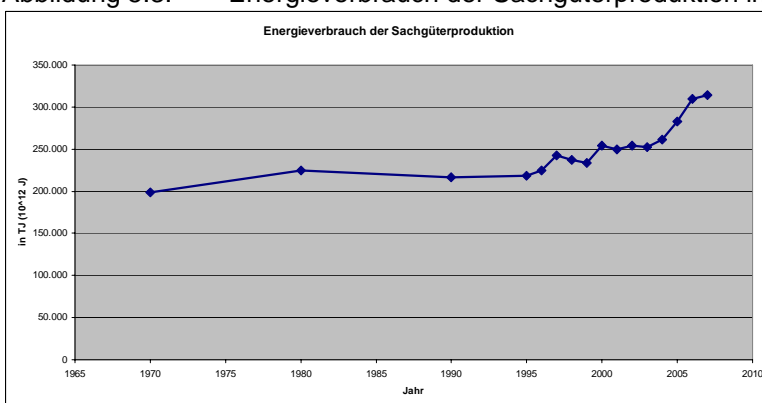
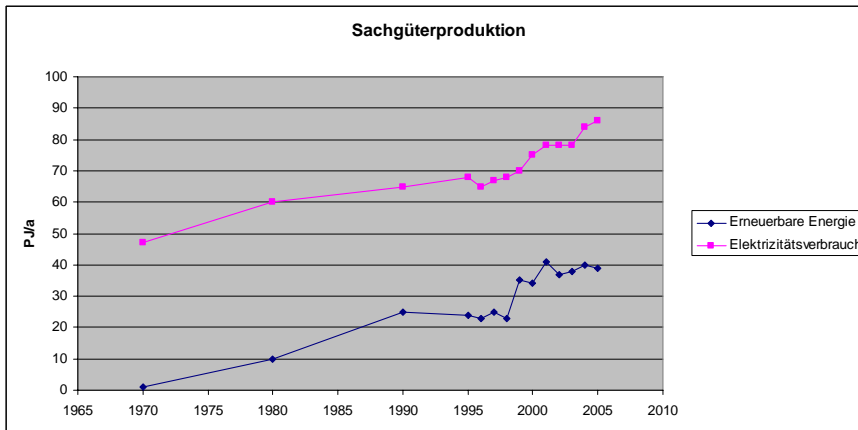


Abbildung 5.4: Elektrizitätsverbrauch der Sachgütererzeugung



## 5.2.2 Relevante Energiedienstleistungen im Bereich Produktion

### Energiedienstleistungen im Produktionsbereich heterogen

Die Definition von Energiedienstleistungen im Bereich Produktion ist wegen der breit gestreuten Produkte schwierig. Im Sinne einer systematischen Zugangsweise können sie analog zu den verfahrenstechnischen Grundoperationen strukturiert werden.

Somit können als energierelevante, immer wiederkehrende Produktionsschritte, die in verschiedenen Sektoren des produzierenden Bereichs vorkommen, beispielhaft folgende Tätigkeiten genannt werden:

- Trocknungsprozesse (Feststoffe wie Papier, Textilien, Metallteile; Pflanzenteile wie Früchte, Samen; Lösungen wie Sole, Milch, Fruchtsäfte, ...)
- Eindampfung und destillative Trennung (Trennung von Flüssigkeitsgemischen in der chemischen und pharmazeutischen Industrie, ...)
- Pasteurisation und Sterilisation (vorwiegend in Pharma und Lebensmittelindustrie)
- Allgemeine Reinigungsprozesse (Textilien, Metallteile, Chemie und alle übrigen Sektoren)
- Kochen, Blanchieren, allgemeine Wärmebehandlung (speziell in der Lebensmittelindustrie, aber auch in anderen Sektoren)
- Beheizung von Produktionshallen (in allen Sektoren)
- Kühlen, Gefrieren, Klimatisieren
- Weitere energieintensive Prozesse wie Schmelzen, Bleichen, Schweißen, ...

In all diesen Prozessen können sowohl technologische Verbesserungen, radikale Innovationen (Ersatztechnologien) wie auch Änderungen auf der Systemebene (Wärmeintegration, Abwärmenutzung, Koppelproduktionen,...) deutliche Verminderungen des Energieeinsatzes erbringen.

### 5.2.3 Relevante Anwendungstechnologien im Bereich Produktion

**Effizienz-Effektivität und Substitution sind zentrale Ansatzpunkte für Energiedienstleistung im Produktionsbereich**

Im Bereich „Produktion“ ist die Konzentration auf die Dienstleistungen besonders wichtig aber auch herausfordernd. Wegen der großen Ansprüche an die Verfügbarkeit und die Wirtschaftlichkeit neuer Technologien ist die Risikobereitschaft vieler Unternehmungen oftmals gering. Produktionsausfälle und Qualitätsprobleme werden meist nicht in Kauf genommen, nur um Energie(kosten) zu sparen. Dennoch gibt es eine Reihe Erfolg versprechender Ansätze.

Die Strategien eine höhere Energieeffizienz zu erreichen sind:

- **Effizienz**  
durch einen hohen Wirkungsgrad bei allen Umwandlungsprozessen
- **Effektivität**  
durch eine hohe spezifische Energiedienstleistung (bezogen auf den Nutzen)
- **Substitution**  
durch Ersatz knapper, teurer und nicht-nachhaltiger Energieträger und Strukturen durch zukunftsverträgliche (erneuerbare) Energien

Für alle drei Bereiche sind neue Technologien erforderlich. Die besondere Herausforderung für Innovationen sind aber die betrieblichen Energiestrukturen (Wärmeintegration, Co- und Polygeneration von Strom/Wärme/Kälte), die oftmals betriebsspezifisch zu lösen sind und nur teilweise neue technologische Lösungen erfordern. Für die erforderlichen Prozessintensivierungen sind technologische Weiterentwicklungen erforderlich, für die teilweise noch die theoretischen Grundlagen fehlen.

### 5.2.4 Energieträgermix im Bereich Produktion

**Fossile Energien und Elektrizität dominieren im Energieträgermix**

Der Energieverbrauch im produzierenden Bereich wird hauptsächlich durch Erdgas, Heizöl und elektrische Energie abgedeckt. In einigen Sektoren ist der Anteil an biogenen Roh- und Reststoffen beachtlich (Zellstoff, Holzverarbeitung,...). Trotz des oft gleichzeitigen Bedarfes an Wärme und elektrischer Energie ist die Eigenstromherstellung im Vergleich zu den technischen Möglichkeiten gering.

Andere Formen der erneuerbaren Energien sind gering vertreten; so gibt es nur vereinzelt solarthermische Anlagen für Reinigungs- oder Trocknungsprozesse oder allgemeine Heizungsaufgaben.

### 5.2.5 Wechselwirkungen mit anderen Bereichen

Der industrielle Sektor ist über seine Produkte eng mit dem Energieverbrauch bei den Endverbrauchern gekoppelt. Energieeffiziente Verbrauchsgegenstände (Elektronik, Fahrzeuge, Beleuchtungskörper,...)

wie auch ein Teil der Infrastruktur (Häuser) müssen von den Produzenten entwickelt und entsprechend angeboten werden, um verbreitet genutzt zu werden.

Der produzierende Sektor verursacht durch den erforderlichen Transport von Rohstoffen, Halbfertigwaren und Produkten einen Großteil des LKW-Verkehrs. Geänderte Fertigungsstrukturen (z.B. eine Veränderung der Fertigungstiefe) beeinflusst den Energiebedarf des Transportsektors.

## 5.3 Gebäude

### 5.3.1 Die Rolle des Bereichs Gebäude in einer Energiestrategie

**Gebäudebestand relevanter Energienachfrager**

Dem Gebäudebereich kommt für die Erreichung der klima- und energiepolitischen Zielsetzungen Österreichs eine zentrale Rolle zu. Der Anteil an den Treibhausgasemissionen von 16 % und am energetischen Endverbrauch – auf die privaten Haushalte entfallen 25 % - verdeutlichen den Stellenwert. Bisherige energetische Verbesserungen sind weitgehend dem Neubaubereich zuzuschreiben. Ein hohes Potential für energetische Verbesserungen liegt jedoch in der thermischen Sanierung des Gebäudebestands, und hierbei insbesondere bei Ein- und Zweifamilienhäusern. Diese nehmen gemäß Daten aus der Gebäude- und Wohnungszählung 2001 etwa 75 % des Gesamtbestandes ein.

Eine deutliche Anhebung der thermischen Sanierungsquote ist unerlässlich, wenn im Bereich der Gebäude signifikante Energieeinsparungen und Emissionsreduktionen realisiert werden sollen.

### 5.3.2 Relevante Energiedienstleistungen im Bereich Gebäude

**Temperierung der Gebäude und Warmwasserbereitstellung sind die zentralen Energiedienstleistungen**

In Gebäuden sind vor allem die Energiedienstleistungen

- Temperierung der Gebäude (Heizen und Kühlen)
- Warmwasserbereitstellung
- Kochen
- Beleuchtung der Räume
- Kommunikation und Unterhaltung

zu erbringen.

Die Temperierung der Gebäude wird durch den Heizwärmebedarf, ggfls. den Kühlbedarf für den Bereich der Nicht-Wohngebäude in kWh/m<sup>2</sup>.a, bezogen auf die Nutzfläche abgebildet. Über den Heizenergiebedarf werden der Warmwasserwärmebedarf und die Verluste bestimmt. Der Energiebedarf für Beleuchtung und Kommunikation und Unterhaltung ist Bestandteil des Bedarfes an elektrischer Energie. Insbesondere der Bedarf an Heizwärme, Warmwasser, aber auch der Bedarf für Beleuchtung und

Kommunikation sind stark vom Benutzerverhalten abhängig.

### 5.3.3 Relevante Anwendungstechnologien im Bereich Gebäude

**Passivhausstandard im Neubau und Niedrigenergiestandard bei der Sanierung eröffnen hohes Einsparpotential**

Die größten Einsparpotentiale liegen in der thermischen Sanierung des Gebäudebestandes der Nachkriegsbauten 1945 – 1980. Bei der thermischen Sanierung großvolumiger Wohnbauten nach Niedrigenergiestandard ist mit Energieeinsparungen von ca. 70 % zu rechnen. Der Heizwärmebedarf der Gebäude wird durch die thermische Sanierung auf einen Wert von max. 50 kWh/m<sup>2</sup>.a reduziert. Der größte Handlungsbedarf aber besteht in der thermischen Sanierung der zwischen 1945 und 1980 errichteten Ein- und Zweifamilienhäuser. In Anlehnung an die Wohnbau-statistik der Statistik Austria wird von einem Bestand von etwa 612.000 Ein- und Zweifamilienhäusern ausgegangen. Bei Ein- und Zweifamilienhäusern sind Energieeinsparpotentiale von bis zu 85 % zu erwarten.

Eine deutliche Anhebung der Sanierungsrate von derzeit jährlich 1 % auf 3 % des Gebäudebestandes und mittelfristig auf 5 % ist dabei unerlässlich, um das hohe Potential der Energieeffizienz und Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen tatsächlich zu nutzen.

Thermische Sanierung nach Niedrigenergiestandard stellt eine Gesamt-sanierung mit den Maßnahmen Fassadensanierung, bestehend aus Fenstertausch und Dämmung der Fassade inkl. Sockel, Dämmung des Daches bzw. der oberen Geschoßdecke, Dämmung der Kellerdecke dar. Vorangegangene Untersuchungen haben gezeigt, dass thermische Sanierungen nach Niedrigenergiestandard bei derzeit gegebenem technischen Standard und Kosten die wirtschaftlich günstigste Variante darstellen.

Für die Errichtung neuer Gebäude ist zukunftsweisend der Passivhausstandard zur Anwendung zu bringen. Der erfolgreich erprobte Passivhausstandard, der im Bundesland Vorarlberg bereits verpflichtend für den großvolumigen Wohnbau eingeführt wurde, erbringt weitere energetische Verbesserungen. Der Neubau großvolumiger Wohnbauten nach Passivhausstandard ermöglicht Energieeinsparungen von ca. 80 % gegenüber konventionell errichteten Neubauten. Bei Ein- und Zweifamilienhäusern, die im Passivhausstandard errichtet werden, sind Einsparpotentiale von bis zu 90 % gegenüber konventionell errichteten Eigenheimen erzielbar. Die Mehrkosten von ca. 15 bis 20 % für die Errichtung eines Eigenheims im Passivhausstandard werden durch die extrem niedrigen Betriebskosten über die Lebensdauer kompensiert.

Der Neubau nach Passivhausstandard erfordert neben einem optimierten Wärmeschutz, solarer Ausrichtung zusätzlich die Luftdichtheit der Gebäudehülle sowie eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Der Heizwärmebedarf im Passivhaus beträgt nur mehr <15 kWh/m<sup>2</sup>.a. Neben der energetischen Verbesserung des Gebäudebestandes, den ausgewiesenen Effekten an Energieeinsparungen und damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Reduktionspotentialen werden ein erheblicher Komfortgewinn und Verbesserung der Lebensqualität sowie eine Reduktion der Energiekosten für die Bewohner erzielt.

Der gewünschte Effekt bei Sanierung und Neubau im Gebäudebereich wird nur durch die konsequente Verbesserung der Energieeffizienz erreichbar. Hier wird ein unbedingt einheitliches bundesweites Vorgehen

hinsichtlich Wohnbauförderrichtlinien und Bauordnung empfohlen.

#### 5.3.4 Energieträgermix im Bereich Gebäude

**Fossile Energieträger dominieren zur Zeit bei Wärmeversorgung**

Derzeit wird Wärme für die Beheizung der Gebäude zentral und dezentral aus unterschiedlichen Quellen bereitgestellt, und zwar überwiegend mittels fossiler Energieträger (vor allem Gas, Öl) aber auch zunehmend durch erneuerbare Energieträger, d.s. Biomasse aller Formen, teilweise mit solarthermischer Unterstützung.

Thermisch verbesserte Gebäude erfordern zunehmend nur mehr Niedertemperatursysteme. Der wesentlich reduzierte Energiebedarf kann durch einen Energieträgermix aus erneuerbaren Energieträgern abgedeckt werden: Biomasse, Solarthermik, Photovoltaik, Wärmepumpensysteme, Windkraft und weitere innovative dezentrale Eigenerzeugungsanlagen.

Für die Warmwasserbereitstellung ist der Einsatz von thermischen Solaranlagen sowohl für den Neubau als auch für die Sanierung der Gebäude anzustreben. Neben der solarthermischen Nutzung der Dachflächen im Zuge der thermischen Sanierung können bei neu zu errichtenden Gebäuden gleichermaßen solarthermische Fassaden verstärkt zur Anwendung kommen. Daneben gewinnt die Eigenstromversorgung durch Windkraft und Photovoltaik zunehmend an Bedeutung, unterstützt durch die Entwicklung industrieller Fertigungstechnologien für leistungsfähigere Systeme, wie Dünnschichtmodule im Bereich der Photovoltaik, Kleinwindkraftanlagen in Composite- und Hybridbauweise.

Der derzeit durchschnittliche Bedarf an elektrischer Energie im Haushaltbereich von ca. 4.500 kWh/a (4-Personen-Haushalt) kann langfristig halbiert werden durch den Kauf von optimierten Geräten, nämlich hocheffiziente Haushaltsgeräte, der Unterhaltungselektronik und Beleuchtungssysteme sowie geringe bis keine Standby-Verbräuche.

#### 5.3.5 Wechselwirkungen mit anderen Bereichen

**Raumplanung spielt wichtige Rolle, neue Aufgaben könnten durch Smart Grids entstehen**

Lebensstiländerungen, z.B. die Zunahme von Single-Haushalten, Nutzung von Wohngebäuden für Büro Zwecke (Home Office), neue Wohnformen, wie Gemeinschafts- und Mehrgenerationenwohnungen durch Sinken der Geburtenrate und Anstieg der Lebenserwartung sowie der Trend zu mehr und größeren Wohnungen mit steigenden Komfortansprüchen sollten in der Raumplanung verstärkt Beachtung finden.

Zunehmende Bedeutung gewinnen Smart Grids, Stromnetze, die durch ein abgestimmtes Management mittels zeitnahe und bidirektionaler Kommunikation zwischen Netzkomponenten, Erzeugern, Speichern und Verbrauchern einen energie- und kosteneffizienten Systembetrieb für zukünftige Anforderungen unterstützen.

## 5.4 Werkstoffe

### 5.4.1 Die Rolle des Bereichs Werkstoffe in einer Energiestrategie

#### Werkstoffe beeinflussen den Energiebedarf

Die Zusammenhänge von Werkstoffen und Energiebedarf wurden bisher kaum für Energiestrategien diskutiert. Werkstofftechnologien bestimmen aber sehr wohl Energiebedarf, speziell in den Bereichen Gebäude und Mobilität.

Die Auswahl und der Einsatz geeigneter Werkstoffe und Werkstofftechnologien sind für die gesamte Energietransformationskette von entscheidender Bedeutung. Dies gilt sowohl für den Bereich der Energieeffizienz (unabhängig von der Art der Energiebereitstellung) als auch speziell für die Bereitstellung durch erneuerbare Energietechnologien. Unabhängig von spezifischen Energieträgern und Energietransformationstechnologien gilt, dass über die Wahl der Werkstoffe und Werkstofftechnologien die Funktionalität sichergestellt wird, wobei im Hinblick auf Einfachheit, Robustheit, Gestaltungsfreiheit und Kosten bestmögliche Lösungen anzustreben sind.

### 5.4.2 Die Relevanz von Werkstoffen zur Erbringung von Energiedienstleistungen

#### Fokus auf Energiedienstleistungen erfordert neue Werkstoffe für Anwendungs- und Transformationstechnologien

Im Rahmen einer Neukonzeption des Energiesystems mit Fokus auf Energiedienstleistungen mit entsprechend optimierten Anwendungs- und Transformationstechnologien spielen daher auch Werkstoffe und Werkstofftechnologien eine wesentliche Rolle. Der Fokus auf Energiedienstleistungen und die damit einhergehenden Veränderungen bei den Anwendungs- und Transformationstechnologien wird sich daher auch maßgeblich auf die zu Grunde liegenden Werkstofftechnologien auswirken.

Den generellen Trends in anderen Technologiebereichen folgend ist auch für künftige Energietechnologien eine steigende Bedeutung von Polymerwerkstoffen (Kunststoffen, Composites, Hybridwerkstoffen) im Vergleich zu klassischen Werkstoffklassen (Metalle, Keramiken) zu erwarten.

### 5.4.3 Relevante Anwendungstechnologien

#### Relevanz von Werkstoffen im Gebäude- und Mobilitätsbereich

##### *Bereich Gebäude*

Die Energieeffizienz von Gebäuden betreffend sind die Werkstofftechnologien bezüglich Gebäudehülle und Haustechnik (Dämmung, Fenster, Lüftung, usw.) weit entwickelt, sodass vornehmlich Umsetzungsanreize



und spezifische Weiterentwicklungen zur weiteren Optimierung der technologischen Lösungsansätze erforderlich sind.

Bezugnehmend auf die Energieversorgung mit erneuerbaren und insbesondere solaren Energietechnologien ergeben sich für werkstoffgetriebene Innovationen hohe Potenziale für die Bereiche Solarthermie (neuartige Sonnenkollektorsysteme in Teilkunststoff- und Vollkunststoff-Bauweise mit hocheffizienter Wärmespeicherung) und Solarelektrik (leistungsfähige Dünnschicht-Photovoltaik-Module auf Basis industrieller Fertigungstechnologien; Windkraftanlagen unterschiedlicher Leistungsstufen, insbesondere auch Klein- und Kleinstwindkrafttechnologien in Composite- und Hybridbauweise).

#### *Bereich Mobilität*

Die Energieeffizienz im Bereich der Mobilität und der Fahrzeugtechnik wird im Wesentlichen von der zu bewegenden Gesamtfahrzeugmasse, der Aerodynamik der Fahrzeuggestaltung und dem Rollwiderstand sowie der Wahl der Antriebstechnik bestimmt. Auch hier spielen in allen genannten Bereichen Werkstoffe und Werkstofftechnologien eine zentrale Rolle. Betreffend Gesamtfahrzeugmasse, Aerodynamik und Rollwiderstand sind anspruchsvolle Leichtbaustrukturen basierend auf Composites und Hybridwerkstoffen sowie ein weiter zunehmender Einsatz von Kunststoffen und weiterentwickelten Elastomeren für Reifen maßgebliche Innovationstreiber. Einhergehend mit neuartigen Leichtbaustrukturen erschließen sich hohe Entwicklungspotenziale für deutlich verbesserte elektrische Antriebskonzepte mit deutlich reduzierten Anforderungen an Energiespeicherdichten. Ein wesentlicher Aspekt im Zusammenhang mit der Nutzung elektrischer Antriebssysteme in der Fahrzeugtechnik ist die Energiebereitstellung über erneuerbare Technologien (Wasserkraft, Windkraft, Photovoltaik).

## 6 Literatur

Anderson, K. L. et al. (2008). The Tyndall decarbonisation scenarios—Part II: Scenarios for a 60% CO<sub>2</sub> reduction in the UK. *Energy Policy* 36 (10), 3764-3773.

CMEPSP (2008). Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress, chaired by Joseph E. Stiglitz. CMEPSP-Issues Paper 25/07/08.

Europäische Kommission (2007). Towards a "Post-Carbon Society". Conference proceedings.

European Commission (2008): Commission staff working document; Accompanying document to the proposal for a directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2003/87/EC so as to improve and extend the EU greenhouse gas emission allowance trading system, Brussels.

Gebetsroither, B., Getzner, M., Steininger, K., "Quantitative Evaluierung klimarelevanter verkehrspolitischer Maßnahmen in Österreich", 4/2007

International Energy Agency (IEA) (2008): *Energy Technology Perspectives 2008*. IEA, Paris.

Kletzan, D., Kratena K., (Koord.), Ina Meyer, Franz Sinabell (WIFO), Erwin Schmid, Bernhard Stürmer (BOKU), **Volkswirtschaftliche Evaluierung eines nationalen Biomasseaktionsplans für Österreich**, im Auftrag von: Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Wien 2008

Kletzan-Slamanig, D., Köppl, A., (WIFO), Artnet, H., Karner, A., Pfeffer, T., (KWI), *Energieeffiziente Gebäude. Potentiale und Effekte von emissionsreduzierenden Maßnahmen*, Wien 2008.

Köppl, A., Wüger, M., "Energienachfrage der privaten Haushalte für Wohnen und Verkehr", 11/2007

Mander, S. L. et al. (2008). The Tyndall decarbonisation scenarios—Part I: Development of a backcasting methodology with stakeholder participation. *Energy Policy* 36 (10), 3754-3763.

Nakicenovic, N., S. Schleicher et al. Assessment of Austrian contribution toward EU 2020 Target Sharing: Determining reduction targets for 2020 based on potentials for energy efficiency and renewables. November 2007.

Nakicenovic, N., S. Schleicher et al. Assessment of Austrian contribution toward EU 2020 Target Sharing: Responding to the energy and climate package of the European Commission. December 2008.

Pacala, S. and R. Socolow (2004a). Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies. *Science*, 305, 968-972.

Pacala, S. and R. Socolow (2004b). Supporting On-line Material. [www.sciencemag.org/cgi/content/full/305/5686/968/](http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/305/5686/968/).

Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, KWI, Wegener Center, TU-Graz; *Innovation & Klima: Innovative Klimastrategien für die österreichische Wirtschaft*, Wien 2007.

Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel, Karl-Franzens-Universität Graz, EU Target Sharing 2020 – Distributing Community Energy and Climate Targets to the Member States. Country and Sector Profiles and Selected Abatement Costs. Wien 2007.

**WebSites**

EnergyTransition  
[energytransition.wifo.at](http://energytransition.wifo.at)  
Innovation & Klima  
[www.innovation-klima.at](http://www.innovation-klima.at)  
Austrian Climate Portal  
[www.accc.gv.at](http://www.accc.gv.at)