



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**

**basics**

Dezember 2006

---

## **Der Energieverbrauch der Industrie, 1990 - 2035**

Ergebnisse der Szenarien I bis IV und  
der zugehörigen Sensitivitäten BIP hoch,  
Preise hoch und Klima wärmer

---

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE, 3003 Bern

**Auftragnehmer:**

Basics AG, Basel

**Autoren:**

Walter Baumgartner

Orsi Ebert

Felix Weber

Diese Studie wurde im Rahmen der Energieperspektiven 2035 des Bundesamts für Energie BFE erstellt.

Für den Inhalt ist allein der/die Studiennehmer/in verantwortlich.

Die Zukunft kommt in Raten, das ist das Erträgliche an ihr.

*Alfred Polgar*



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Vorgehen</b>	<b>9</b>
2.1	Modell-Ansatz	9
2.2	Bestimmung der spezifischen Energieverbräuche	11
2.3	Branchenaufgliederung	16
2.4	Energieträger und Systemabgrenzungen	19
2.5	Klimanormierung	20
2.6	Energetische Ausgangslage	21
<b>3</b>	<b>Rahmenentwicklungen</b>	<b>25</b>
3.1	Wertschöpfung und Produktion	25
3.1.1	Trend	25
3.1.2	BIP hoch	32
3.2	Energiebezugsflächen	35
3.2.1	Trend	35
3.2.2	BIP hoch	37
3.3	Energiepreise	39
3.3.1	Trend	39
3.3.2	Preise hoch	40
3.4	Klima	42
<b>4</b>	<b>Instrumente und Massnahmen</b>	<b>45</b>
4.1	Sparhemmnisse	45
4.2	Instrumente	47
4.3	Massnahmen	50

---

<b>5</b>	<b>Szenario I: Weiter wie bisher</b>	<b>51</b>
<b>5.1</b>	<b>Politikvariante</b>	<b>51</b>
5.1.1	Szenariengrundsätze	51
5.1.2	Unterstellte energiepolitische Instrumente	51
5.1.3	Modellierung	54
<b>5.2</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>56</b>
5.2.1	Trend	56
5.2.2	BIP hoch	66
5.2.3	Preise hoch	68
5.2.4	Klima wärmer	71
5.2.5	Exkurs: CO <sub>2</sub> -Abgabe	73
<b>6</b>	<b>Szenario II: Verstärkte Zusammenarbeit</b>	<b>79</b>
<b>6.1</b>	<b>Politikvariante</b>	<b>79</b>
6.1.1	Szenariengrundsätze	79
6.1.2	Unterstellte energiepolitische Instrumente	81
6.1.3	Modellierung	82
<b>6.2</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>89</b>
6.2.1	Trend	89
6.2.2	BIP hoch	98
6.2.3	Preise hoch	100
6.2.4	Klima wärmer	103
<b>7</b>	<b>Szenario III: Neue Prioritäten</b>	<b>107</b>
<b>7.1</b>	<b>Politikvariante</b>	<b>107</b>
7.1.1	Szenariengrundsätze	107
7.1.2	Energiepolitische Instrumente	108
7.1.3	Modellierung	109
<b>7.2</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>113</b>
7.2.1	Trend	113
7.2.2	BIP hoch	128
7.2.3	Klima wärmer	132
<b>8</b>	<b>Szenario IV: Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft</b>	<b>135</b>
<b>8.1</b>	<b>Politikvariante</b>	<b>135</b>
8.1.1	Szenariengrundsätze	135
8.1.2	Technologiewelten für Szenario IV	136

---

8.1.3	Veränderungen in den sozioökonomischen Rahmenbedingungen	139
8.1.4	Energiepolitische Instrumente	140
8.1.5	Modellierung	141
<b>8.2</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>146</b>
8.2.1	Trend	146
8.2.2	BIP hoch	158
8.2.3	Klima wärmer	161
<b>9</b>	<b>Vergleich der Energienachfrage nach Szenarien</b>	<b>165</b>
<b>9.1</b>	<b>Szenarien I bis IV: Trend</b>	<b>165</b>
<b>9.2</b>	<b>Szenarien I bis IV: BIP hoch</b>	<b>167</b>
<b>9.3</b>	<b>Szenarien I bis IV: Preise hoch</b>	<b>169</b>
<b>9.4</b>	<b>Szenarien I bis IV: Klima wärmer</b>	<b>171</b>
<b>9.5</b>	<b>Gesamtüberblick</b>	<b>173</b>
<b>10</b>	<b>Qualität der Resultate</b>	<b>175</b>
<b>11</b>	<b>Schlussbetrachtung</b>	<b>179</b>
	<b>Bibliografie</b>	<b>181</b>
	<b>Anhang: Energie- und Emissionsdaten für alle Szenarien</b>	<b>185</b>

**Anhangsband**

1. Einleitung	A1
2. Modellansatz	A3
3. Vorgaben	A51
4. Hochrechnungsfaktoren	A68
5. Spezifische Verbrauchsfaktoren	A113
6. Resultate im Überblick	A223

Anhang: Mengengerüst für Szenario I

## 1 Einleitung

Die Schweiz steht energiepolitisch vor einer zweifachen Herausforderung. Einerseits wird die Klimaproblematik immer greifbarer und in der öffentlichen Wahrnehmung immer dringender. Dass es auf der Erde mit unabsehbaren negativen Folgen immer wärmer wird, ist mittlerweile unbestritten. Immer klarer wird auch, dass die anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen weltweit massiv reduziert werden müssen. Und dass dabei die reiche Schweiz mit ihrem absolut zwar kleinen aber symbolisch umso wichtigeren Beitrag nicht abseits stehen darf, ebenso. Andererseits ist klar: Die bestehenden Kernkraftwerke müssen früher oder später ersetzt werden, sei es durch neue Kernkraftwerke oder aber durch fossilthermische Kraftwerke. Im ersten Fall bleibt das Risiko eines nuklearen Grossunfalls, im zweiten Fall entstehen zusätzliche CO<sub>2</sub>-Emissionen. Und dies bei einem grundsätzlich steigenden Elektrizitätsbedarf.

Vor diesem Hintergrund wurden im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE) für die Schweiz neue Energieperspektiven ausgearbeitet, um verschiedenen Optionen energiepolitischen Handelns auszuleuchten, sowohl bezüglich der Energienachfrage wie auch bezüglich des Energieangebotes. Das vorliegende Dokument befasst sich mit der Energienachfrage der Industrie, die von Basics bearbeitet wurde. Es fasst die wichtigsten Vorgaben und Annahmen zusammen und gibt einen knappen Überblick über die Resultate. Eine ausführlichere Darstellung – insbesondere bezüglich der Modellierung – ist in einem rund 200-seitigen Anhangsband enthalten.

Die Energieperspektiven basieren auf einem so genannten Szenario-Ansatz. Mit Szenarien werden keine Prognosen, sondern Wenn-Dann-Aussagen gemacht<sup>1</sup>: Sie versuchen (u.a.) eine Antwort auf die Frage zu geben, mit welchem Energieverbrauch und damit mit welchen CO<sub>2</sub>-Emissionen bei einer bestimmten Wirtschaftsentwicklung gepaart mit einer bestimmte Energiepolitik zu rechnen ist.

Die Energieperspektiven für die Schweiz umfassen ein ganzes Bündel von Szenarien und Sensitivitätsvarianten. Bezogen auf die Industrie können die Hauptszenarien wie folgt charakterisiert werden.

Szenario I modelliert im Sinne eines Trend-Szenarios die bisherige Energiepolitik und setzt diese plausibel in die Zukunft fort. Eine Untervariante (Szenario I-Abgabe) betrifft die CO<sub>2</sub>-Abgabe, wie sie vom Bundesrat vorgeschlagen wurde, zur Zeit (Ende Dezember 2006) aber kaum mehr Chancen auf eine baldige Einführung in der ursprünglich vorgesehenen Höhe hat.

---

<sup>1</sup> Eine konzise, gut lesbare Einführung zum Szenario-Ansatz ("Szenarien – Die Kunst in die Zukunft zu blicken") geben Popper et al. (2006)

Szenario II geht von einer verstärkten Zusammenarbeit zwischen Staat und Wirtschaft aus. Ausgangspunkt ist dabei eine für die Wirtschaft geltende CO<sub>2</sub>-Abgabe (wie in Szenario I-Abgabe, allerdings nur auf den Brennstoffen). Dazu wird mit einem jährlichen Mitteleinsatz von 30 Mio Franken das Energiesparen vor allem bei KMU's zusätzlich unterstützt, vornehmlich über die Subventionierung von Transaktionskosten. Ergänzt wird dieses Paket durch verschiedene Boni, wie u.a. die Möglichkeiten, sich von der CO<sub>2</sub>-Abgabe befreien zu lassen oder von so genannten "Effizienzтарifen" zu profitieren.

Szenario III setzt deutlich andere, d.h. ambitioniertere energiepolitische Prioritäten voraus. Es werden anspruchsvolle Ziele für die zu erreichenden CO<sub>2</sub>-Emissionsminderungen, für die Entwicklung des Energieverbrauchs pro Kopf und für den Verbrauchsanteil von Erneuerbaren Energien vorausgesetzt.

Szenario IV schliesslich soll den Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft aufzeigen. Gegenüber Szenario III sind damit die energie- und klimapolitischen Ziele nochmals deutlich verschärft worden.

In den Szenarien I und II sind die energiepolitischen Rahmenbedingungen und Instrumente vorgegeben. Die Modellierung bezweckt damit eine Art ex-ante-Evaluation: Mit welchen Energieverbräuchen und CO<sub>2</sub>-Emissionen muss in den jeweiligen Fällen gerechnet werden? In den Szenarien III und IV ist die Modellierungsaufgabe aber eine andere, indem Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Schweiz als Ganzes im Wesentlichen vorgegeben sind. Es handelt sich also um eigentliche "Zielszenarien". Gesucht ist zum einen der Beitrag, den die verschiedenen Nachfragesektoren leisten können. Zum andern geht es darum, mögliche Massnahmen und ihre "Eingriffsstärke" zu eruieren, die nötig sind, um die Ziele zu erreichen, so dass ein in sich stimmiges Gesamtszenario entsteht. Der Stellenwert der Szenarien III und IV ist methodisch und inhaltlich aber nicht der gleiche. Szenario III kann als Übergangsszenario zum Szenario IV verstanden werden, indem es die (realistische) Ausschöpfung der technischen Potenziale zum Thema hat, aber wegen der Ausklammerung der Einflüsse auf die Mengenkompnenten (Produktion) noch nicht ein in sich stimmiges Bild zu zeichnen vermag, aber als Basis für Szenario IV unverzichtbar ist.

Zusätzlich zu den vier Hauptszenarien werden verschiedenste Sensitivitätsvarianten durchgerechnet. Diese betreffen jeweils als Einzeleffekte durchgerechnet ein etwas höheres Wirtschaftswachstum als im Trendfall, deutlich höhere Energiepreise als im Trendfall sowie den quantitativen Einbezug der Klimaerwärmung (was sich u.a. in einem reduzierten Heizenergiebedarf äussert).

Gesamthaft wurden 20 Szenarien voll durchgerechnet, die sich in ihren quantitativen Ergebnissen mehr oder weniger stark unterscheiden (vgl. Tabelle 1-1). Wenn man berücksichtigt, dass ein einzelnes Szenario allein auf den resultierenden Energieverbrauch bezogen mehr als 100'000 Datenpunkte produziert, zeichnet sich ein schwieriges Darstellungsproblem ab: Die Resultate können nur hoch aggregiert und nur auf einige we-

nige Items beschränkt kommuniziert werden, zum Teil in Form von Tabellen, zum grösseren Teil in Form von Abbildungen. Und damit die Berichterstattung nicht ausfert, werden im Text nicht bei allen Szenarien immer die gleichen Informationen gegeben – sondern in einer von uns als sinnvoll erachteten Auswahl. Im Anhang finden sich aber für alle Szenarien in der gleichen Detaillierung Angaben zum Energieverbrauch und zu den CO<sub>2</sub>- sowie den Schadstoff-Emissionen. Selbstverständlich sind wir gerne bereit darüber hinaus, auf Anfrage weitere und detailliertere Informationen zu einzelnen Szenarien zu liefern, soweit dies aus Datenschutzgründen tatsächlich möglich ist<sup>2</sup>.

**Tab. 1-1: Übersicht über die für die Industrie quantifizierten Szenarien**

Hauptszenario	Sensitivitätsvariante / Subvariante
Szenario I: "Weiter wie bisher"	Trend BIP hoch Preise hoch Klima wärmer CO <sub>2</sub> -Abgabe Trend CO <sub>2</sub> -Abgabe BIP-hoch CO <sub>2</sub> -Abgabe Preise hoch CO <sub>2</sub> -Abgabe Klima wärmer
Szenario II: "Verstärkte Zusammenarbeit"	Trend BIP hoch Preise hoch Klima wärmer
Szenario III: "Neue Prioritäten"	Potenzial-Szenario Trend BIP hoch Klima wärmer
Szenario IV: "Wege in die 2000-Watt-Gesellschaft"	Ohne Rückwirkung auf Produktion Trend BIP hoch Klima wärmer

Nebst dieser inhaltlichen Beschränkung ist für die vorliegende Darstellung ein weiterer Punkt zu erwähnen. Sie versucht nämlich, Redundanzen zu vermeiden. Dies bedeutet, dass man grundsätzlich "seitentreu" lesen bzw. überfliegen müsste, dass heisst: von vorne nach hinten. Da wir aber nicht davon ausgehen, dass dies ein Leser oder eine Leserin tatsächlich macht, sondern sich nur für einzelne Szenarien oder Aspekte interessiert, sollte er oder sie mit Hilfe des Inhaltsverzeichnisses versuchen herauszufinden,

<sup>2</sup> Die Modellierung beinhaltet eine ganze Reihe von vertraulichen Daten. Damit ist eine Berichterstattung nur möglich in einem Rahmen, bei der keine direkten Rückschlüsse auf diese Daten möglich sind.

wo zu einem bestimmten Item offensichtlich zum ersten mal etwas Entscheidendes gesagt wird. Wenn man sich beispielsweise für eine BIP-hoch-Variante eines Szenarios interessiert, müsste man zuerst die entsprechenden Ausführungen in Kapitel 3 nachlesen, dann die entsprechende Berichterstattung zu Szenario I-BIP-hoch und erst dann zum interessierenden Szenario wechseln ...

Das vorliegende Dokument ist wie folgt aufgebaut:

Kapitel 2 gibt einen knappen Überblick über das Vorgehen zur Quantifizierung der Szenarien. Zunächst wird der Modell-Ansatz skizziert, dann die Bestimmung der spezifischen Energieverbräuche besprochen, sowie einiges zur Branchenaufgliederung, zu den unterschiedenen Energieträgern sowie zu den Systemgrenzen gesagt. Dann folgt ein kleiner Exkurs zur Klimanormierung. Den Abschluss bildet die Darstellung der energetischen Ausgangslage für das letzte in die Modellierung eingeflossenen Statistikjahr (2003).

Kapitel 3 beschäftigt sich mit den vorgegebenen Rahmenentwicklungen, innerhalb derer sich die Szenarien positionieren (und nicht in der Verantwortung von Basics liegen). Es geht um Wertschöpfung und Produktion, um Energiebezugsflächen, um die Energiepreisentwicklung und schliesslich um die Annahmen zum Klima.

Kapitel 4 liefert einen kleinen Exkurs zu Massnahmen und Instrumenten zur Senkung des industriellen Energieverbrauchs.

Die Kapitel 5 bis 8 fassen die wichtigsten Resultate für die Szenarien I bis IV (samt jeweiligen Sensitivitätsvarianten) zusammen; in Kapitel 9 werden einige Quervergleiche dargestellt.

In Kapitel 10 geht es um die (mutmassliche) Qualität der Resultate und Kapitel 11 schliesst mit einer Schlussbetrachtung seitens der Autoren.

## 2 Vorgehen

### 2.1 Modell-Ansatz

Das für die Modellierung des industriellen Energieverbrauches verwendete Modell basiert auf Arbeiten, die 1993 ihren Anfang nahmen und mit der Publikation der Resultate für die (damaligen) Szenarien I, II und III 1996 ihren ersten Abschluss fanden (Basics 1996). In der Folge wurden weitere Szenarien untersucht und das Modell in den Jahren 1999 und 2000 gründlich überholt und aktualisiert (Basics 2000). Für die seit Ende 2003 laufenden neuen Perspektivarbeiten wird im Wesentlichen das bestehende Modell verwendet, allerdings mit einer ganzen Reihe punktueller Verbesserungen. Dabei wurde auch der Übergang von einem Modell auf Fünf-Jahres-Basis zu einem Modell auf Jahresbasis vorgenommen.

Es kann hier selbstverständlich keine erschöpfende Beschreibung des Energie-Modells gegeben werden; eine ausführliche Dokumentation ist im separaten Anhangsband enthalten. Wir beschränken uns deshalb auf einige grundsätzliche Anmerkungen.

Die Grundidee des Modells besteht darin, die Vielfalt des industriellen Energieverbrauchs im Sinne eines so genannten Bottom-up-Ansatzes auf einzelne Prozesse aufzuteilen. Gesamthaft werden im Modell 143 industrielle Prozesse unterschieden, z.B. das Kochen, Blanchieren usw. in der Nahrungsmittelindustrie, das Klinkerbrennen in der Zementindustrie, das Pressen von Profilen, Rohren, Stangen usw. in der Metallindustrie. Zu diesen "typischen" Industrieprozessen kommen weitere 64 Prozesse, die die energetischen Aufwendungen für Raumheizung, Warmwasser, Büro usw. beschreiben.

Jeder dieser Prozesse wird mengenmässig über einen "Hochrechnungsfaktor" und energetisch über einen spezifischen Verbrauch beschrieben. Hochrechnungsfaktoren sind z.B.: Bier (hl), Rohaluminium (t), Papier (t), Zement (t), verschiedene Produktionsindizes, aber auch Energiebezugsflächen (m<sup>2</sup>). Durch die Multiplikation von Hochrechnungsfaktor und spezifischem Verbrauchsfaktor ergibt sich im Prinzip der Energieverbrauch für diesen Prozess. Allerdings muss dabei berücksichtigt werden, dass viele Prozesse verschiedene Energieträger gleichzeitig benötigen, etwa verschiedene Typen von Brennstoffen und allenfalls noch zusätzlich Elektrizität. In der Regel entspricht der Mix verschiedener Inputenergien bei einem Prozess einem Branchendurchschnitt. Durch Aufaddieren all dieser Energieverbräuche erhält man schliesslich den gesamtschweizerischen industriellen Energieverbrauch:

$$E(t) = \sum_{\substack{i=1 \text{ bis } 207 \\ j=1 \text{ bis } 12}} HF_i(t) \cdot SV_{i,j}(t)$$

Dabei bedeuten:

- $E(t)$ : Energieverbrauch im Kalenderjahr  $t$
- $HF$ : Hochrechnungsfaktor
- $SV$ : Spezifischer Verbrauchsfaktor
- $t$ : Kalenderjahr
- $i$ : Prozess
- $j$ : Energieträger

Dabei gilt, dass jedem Prozess genau ein Hochrechnungsfaktor zugeordnet ist. Umgekehrt ist diese Eindeutigkeit aber nicht gegeben; so werden etwa in der Papierindustrie verschiedene (energieintensive) Prozesse unterschieden und damit separat modelliert, die sich aber alle auf den gleichen Hochrechnungsfaktor beziehen.

Modellmässig hängen die spezifischen Energieverbräuche in den Produktionsprozessen über einen komplizierten Kohortenalgorithmus von den Hochrechnungsfaktoren ab: Je mehr produziert werden muss, desto stärker wird zuerst die Auslastung der bestehenden Anlagen zunehmen, und wenn dies nicht mehr reicht, wird der Anlagenpark mit zu meist energetisch besseren Einheiten erweitert. Umgekehrt werden bei Erreichen der "Altersgrenze" von Anlagen oder bei Rückgang der Produktion Anlagen ausgemustert. Zusätzlich können (in beschränktem Umfang) Energiepreis- und Substitutionseffekte abgebildet werden.

Für die Haustechnikprozesse kommt ein vereinfachtes Verfahren zum Zug: Für die Büroräumlichkeiten werden im Wesentlichen die Resultate des Centre for Energy Policy and Economics der ETH-Zürich (CEPE) für die "übrigen Bürogebäude" übernommen, für die Produktionsräumlichen werden die spezifischen Verbräuche ausgehend von einem *generischen* Kohortenprozess und einer Kalibrierung auf branchenübliche Durchschnittswerte ermittelt (Details im Anhangsband).

Wendet man diesen Modellierungsansatz auf die *Vergangenheit* an, dann ist einsichtig, dass man mit schwierigen Konsistenzproblemen konfrontiert wird: Zunächst sind die Hochrechnungsfaktoren vorgegeben, für viele Prozesse sind auch die durchschnittlichen spezifischen Verbräuche im Zeitablauf bekannt, und last but not least ist über die Energiestatistik der gesamthaft resultierende Energieverbrauch abgesehen von statistischen Differenzen vorgegeben. Weiter existieren für eine ganze Reihe von Branchen "eigene" Energiestatistiken, die ebenfalls sinnvoll ins Bild passen sollten, von vielen weiteren Detailinformationen ganz zu schweigen.

Es musste deshalb für die Vergangenheit mit den Methoden der Ausgleichsrechnung, z.T. aber auch mit einfachen Plausibilitätsüberlegungen, ein möglichst in sich stimmiges Set von Modell-Daten kreierte werden, das gesamthaft gesehen die Energie-

verbrauchsstatistik möglichst genau reproduziert.<sup>3</sup> Bei einigen Energieträgern ist uns dies gut gelungen (etwa bei der Elektrizität), bei andern ergeben sich grössere Diskrepanzen (etwa beim Heizöl extra leicht). Wenn immer möglich und sinnvoll haben wir auf die Energiestatistik kalibriert, in einzelnen Fällen haben wir aus Konsistenzgründen die Differenzen aber auch stehen lassen (etwa für das Gas oder für einzelne Jahre bei der Kohle). Gesamthaft gesehen passen Modell und Statistik recht gut zusammen, auch wenn es im Einzelnen durchaus grössere Diskrepanzen gibt (vgl. auch Abschnitt 2.6).

## 2.2 Bestimmung der spezifischen Energieverbräuche

Wie im vorigen Abschnitt schon angedeutet, ergeben sich im Modell die spezifischen Energieverbräuche über einen Kohortenalgorithmus. Input für diesen Algorithmus sind Anlagengenerationen, die für jeweils einige Jahre einen typischen energetischen und technologischen Durchschnitt darstellen. Bei der Definition der massgeblichen Kenngrössen dieser Anlagengenerationen wird zum Teil direkt auf Brancheninformationen zu einzelnen konkreten Anlagen abgestellt (etwa in der Papier- oder der Zementindustrie), in der Regel handelt es sich aber um ein Konstrukt, beruhend auf Angaben zu Best Practice-Werten, Benchmark-Analysen, Sparpotenzialen (relativ und absolut), Querschnittstechnologien usw., geeignet in der Zeit verortet.

Grundsätzlich geht man davon aus, dass in der Industrie heute nicht alle Energiesparmassnahmen getroffen werden, die effektiv wirtschaftlich wären. In der EU rechnet man, dass wenn *heute* alle wirtschaftlichen Massnahmen realisiert wären, der Energieverbrauch um etwa 20 Prozent geringer wäre (COM 2003). Rein technisch gesehen wäre sogar eine Minderung um 40 Prozent möglich. Für die Schweiz gehen wir gesamthaft von etwa halb so grossen aktuellen Potenzialen aus, die sich bis Ende 2035 wegen des technischen Fortschrittes etwa verdoppeln würden.

Ein wichtiger inhaltlicher "Aufhänger" für die Anlagendefinition sind so genannte Querschnittstechnologien. Es sind dies Technologien, die nicht nur in ganz spezifischen Produktionsprozessen, sondern branchenübergreifend in ganz unterschiedlichen Zusammenhängen zur Anwendung gelangen. Die für das Modell berücksichtigten Querschnittstechnologien fasst Tabelle 2-1 zusammen (verwendete Quellen: Basics (2000), verschiedene Sites wie ATLAS, MOTOR CHALLENGE PROGRAMM, die IKARUS-Datenbank samt den zugehörigen Publikationen sowie zahlreiche weitere Unterlagen, insbesondere vom Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung in Karlsruhe (ISI), vgl. Bibliografie). Die Spannweiten bedeuten etwa Folgendes: Die untere Grenze markiert zumeist die wirtschaftlich besonders lukrativen Potenziale

---

<sup>3</sup> Im eigentlichen Sinne des Wortes gibt es für die Industrie gar keine vollständige Energieverbrauchs-Statistik. Für bestimmte Energieträger musste diese aus öffentlichen und internen Angaben mittels geeigneter Differenzüberlegungen erst konstruiert werden.

*und/oder* jene Fälle, bei denen die Anwendung bzw. Verbesserung einer bestimmten Querschnittstechnologie nur eingeschränkt möglich ist. Die obere Grenze meint demgegenüber eher weniger wirtschaftliche Potenziale *und/oder* Fälle, bei denen die Anwendung bzw. Verbesserung einer bestimmten Querschnittstechnologie besonders viel bringt.<sup>4</sup>

**Tab. 2-1: Querschnittstechnologien und ihre Sparpotenziale**

Technologie	Anwendungsbereich	Mögliche Reduktionen bis 2020 des Gesamtenergieverbrauchs in typischen Anwendungen bei Einsatz der besten Technologie gegenüber heutigem Durchschnitt (in %)
Elektromotoren Drehzahlregulierung, Lastmanagement, Vermeidung von Teillastzuständen	Umwandlung von Elektrizität in mechanische Energie	5 - 35
Kompressionsmaschinen Pumpen Verrohrungsgeometrie Druckluft	Bereitstellung und Transport von Fluiden	2 - 15 8 - 20 5 - 25 5 - 50
Wärmetauscher Kaskadennutzung, Brüdenkompression	Wärmerückgewinnung	4 - 20 8 - 40
Trockner Erwärmungstechnologien: Laser, Lichtbogen, Mikrowellen, Infrarotstrahlung, induktives Heizen	Erwärmung	2 - 15 5 - 25
Brenner Kondensationskessel	Verbrennungsvorgänge	4 - 10 6 - 8
Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen	Elektrizitäts- und Wärmeproduktion	5 - 12 (Primärenergie)
Wärmedämmung	Kessel Rohre (heisse und kalte Fluide)	4 - 8 5 - 20
Recycling (Papier, Karton, Glas, Aluminium, Stahl u.a.)	Rohstoffe/Ausgangsstoffe	15 - 80

<sup>4</sup> Ein Beispiel für den letzten Fall stellt die vollständige Umstellung eines bisher klassisch geführten chemischen Prozesses auf einen biotechnologisch basierten Prozess dar. Im Einzelfall kann daraus eine Verringerung des Energieverbrauchs um fast 100 Prozent resultieren (z.B. dann wenn der Prozess nun bei Zimmertemperatur ablaufen kann). Die Biotechnologie ist gleichzeitig auch ein Beispiel dafür, dass auch andere als technische oder ökonomische Gründe eine energetische Verbesserung verhindern können: Biotechnologische Prozesse sind nämlich bewilligungspflichtig mit z.T. recht aufwändigen und langwierigen Genehmigungsverfahren.

**Tab. 2-1: Querschnittstechnologien und ihre Sparpotenziale (Fortsetzung)**

Biotechnologie	Chemie	0 - 95
Tribologische Massnahmen	Schmierem, Kuppelungen, Transmission, Getriebe	3 - 20
CAx Roboterisierung Automatisierung Biotechnologie	Produktionsablauf	(-2)* - 15 (-10)* - 10 (-5)* - 18 0 - 95
Messen, Regeln, Steuern	für alle Produktionsprozesse	6 - 15

\* Minuszeichen: Zunahme

Tabelle 2-2 zeigt für einen Prozess aus der Nahrungsmittelindustrie ("Pumpen, Fördern u.a.") einige Eckdaten, wie sie für Szenario I angenommen werden<sup>5</sup>. Passend zur wirtschaftlichen Entwicklung werden nach Erreichen der maximalen Lebensdauer (hier gleich bleibend 20 Jahre) die alten Anlagen durch neue Anlagen ersetzt. Das Resultat einer solchen Rechnung zeigt Abbildung 2-3. Dabei ist zu beachten, dass die Nahrungsmittelindustrie in der Schweiz, bezogen auf die physische Produktion, recht stark schrumpft (bis 2035 gegenüber 2003 um ca. 24 %, vgl. Kapitel 3), so dass alte, energetisch schlechte Anlagen im Park stärker dominieren als in ausgesprochenen Wachstumssektoren wie etwa der Chemie. Dennoch folgt über den Anlagenumschlag eine Reduktion des durchschnittlichen spezifischen Energieverbrauchs um 18 % (gemessen an der schlechtesten im Jahr 1990 noch in Betrieb stehenden Anlagengeneration).

**Tab. 2-2: Einige Eckdaten für die acht unterschiedenen Anlagengenerationen im Prozess "Pumpen, fördern u.a." in der Nahrungsmittelindustrie in Szenario I**

Anlagen- generation	Kapazitätsanteile 1990 (%)	Durchschnittlicher spezifischer Elektrizitäts- verbrauch	Lebensdauer (Jahre)	neu bis	neu ab
1	20	100	20	1990	-
2	60	96	20	1990	-
3	20	91	20	2000	-
4		88	20	2010	1995
5		85	20	2020	2005
6		82	20	2030	2010
7		81	20	2040	2020
8		80	20	2045	2030

<sup>5</sup> Im Anhangsband sind für sämtliche Produktionsprozesse für Szenario I die entsprechenden Daten enthalten.

**Abb. 2-3: Anlagenmix (Kapazitäten) für den Prozess "Pumpen, Fördern u.a." in der Nahrungsmittelindustrie (die angegebenen Zahlen bezeichnen den durchschnittlichen spezifischen Elektrizitätsverbrauch bezogen auf die schlechteste Anlagengeneration (links unten, siehe auch Tab. 2-2). Le-sebeispiel: Im Jahr 2005 besteht der Anlagenpark aus nur zwei Typen: zu etwa 25 % vom Typ 91, zu etwa 75 % vom Typ 88.**

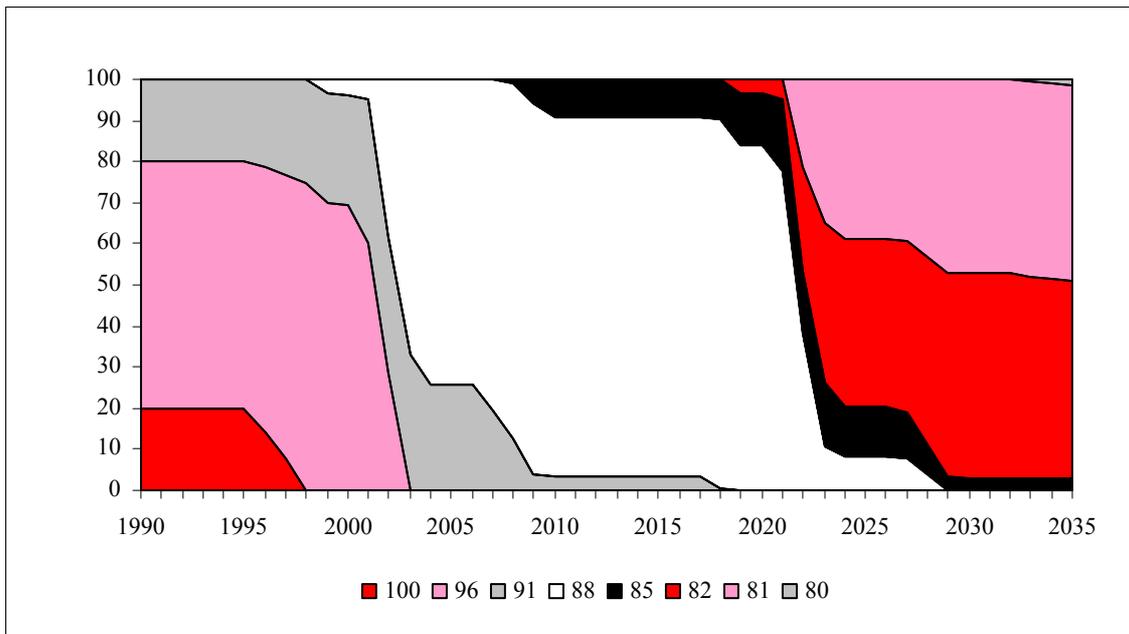
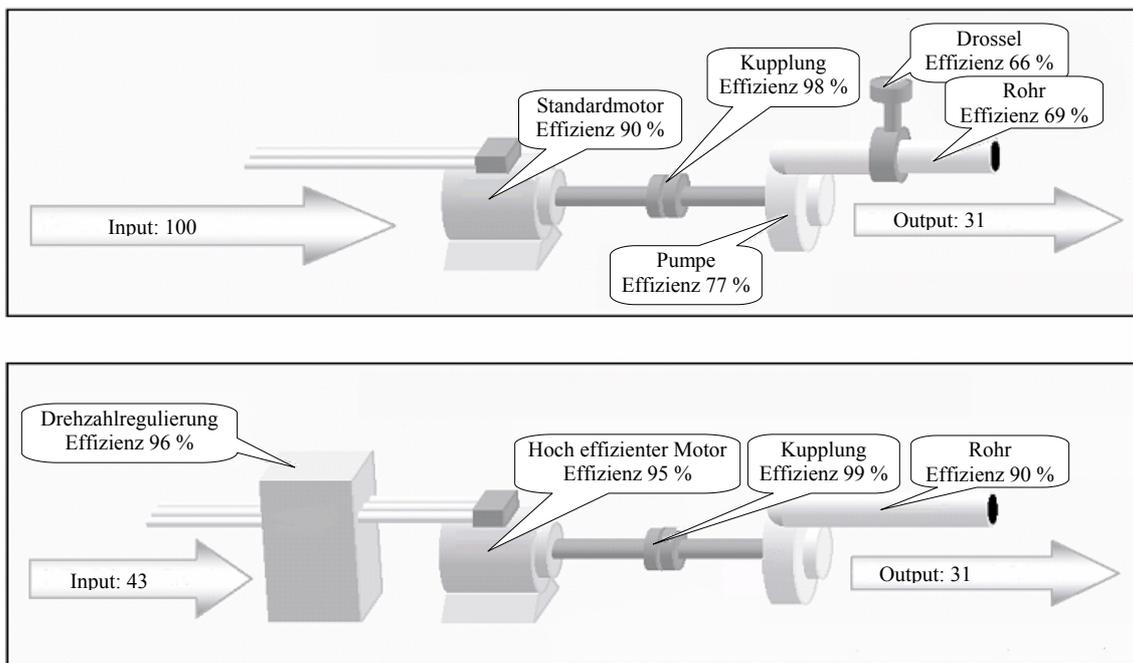


Abbildung 2-4 zeigt anhand eines konkreten, aber etwas "didaktisierten" Beispiels, wie man sich diese kontinuierliche Verbesserung eines Prozesses technisch vorstellen kann. Ein konventionelles, energetisch schlechtes Pumpensystem weist einen Gesamtwirkungsgrad von bloss 31 % auf. Durch eine energetische Ertüchtigung, welche die verschiedensten heute verfügbaren Effizienztechnologien berücksichtigt, ist eine Steigerung des Gesamtwirkungsgrades auf 72 % möglich. Bezogen auf den Input hat damit der spezifische Verbrauch von 100 auf 43 abgenommen.

Eine so grosse Reduktion ist aber nicht typisch. Sie ist an spezielle Bedingungen der Ausgangssituation gebunden. So muss als wichtigste Voraussetzung das Pumpensystem eine Laufzeit von jährlich einigen Tausend Stunden aufweisen. Dann sollte der Teillastbetrieb dominieren (damit sich eine Drehzahlregulierung lohnt). Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass bereits etwa ein Viertel aller relevanten Motoren mit einer Drehzahlregulierung ausgestattet ist. Nimmt man alle diese (und weitere) Einschränkungen zusammen, so kann man basierend auf Erfahrungswerten und aktuellen Befragungsergebnissen (vgl. Basics 2006 a) davon ausgehen, dass heute etwa 12 bis 15 Prozent Gesamtwirkungsgradverbesserung gegenüber dem durchschnittlichen Ausgangszustand möglich sind (unter Berücksichtigung des technischen Fortschrittes bis gegen 20 Prozent).

**Abb. 2-4: Konventionelles Pumpsystem (oben, Gesamtwirkungsgrad 31 %, energieeffizientes Pumpsystem, welches verschiedenen Effizienztechnologien kombiniert (unten, Gesamtwirkungsgrad 72 %, wegen der Drehzahlregulierung kann auf die Drossel verzichtet werden; Quelle: de Keulenaer 2005)**



Diese Verbesserung kann aber nicht von heute auf morgen erreicht werden, wenn diese wirtschaftlich sein soll. Dies bedeutet, dass in der Regel nur dann eine Sparinvestition getätigt wird, wenn aus andern Gründen ohnehin am Prozess bzw. an der Anlage etwas geändert oder zugebaut wird. Zudem: Nicht alle Massnahmen im Beispiel sind gleich einfach zu realisieren: Ein effizienterer Motor ist relativ leicht einzubauen, eine Drehzahlregulierung unter Umständen schon erheblich schwieriger, eine reibungsarme Verrohrung schliesslich kann wegen geometrischen Problemen vielleicht erst bei einer vollständigen Neukonzeption eines ganzen Prozesses realisiert werden. Genau diese zeitliche Staffelung von Sparmöglichkeiten soll im Modell durch die Bildung von verschiedenen Anlagengenerationen abgebildet werden.<sup>6</sup>

Auch wenn bei den meisten Prozessen der spezifische Energieverbrauch in Bezug auf den jeweiligen Hochrechnungsfaktor im Zeitablauf rückläufig ist, gilt dies nicht durchwegs. Ausnahmen sind zunächst so genannte "Konfektionierungsprozesse", die ein produziertes Gut "veredeln", leichter anwendbar oder länger haltbar machen sollen. Typisches Beispiel hierfür sind Fertiggerichte (bis hin zum eigentlichen "Designer-Food"),

<sup>6</sup> Mit unterschiedlichen Anlagengenerationen kann man aber auch völlig neue Produktionsprozesse "einführen" (vgl. Anhangsband).

die einen immer grösseren Anteil an der Nahrungsmittelproduktion einnehmen (werden), in der Herstellung aber deutlich energieintensiver als die "normalen" Produkte sind. Oder Oberflächen, die künftig immer öfter mit schmutzabweisenden Schichten versehen sein werden. Aber auch Umweltschutzprozesse gehören dazu: Eine zusätzliche Filterung der Abgase oder Klärung der Abwässer, die Vermeidung von bestimmten Lösungsmitteln usw. führt in der Tendenz zu einem Mehrverbrauch.

Zur Abbildung der Szenarien I bis II reichen die so fixierten Anlagengenerationen aus, indem etwa eine Verstärkung der Politik durch eine entsprechende Veränderung des Auswahlprozesses von (neuen) Anlagen abgebildet werden kann<sup>7</sup>, ergänzt, wenn passend, um elastizitätsbasierte Ansätze. Für die eingriffsstarken Szenarien III und IV reicht das nicht mehr. Für diese Szenarien wurden die Daten der für Szenario I angenommen Anlagen sowohl energetisch wie auch bezüglich der Lebensdauer angepasst und zum Teil durch zusätzliche Anlagen ergänzt, um auf diese Weise auch Technologiebrüche abbilden zu können. Weitere Informationen zum Kohortenalgorithmus finden sich im Anhangsband.

## 2.3 Branchenaufgliederung

Tabelle 2-5 zeigt die Branchenaufgliederung des Industriemodells. Sie orientiert sich einerseits an der so genannten NOGA-Struktur (d.h. an der Allgemeinen Systematik der Wirtschaftszweige, wie sie vom Bundesamt für Statistik verwendet wird), andererseits an der Energieverbrauchsthematik, indem grosse, homogene Verbraucher möglichst eine eigene "Branche" bilden.

**Tab. 2-5: Branchenaufgliederung des Industriemodells von Basics**

Nr.	Branche (Kurztitel)	Beschreibung	Unterabschnitt (NOGA)	Abteilung, Gruppe, Art (NOGA)
01	Nahrung, Getränke, Tabak	Herstellung von Nahrungsmitteln und Getränken, Tabakverarbeitung	DA	15, 16
02	Bekleidung	Herstellung von Textilien und Bekleidung	DB	17, 18
		Herstellung von Lederwaren und Schuhen	DC	19
03	Papier und Karton		DE	21

<sup>7</sup> Wie Tabelle 2-2 zeigt, sind die Anlagengenerationen so definiert, dass zu jedem Zeitpunkt mindestens zwei Anlagengenerationen zur Auswahl stehen.

**Tab. 2-5: Branchenaufgliederung des Industriemodells von Basics (Fortsetzung)**

Nr.	Branche (Kurztitel)	Beschreibung	Unterab- schnitt (NOGA)	Abteilung, Gruppe, Art (NOGA)
04	Chemie		DG	24
05	Glas	Herstellung von Glas und Glaswaren	DI	26.1
06	Keramik und Ziegel	Herstellung von keramischen Erzeugnissen (ohne Ziegelei und Baukeramik), Herstellung von keramischen Wand- und Bodenfliesen und -platten, Herstellung von Ziegeln und sonstiger Baukeramik	DI	26.2 26.3 26.4
07	Zement	Herstellung von Zement, Kalk und gebranntem Gips	DI	26.5
08	Übrige NE-Mine- ralien	Herstellung von Erzeugnissen aus Beton, Gips und Zement, Be- und Verarbeitung von Natursteinen, Herstellung von sonstigen Produkten aus nichtmetallischen Mineralien	DI	26.6 26.7 26.8
09	Metalle, Giessereien	Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen (EGKS*), Herstellung von Rohren, Sonstige Erstbearbeitung von Eisen und Stahl; Herstellung von Ferrolegierungen nicht EGKS; Giesserei-industrie	DJ	27.1 27.2 27.3 27.5
10	NE-Metalle	Erzeugung und Erstbearbeitung von NE-Metallen	DJ	27.4
11	Metallerzeugnisse	Herstellung von Metallerzeugnissen (ohne Maschinenbau)	DJ	28
12	Maschinenbau, Fahrzeugbau	Maschinenbau; Herstellung von Automobilen, Anhängern und Zubehör, Herstellung von sonstigen Fahrzeugen	DK	29 34 35
13	Geräte	Herstellung von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen, Herstellung von Geräten der Elektrizitätserzeugung, -verteilung u. ä., Herstellung von Geräten der Radio-, Fernseh- und Nachrichtentechnik, Herstellung von mediz. Geräten, Präzisionsinstrumenten, optischen Geräten und Uhren	DL	30 31 32 33
14	Energie, Wasser	Kokerei; Mineralölverarbeitung; Behandlung von nuklearen Brennstoffen	DF	23
		Energieversorgung, Wasserversorgung	E	40, 41
15	Baugewerbe		F	45

**Tab. 2-5: Branchenaufgliederung des Industriemodells von Basics (Fortsetzung)**

Nr.	Branche (Kurztitel)	Beschreibung	Unterab- schnitt (NOGA)	Abteilung, Gruppe, Art (NOGA)
16	Übrige	Kohle- und Torfgewinnung, Gewinnung von Erdöl und Erdgas, Erbringung damit verbundener Dienstleistungen, Gewinnung von Uran- und Thoriumerzen	CA	10 11 12
		Erzbergbau, Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau	CB	13 14
		Be- und Verarbeitung von Holz (ohne Herstellung von Möbeln)	DD	20
		Verlagsgewerbe, Druckgewerbe, Vervielfältigung von bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern	DE	22
		Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	DH	25

\* NE = Nichteisen

\*\* Das Kürzel EKGS (= Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl) bezieht sich auf einen Vertrag der Europäischen Gemeinschaft aus dem Jahr 1952, in dem u. a. die verschiedenen Stahlprodukte international verbindlich definiert wurden.

Bei dieser Branchenaufteilung ist zu beachten, dass diese *nur sehr eingeschränkt kongruent* zu den entsprechenden Branchenverbänden ist, welche zum Teil eigene Energiestatistiken für ihre Mitglieder erstellen (etwa die "Schweizerische Gesellschaft für Chemische Industrie (SGCI)", die statistisch gesehen nicht die ganze Chemie-Branche umfasst, oder die SWISSMEM, die einen Zusammenschluss von Unternehmen verschiedener Branchen darstellt).

Zudem entspricht die statistische Zuordnung einer Unternehmung oder einer Arbeitsstätte zu einer bestimmten Branche oft nur zu einem Teil der "richtigen" Branchenzugehörigkeit (prinzipielle Zuordnungsunschärfen, historische Gründe u.a.). Dennoch wurde die gesamte Energiemodellierung auf diese Struktur ausgerichtet, um den "Anschluss" an die amtliche Statistik mit ihren vielen Zusatzinformationen möglich zu machen und in sich stimmig zu halten.

Tabelle 2-6 zeigt, wie die 143 unterschiedenen Produktionsprozesse den für die Energiemodellierung unterschiedenen 16 Branchen zugeordnet sind.

**Tab. 2-6: Anzahl Produktionsprozesse je Branche**

Basics-Nr.	Kürzel	Anzahl Produktionsprozesse
1	Nahrung, Getränke, Tabak	16
2	Bekleidung	6
3	Papier und Karton	13
4	Chemie	18
5	Glas	4
6	Keramik und Ziegel	6
7	Zement	9
8	Übrige NE-Mineralien	2
9	Metalle, Gießereien	9
10	NE-Metalle	13
11	Metallerzeugnisse	15
12	Maschinenbau, Fahrzeugbau	11
13	Geräte	8
14	Energie, Wasser, Abfall	1
15	Baugewerbe	4
16	Übrige	8
Total		143

## 2.4 Energieträger und Systemabgrenzungen

Im Modell werden gesamthaft 12 verschiedene Energieträger unterschieden, vgl. Tabelle 2-7. Die Reihenfolge der einzelnen Energieträger hat keine inhaltliche Bedeutung, sie entspricht einfach der "historisch gewachsenen" Reihenfolge im Modell. Zu betonen ist, dass grundsätzlich immer der *Endverbrauch* an Energieträgern gemeint ist. Damit sind z.B. die energetischen Aufwendungen einer Ölraffinerie im Rahmen des Raffinationsprozesses nicht enthalten, wohl aber z.B. ihr Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser.

Eine wichtige Ausnahme stellt die Wärme-Kraft-Kopplung dar, d.h. die "gekoppelte" Produktion von Elektrizität und (genutzter) Abwärme. Hier werden sämtliche Inputenergien als Endverbrauch gerechnet, wie auch der Verbrauch der damit produzierten Elektrizität. Insofern ergibt sich eine (in Energieverbrauchsstatistiken tatsächlich übliche) Doppelzählung. Diese Doppelzählung macht im Jahr 1990 etwa 1.5 PJ aus, im Jahr 2035 je nach Szenario um 2.5 bis 3.5 PJ. Um diese Werte müsste man in einer konsequenten Endenergieverbuchung den Elektrizitätsverbrauch *verringern*. In den Gesamtbilanzen von Prognos werden diese Doppelzählungen über die so genannten CO<sub>2</sub>-Gutschriften aber berücksichtigt, insbesondere natürlich in jenen Elektrizitätsangebotsvarianten, bei denen die industrielle Wärme-Kraft-Kopplung einen grösseren Anteil aufweist.

**Tab. 2-7: Energieträger im Modell**

Modell-Kürzel	Erläuterungen
HEL	Heizöl extra leicht
GAS	Primär Erdgas, früher auch Stadtgas
ELEKT	Elektrizität, inkl. eigenproduzierter Elektrizität (thermisch und hydraulisch); fossilthermischer Input wird als Endverbrauch bei den entsprechenden Energieträgern gerechnet.
NAHFERN	Nah- und Fernwärme, ohne innerbetriebliche Abwärmenutzung u.ä.
HOLZ	Holz und Holzkohle, kein Altholz und keine Holzabfälle
KOHLE	vor allem Steinkohle, aber auch Braunkohle und Koks
ERNEU	(neue) erneuerbare Energieformen (Umgebungswärme über Wärmepumpen, solarthermische Anwendungen u.ä., wird in allen Szenarien der Raumwärme und der Warmwasseraufbereitung zugewiesen)
DIES	Diesel, vor allem im Baugewerbe ( <i>off-road</i> ), wird in diesem Dokument aber nicht ausgewiesen <sup>8</sup>
HMS	Heizöl mittel und schwer (ersteres kommt praktisch nicht mehr vor)
ABFALL	Industrieabfälle, Altholz u.a.
PETRK	Petrolkoks
UEBGAS	Übrige Gase, vor allem Propan und Butan

## 2.5 Klimanormierung

Der Energieverbrauch der Industrie hängt vom "Klima" (eigentlich Witterung) ab: In einem kalten Jahr kann der gesamte industrielle Energieverbrauch um mehr als 5 % grösser sein als in einem warmen Jahr. Da in der Projektion ein durchschnittliches Klima unterstellt wird, müssen für Vergleichszwecke die effektiven Verbrauchswerte der Vergangenheit "klimanormiert" werden.

Hierzu wird formelmässig der folgende Ansatz verwendet:

<sup>8</sup> Der Off-road-Anteil des Dieselverbrauchs wird gemäss neuer Aufgabenteilung von Inframodelliert. Im Modell von Basics wird der Dieselverbrauch aus Konsistenzgründen aber nach wie vor "mitgeschleppt", doch ohne neue Erkenntnisse zu berücksichtigen.

$$E_{\text{klimanormiert}} = \frac{E_{\text{effektiv}} \cdot 3588}{3588 + (HGT - 3588) \cdot a} \quad \text{mit } a = 0.75$$

$E_{\text{effektiv}}$  effektiver klimaabhängiger Energieverbrauch (im Wesentlichen Raumheizung und Warmwasser)

$HGT$ : Heizgradtagzahl

Die Klimanormierung bezieht sich damit nur auf den Heizungsanteil des Energieverbrauchs (der für alle 16 Modellbranchen mehr oder weniger genau geschätzt werden konnte). Dabei ist zu beachten, dass die Heizungsanteile in den verschiedenen Industriebranchen sehr stark variieren, von praktisch null Prozent bis weit über 50 Prozent. Der nicht heizungsbezogene Teil des Energieverbrauchs wird nicht klimanormiert.

Aus der Klimanormierung des Energieverbrauchs folgt dann automatisch die entsprechende Normierung in den CO<sub>2</sub>-Emissionen. Dieses Verfahren entspricht dem Vorgehen, welches das Bundesamt für Energie (BFE) und das Bundesamt für Umwelt (BAFU) mit der Energieagentur der Wirtschaft (EnAW) abgesprochen haben. Sämtliche hier ausgewiesenen Modellresultate verstehen sich als klimanormiert, das heisst auf ein Jahr mit 3588 Heizgradtagen bezogen<sup>9</sup>. Dies gilt auch für die im nächsten Abschnitt für das Jahr 2003 (als dem letzten Statistik-Jahr) ausgewiesenen Energieverbräuche.

## 2.6 Energetische Ausgangslage

Auch wenn das Energienachfrage-Modell für die Industrie grundsätzlich entlang der effektiven Verbrauchsdaten für die Jahre 1990 bis 2003 kalibriert worden ist, gibt es doch so etwas wie eine auf ein Jahr bezogene energetische Ausgangslage. Diese bezieht sich im vorliegenden Fall auf das Jahr 2003, dem letzten Jahr, für welches effektive Energieverbrauchsdaten in die Modellierung eingegangen sind.<sup>10</sup> Tabelle 2-7 zeigt die entsprechenden Daten in klimanormierter Form, differenziert nach Branchen und Energieträgern.

---

<sup>9</sup> Diese Zahl liegt deutlich über den tatsächlichen HGT-Zahlen der letzten Jahre.

<sup>10</sup> Aus Kosten- und Zeitgründen wurde in Absprache mit dem Auftraggeber darauf verzichtet, eine Aktualisierung der Modelldaten und -algorithmen bis und mit dem Statistikjahr 2005 vorzunehmen und allfällig nötige rückwirkende Korrekturen anzubringen. Im Rahmen einer kleinen separaten Untersuchung für das BAFU (Basics 2006b) ergibt sich unter Berücksichtigung aller Statistikdaten bis und mit 2005 für die Industrie für das Jahr 2003 ein etwas kleinerer klimanormierter industrieller Energieverbrauch von 172'985 TJ. Der grösste Teil der Differenz geht dabei auf das Konto von HEL, dessen Verbrauch unter Berücksichtigung der neusten Input-Daten um rund 2'000 TJ kleiner ausfällt.

**Tab. 2-8: Klimanormierter Energieverbrauch der Industrie nach Branchen und Energieträgern differenziert für das Jahr 2003 (Angaben in TJ)**

Nr. Branche	Elektrizität	HEL	HMS	Petrolkoks	Erdgas	Übrige Gase
1 Nahrung	4'798	5'274	376	39	3'445	152
2 Bekleidung	3'272	1'091	168	0	922	412
3 Papierindustrie	6'758	822	2'378	0	6'196	129
4 Chemie	11'866	3'060	119	32	11'774	16
5 Glas	1'214	267	966	0	973	689
6 Keramik	418	950	253	0	1'441	1'020
7 Zement	1'315	64	670	163	60	16
8 NE-Mineralien	353	2'523	0	0	533	375
9 Metalle	6'819	636	121	97	2'546	181
10 NE-Metalle	4'688	262	1	0	900	47
11 Metallerzeugnisse	2'478	1'772	155	1	923	549
12 Maschinenbau	4'527	3'747	333	68	1'830	216
13 Elektrotechnik	3'580	3'375	58	0	2'183	1'279
14 Energie	1'861	395	0	0	152	6
15 Bau	4'415	2'224	0	0	462	219
16 Übrige	7'552	4'051	42	1	1'551	59
Industrie total	65'915	30'511	5'641	402	35'891	5'365
Industrie total effektiv	65'848	29'944	5'569	397	35'426	5'330
GEST 2003	65'850	40'440	(5'310)	(210)	33'040	(5'330)

Nr. Branche	Kohle	Fernwärme	Holz	Abfall	Erneuerbare Energien	Total
1 Nahrung	165	258	0	206	61	14'775
2 Bekleidung	29	243	18	16	27	6'199
3 Papierindustrie	0	3'819	0	2'893	15	23'009
4 Chemie	51	373	0	4'646	46	31'983
5 Glas	0	0	0	0	4	4'113
6 Keramik	0	0	0	15	4	4'102
7 Zement	4'679	0	0	5'443	1	12'411
8 NE-Mineralien	0	0	0	0	11	3'795
9 Metalle	414	45	0	0	6	10'865
10 NE-Metalle	0	0	0	96	3	5'996
11 Metallerzeugnisse	114	270	0	0	46	6'309
12 Maschinenbau	286	569	0	0	82	11'657
13 Elektrotechnik	15	140	45	0	89	10'766
14 Energie	0	0	0	0	15	2'429
15 Bau	0	179	103	0	57	7'658
16 Übrige	45	151	5'557	84	85	19'178
Industrie total	5'799	6'049	5'723	13'400	550	175'245
Industrie total effektiv	5'790	6'020	5'554	13'387	550	173'815
GEST 2003	5'790	6'020	8'230	11'950	550	171'870

Zusätzlich eingetragen sind die Werte, wie sie sich aus dem Modell als "effektiven" Gesamtverbrauch für die jeweiligen Energieträger ergeben, das heisst als Verbrauch *ohne* Klimanormierung. Erst diese Werte sind mit jenen der Gesamtenergiestatistik (GEST) für das Jahr 2003 zu vergleichen, die ebenfalls eingetragen sind. Bei einem solchen Vergleich ist zu beachten, dass der GEST-Eintrag in der Rubrik "HEL" sämtliche Erdölprodukte meint und für die Summenbildung die eingeklammerten Angaben für HMS, Petrolkoks und Übrige Gase nicht verwendet werden. Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass in der GEST zwischenzeitlich der industrielle Holzenergieverbrauch nach unten korrigiert wurde



### 3 Rahmenentwicklungen

Mit Rahmenentwicklungen sind quantifizierbare Vorgaben gemeint, die nicht unmittelbar mit dem Energieverbrauch zusammenhängen, aber diesen – szenarioabhängig – wesentlich mitbestimmen. Traditionellerweise gehören zu diesen Rahmenentwicklungen sozioökonomische Grössen wie Beschäftigte, Wertschöpfung, Produktion, Energiebezugsflächen, Preise, aber im vorliegenden Fall auch klimatische Vorgaben. Diese Vorgaben sollten idealerweise nicht in der Verantwortung der Energiemodellierung sein, sondern die Rolle von exogen vorgegebenen Grössen einnehmen. Tatsächlich ist dies im Falle der Industrie nur zum Teil der Fall. Etwa bezüglich der Produktion (im Sinne von Hochrechnungsfaktoren). Diese wird von Basics aus den branchenspezifischen Vorgaben zur Wertschöpfung selbst abgeleitet und stellt damit ein eigenständiges "intermediäres" Modellresultat dar<sup>11</sup>. Analog bei den Energiebezugsflächen: Wir verfügen zwar über eine Vorgabe bezüglich der Gesamtfläche, nicht aber über die Leerstände, die Verteilung auf die einzelnen Branchen und die Aufteilung auf Büro- und Produktionsflächen (welche energetisch ganz unterschiedlich zu bewerten sind). Auch diese Aufteilungen sind damit bereits Modellresultate, die von Basics verantwortet werden müssen. Aus systematischen Gründen werden sie aber hier mit in die Darstellung einbezogen.

#### 3.1 Wertschöpfung und Produktion

##### 3.1.1 Trend

Die wichtigsten Vorgaben für die Modellierung betreffen die Wertschöpfungsdaten von Ecoplan (vgl. Tabelle 3-1). Abgesehen von der Chemie entwickeln sich die einzelnen Industriebranchen eher moderat, für einige Branchen wird gar ein Rückgang prognostiziert. Gesamthaft gesehen wächst die industrielle Wertschöpfung in der Zeit von 1990 bis 2035 zwar um 31 Prozent, allerdings entfällt in absoluten Grössen ziemlich genau die Hälfte des Wachstums allein auf die Chemie.

Vergleicht man die industrielle Wertschöpfung mit der gesamtschweizerischen Wertschöpfung, dann setzt sich die schleichende (relative) Desindustrialisierung fort (vgl. Abbildung 3-2). Die schrumpfende (relative) Bedeutung des Industriesektors zeigt sich auch an der Zahl der Beschäftigten (vgl. Tabelle 3-3). Deren Zahl nimmt im Vergleich 1990 bis 2035 um rund 23 % ab. Diese deutliche Abnahme wird allerdings durch eine beträchtliche Produktivitätssteigerung (gemessen an der Wertschöpfung pro Beschäftigtem) um rund 70 % kompensiert. Abbildung 3-4 zeigt den zeitlichen Verlauf.

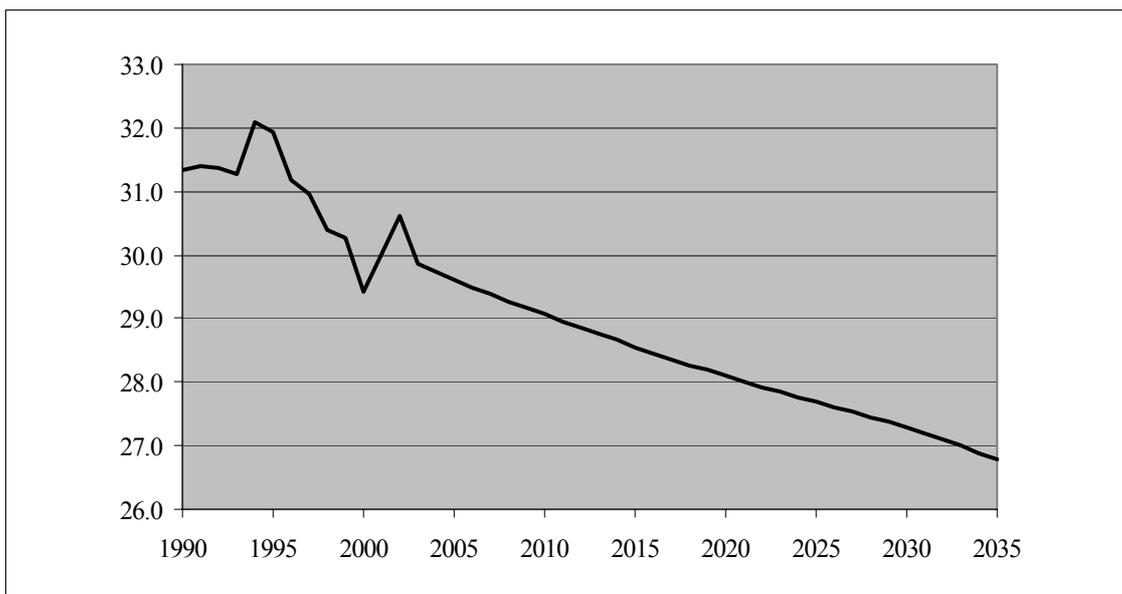
---

<sup>11</sup> Tatsächlich ist der reine Mengenaspekt in der Energiemodellierung mindestens so wichtig wie der spezifische Aspekt.

**Tab. 3-1: Wertschöpfungstabelle Industrie in Mio. Franken (Preisbasis 1990)**

Nr.	Branche	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
1	Nahrung	7'400	8'265	8'515	8'512	8'405	8'212	7'969	7'714	7'422	6'974
2	Bekleidung	2'847	1'687	1'653	1'729	1'869	1'979	2'059	2'097	2'105	2'117
3	Papierindustrie	1'393	1'607	1'588	1'632	1'704	1'750	1'773	1'776	1'765	1'747
4	Chemie	5'614	12'750	14'151	14'680	15'748	16'727	17'677	18'609	19'661	21'184
5	Glas	535	417	411	422	439	450	454	454	451	447
6	Keramik	535	417	411	422	439	450	454	454	451	447
7	Zement	161	125	123	127	132	135	136	136	135	134
8	NE-Mineralien	1'445	1'126	1'109	1'139	1'186	1'214	1'226	1'226	1'217	1'208
9	Metalle	1'030	1'065	1'091	1'126	1'182	1'217	1'235	1'236	1'225	1'208
10	NE-Metalle	515	533	545	563	591	609	618	618	612	604
11	Metallerzeugnisse	7'570	7'701	7'923	8'175	8'584	8'841	8'971	8'974	8'894	8'774
12	Maschinenbau	13'021	12'820	13'152	13'771	14'895	15'755	16'370	16'699	16'859	17'067
13	Elektrotechnik	13'621	15'384	16'028	16'719	17'984	18'967	19'683	20'064	20'238	20'473
14	Energie	7'463	8'981	9'177	9'381	9'701	9'894	9'989	10'000	9'953	9'868
15	Bau	26'797	21'285	21'221	22'013	23'380	24'389	25'093	25'440	25'627	26'061
16	Übrige	13'762	13'881	14'175	14'743	15'760	16'528	17'078	17'379	17'540	17'751
	Industrie total	103'710	108'043	111'273	115'153	121'998	127'115	130'787	132'875	134'156	136'066
	Schweiz total	330'929	367'353	372'475	388'872	419'796	445'122	465'522	479'865	491'570	508'223

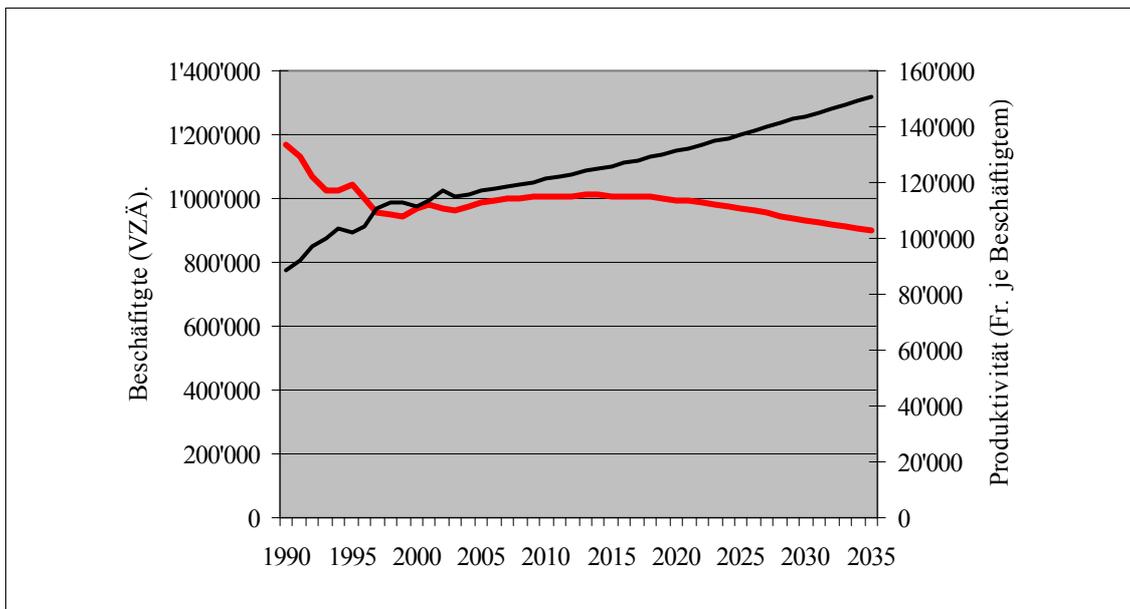
**Abb. 3-2: Anteil der industriellen Wertschöpfung an der gesamten Wertschöpfung (in %, Quellen: BFS, Ecoplan)**



**Tab. 3-3 Beschäftigte (Vollzeitäquivalent) im Zeitablauf nach Branchen (in Tausend, Quellen: BFS, Ecoplan, Basics)**

Nr. Branche	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
1 Nahrung	66.7	59.2	56.3	55.4	52.6	49.3	45.8	42.4	39.0	34.9
2 Bekleidung	45.1	22.6	21.5	22.1	22.9	23.3	23.2	22.5	21.6	20.7
3 Papierindustrie	15.8	14.4	14.2	14.4	14.4	14.2	13.9	13.3	12.7	12.0
4 Chemie	72.8	58.9	61.1	62.0	63.1	63.5	63.8	63.8	64.2	65.9
5 Glas	4.9	3.7	3.7	3.8	3.8	3.7	3.6	3.5	3.3	3.2
6 Keramik	4.9	3.7	3.7	3.8	3.8	3.7	3.6	3.5	3.3	3.2
7 Zement	1.5	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9
8 NE-Mineralien	13.3	10.0	10.0	10.1	10.2	10.1	9.8	9.4	9.0	8.5
9 Metalle	13.8	10.8	10.5	10.7	10.8	10.7	10.5	10.1	9.6	9.1
10 NE-Metalle	6.9	5.4	5.2	5.3	5.4	5.4	5.2	5.0	4.8	4.5
11 Metallerezeugnisse	84.6	80.6	81.7	83.2	84.4	83.8	81.8	78.7	74.9	70.9
12 Maschinenbau	145.0	122.1	122.3	126.2	131.4	133.5	133.2	130.1	125.7	121.8
13 Elektrotechnik	152.4	129.6	133.4	136.9	141.0	142.4	141.4	137.8	132.9	128.5
14 Energie	26.2	24.2	22.5	22.7	22.4	21.9	21.1	20.2	19.2	18.1
15 Bau	333.1	278.6	276.2	282.7	289.7	291.1	287.9	280.1	270.2	263.0
16 Übrige	181.1	143.2	142.1	145.7	149.9	151.2	150.0	146.2	141.2	136.7
Total Industrie	1168.2	968.1	965.4	986.0	1006.9	1009.0	995.9	967.8	932.6	902.1

**Abb. 3-4: Beschäftigte in der Industrie (fallende Kurve) und deren Produktivität (steigende Kurve; Quellen: BFS, Ecoplan)**



Wie schon erwähnt liegt ein zentraler Ergebnisteil der Modellierung in der "Übersetzung" der branchenbezogenen Wertschöpfungsvorgaben in die effektive (physische o-

der quasiphysische) Produktion, bzw. in die künftigen Hochrechnungsfaktoren. Im Allgemeinen geschieht dies über eine ökonomische Schätzung der künftigen Hochrechnungsfaktoren basierend auf den Wertschöpfungsvorgaben von Ecoplan. Das genaue Vorgehen wird im Anhangsband dargestellt. Tabelle 3-5 gibt eine Übersicht über die ermittelten Hochrechnungsfaktoren. Die angegebenen Werte für die Jahre 1990 und 2003 sind jeweils die effektiven Daten.

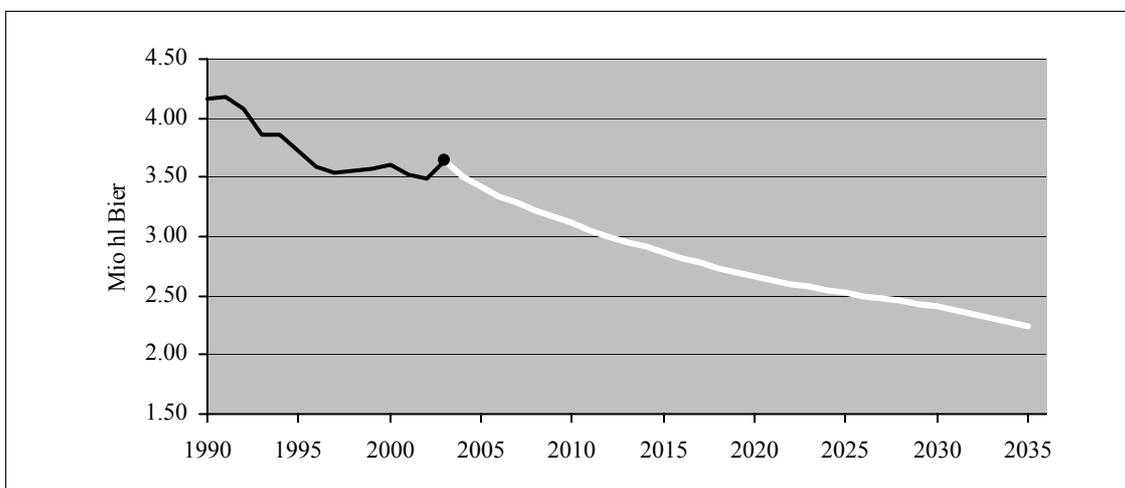
**Tab. 3-5: Produktionsorientierte Hochrechnungsfaktoren (1990 und 2003 Statistik, ab 2005 Fortschreibung passend zur Wertschöpfungs- und Beschäftigten-Entwicklung)**

Nr.	Hochrechnungsfaktor	Dimension	1990	2003	2005	2010	2015	2025	2035
1	Bier	Mio hl	4.17	3.65	3.42	3.11	2.86	2.52	2.24
1	Schokolade	Mio t	0.11	0.14	0.15	0.17	0.18	0.20	0.21
1	Zucker	Mio t	0.14	0.19	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
1	Nahrungsmittel Rest	PI	97.50	89.85	86.70	80.77	75.91	69.24	63.80
2	Textil	PI	103.99	58.43	60.89	65.61	69.52	74.24	76.14
2	Bekleidung, Schuhe	PI	145.24	77.16	78.53	80.77	82.15	82.53	80.47
3	Zellstoff	Mio t	0.12	0.13	0.14	0.14	0.14	0.12	0.10
3	Papier und Karton	Mio t	1.51	1.82	1.93	2.11	2.25	2.38	2.45
3	andere Papierwaren	PI	95.73	84.75	87.13	90.97	93.39	94.80	93.23
4	Chem. Grundstoffe	MI	88.91	135.13	138.40	145.02	151.09	162.75	178.71
4	Pharma	MI	76.17	132.32	135.68	142.47	148.70	160.67	177.04
4	übrige Chemie	MI	87.90	126.30	128.72	133.60	138.08	146.68	158.46
4	Chemiefaser	Mio t	0.12	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06
5	Glas-Herstellung	Mio t	0.27	0.18	0.18	0.19	0.20	0.20	0.20
5	Glas-Verarbeitung	PI	121.67	148.53	150.57	156.74	160.39	161.95	159.58
6	Ziegel, Backsteine	Mio t	1.30	0.72	0.78	0.89	0.97	1.06	1.11
6	Keramik	PI	121.67	148.53	151.46	155.98	158.65	159.79	158.05
7	Zement	Mio t	5.18	3.70	3.82	4.01	4.12	4.17	4.10
8	NE-Mineralien	PI	121.67	148.53	151.46	155.98	158.65	159.79	158.05
9	Metallbearbeitung	PI	116.58	114.80	118.46	124.38	128.11	130.04	127.14
9	Stahl	Mio t	1.13	1.14	1.18	1.24	1.27	1.29	1.26
10	Rohaluminium	Mio t	0.07	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
10	Halbzeuge	Mio t	0.18	0.19	0.19	0.20	0.21	0.21	0.21
10	Alufolie	Mio t	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
11	Metallerzeugnisse	PI	103.15	115.65	125.50	141.44	151.48	156.67	148.88
12	Maschinen	PI	96.08	101.50	106.28	114.95	121.58	128.87	131.71
13	Geräte	PI	97.49	103.83	107.63	114.59	120.00	126.04	128.29
14	Energie, Wasser	PI	88.03	109.70	115.31	125.90	134.57	146.47	156.18
15	Bau	Index	114.85	95.61	98.90	104.58	108.78	113.14	115.72
16	Druck	PI	95.25	109.03	119.04	137.93	153.40	174.62	191.94
16	Kautschuk/Kunststoff	PI	107.20	115.98	120.02	127.20	132.53	138.20	140.26
16	Rest	PI	101.49	94.55	99.13	107.66	114.46	122.48	126.29
16	Holzbearbeitung	PI	109.63	107.75	109.45	112.40	114.51	116.64	117.35

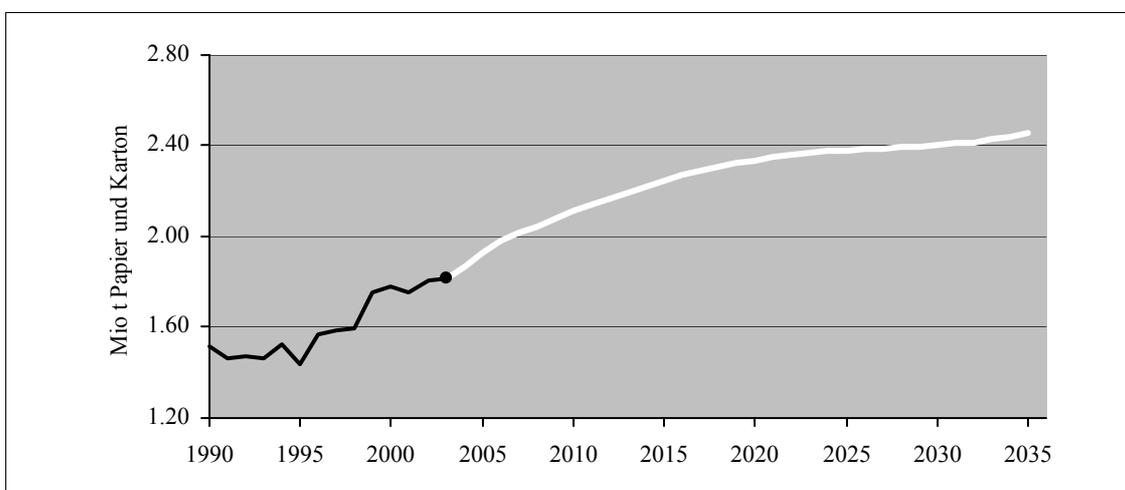
Dabei meint "PI" den Produktionsindex im Sinne des BFS, "MI" einen Mengenindex, der direkt auf die physischen Mengen Bezug nimmt, und "Index" ist eine von Basics selbst abgeleitete Grösse, die sich auf die Bauvorhaben des jeweiligen Jahres bezieht. Sämtliche Indices sind im Übrigen so normiert, dass sie im Jahre 1995 den Wert 100 erhalten.

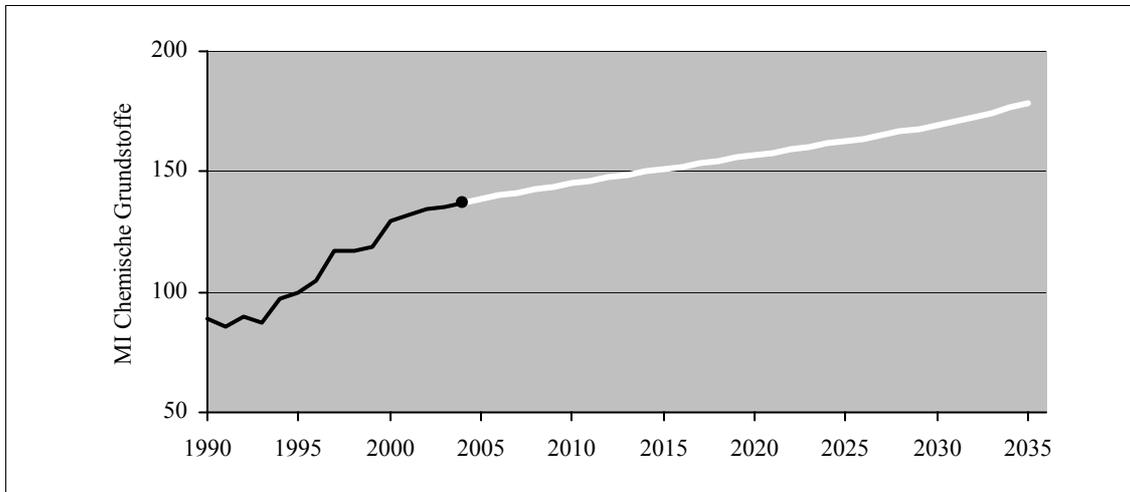
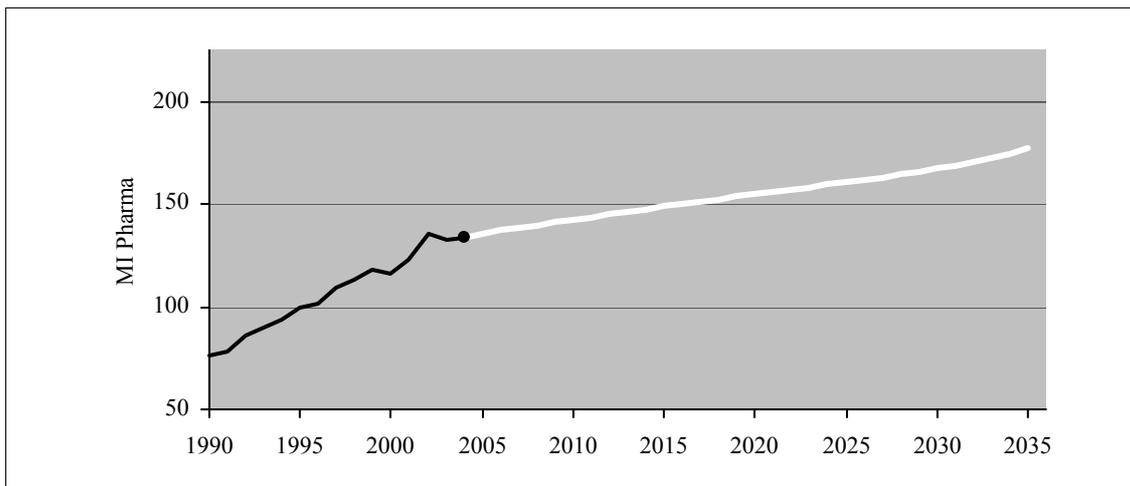
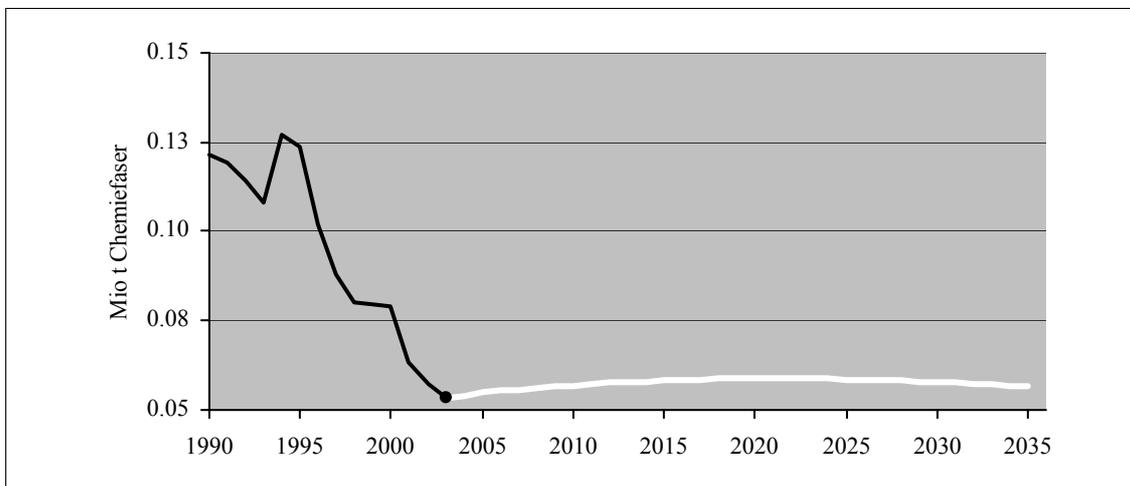
In den Abbildungen 3-6 bis 3-13 werden beispielhaft die Resultate für die Hochrechnungsfaktoren für Bier, Papier, Chemie (Grundstoffe und Pharma), Chemiefaser, Zement, Stahl und Maschinenbau grafisch dargestellt. Man beachte, dass die Ordinate in der Regel den Nullpunkt nicht zeigt.

**Abb. 3-6: Bierproduktion (Mio hl)**

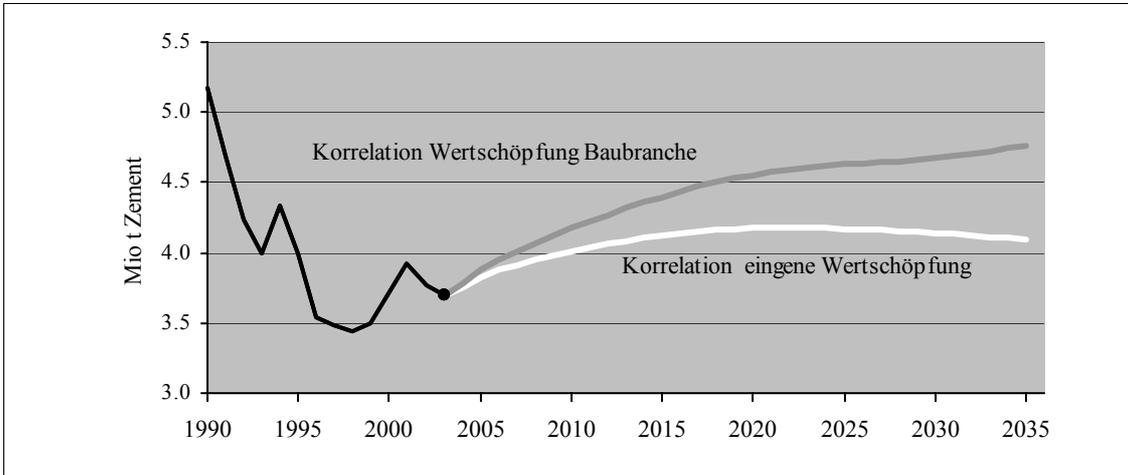


**Abb. 3-7: Papier- und Kartonproduktion (Mio t)**

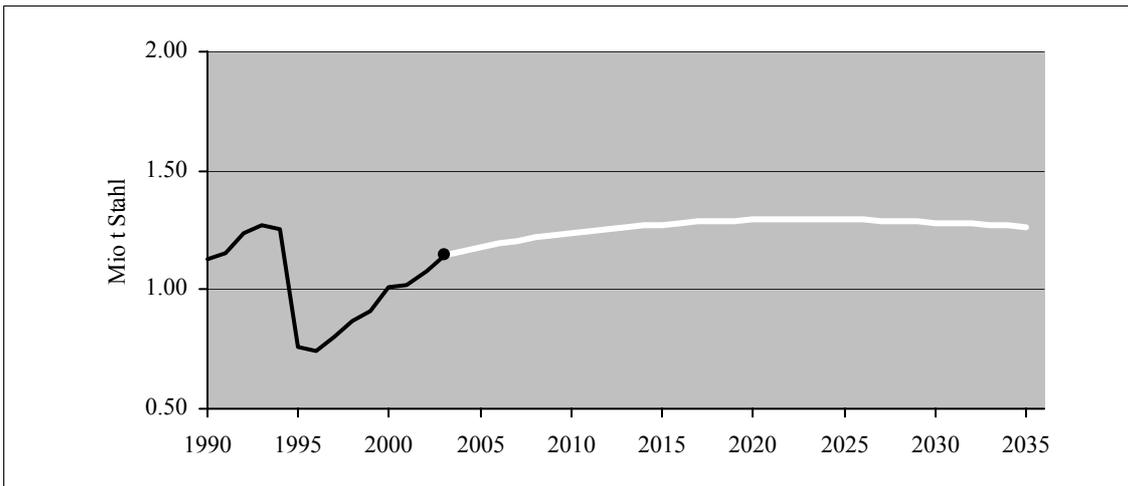


**Abb. 3-8: Produktion chemischer Grundstoffe (Mengenindex; 1995 = 100)****Abb. 3-9: Pharmaproduktion (Mengenindex; 1995 = 100)****Abb. 3-10: Chemiefaser (Mio t)**

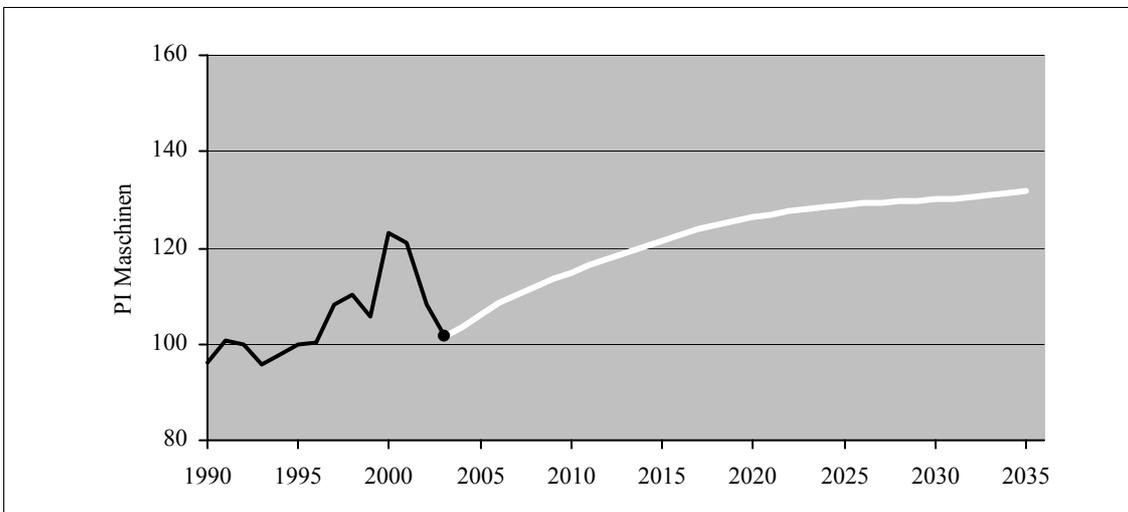
**Abb. 3-11: Zementproduktion (Mio t)**



**Abb. 3-12: Stahlproduktion (Mio t)**



**Abb. 3-13: Maschinenbau (Produktionsindex; 1995 = 100)**

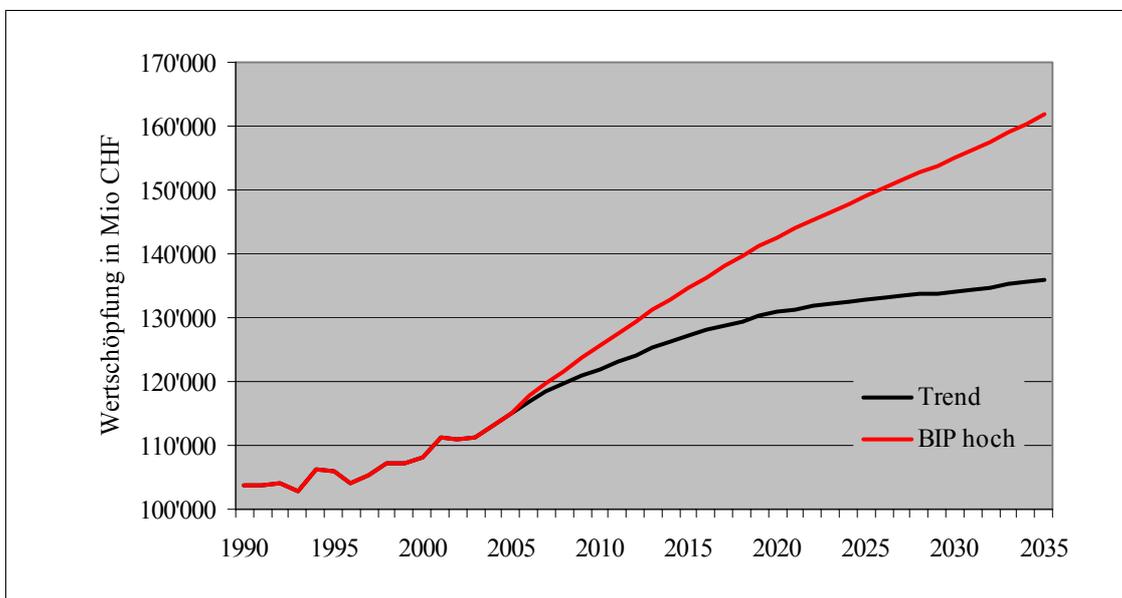


Die wichtigsten ökonometrischen "Treiber" für die Hochrechnungsfaktoren stellen die nach Branchen differenzierten Wertschöpfungsvorgaben dar. Die Resultate passen in der Regel recht gut zu den von Branchenvertretern geäußerten kurzfristigen Aussichten. Es gibt aber Ausnahmen, auf die wir im Anhangsband näher eingehen. Im Vorgriff auf diese Diskussion beachte man, dass hier durchaus sehr konventionell in die Zukunft geschaut wird. Dies sei am Beispiel der Papierproduktion kurz angeschnitten. Wir gehen davon aus, dass die der Papierindustrie zugeschriebenen Wertschöpfung tatsächlich in Form von "gewöhnlicher" Papierproduktion entsteht und nicht etwa durch die Produktion von elektronischem Papier (welches bis 2035 durchaus einen relevanten Marktanteil erreichen bzw. einen entsprechenden Anteil des klassischen Papiers wegs substituieren könnte<sup>12</sup>).

### 3.1.2 BIP hoch

In der Sensitivitätsvariante BIP hoch geht man von einem deutlich stärkeren Wirtschaftswachstum aus als im Trend (vgl. Abbildung 3-14).

**Abb. 3-14: Entwicklung der industriellen Wertschöpfung in der Variante BIP hoch gegenüber dem Trend (Quellen: BFS, Ecoplan, Basics)**



Gegenüber 1990 nimmt die reale Wertschöpfung in der Industrie in der Variante BIP hoch um rund 56 % zu, gegenüber 31 % im Trendfall. Wichtig für die Modellierung ist

<sup>12</sup> Dies ist tatsächlich eine der Annahmen für Szenario IV ("Wege in die 2000-Watt-Gesellschaft").

dabei die Tatsache, dass in der Variante BIP hoch nicht einfach ein höheres Wirtschaftsniveau erreicht wird, sondern über den gesamten Zeitraum eine grundsätzlich deutlich dynamischere Wirtschaft unterstellt wird. Die quantitativen Details für die einzelnen Branchen sind in Tabelle 3-15 zusammengefasst.

**Tab. 3-15: Wertschöpfungstabelle Industrie in Mio. CHF (Preisbasis 1990)**

Nr.	Branche	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
1	Nahrung	7'400	8'265	8'515	8'512	8'592	8'573	8'488	8'376	8'206	7'825
2	Bekleidung	2'847	1'687	1'653	1'729	1'925	2'100	2'251	2'365	2'454	2'555
3	Papierindustrie	1'393	1'607	1'588	1'632	1'754	1'854	1'934	1'994	2'040	2'077
4	Chemie	5'614	12'750	14'151	14'680	15'885	17'002	18'093	19'184	20'421	22'148
5	Glas	535	417	411	422	457	487	512	532	549	566
6	Keramik	535	417	411	422	457	487	512	532	549	566
7	Zement	161	125	123	127	137	146	153	159	165	170
8	NE-Mineralien	1'445	1'126	1'109	1'139	1'234	1'314	1'381	1'435	1'482	1'529
9	Metalle	1'030	1'065	1'091	1'126	1'223	1'303	1'368	1'417	1'453	1'485
10	NE-Metalle	515	533	545	563	611	652	684	708	727	742
11	Metallerzeugnisse	7'570	7'701	7'923	8'175	8'880	9'464	9'938	10'289	10'554	10'784
12	Maschinenbau	13'021	12'820	13'152	13'771	15'343	16'720	17'904	18'824	19'594	20'468
13	Elektrotechnik	13'621	15'384	16'028	16'719	18'533	20'153	21'573	22'697	23'647	24'752
14	Energie	7'463	8'981	9'177	9'381	9'801	10'083	10'290	10'440	10'550	10'601
15	Bau	26'797	21'285	21'221	22'013	24'503	26'785	28'876	30'677	32'387	34'519
16	Übrige	13'762	13'881	14'175	14'743	16'220	17'511	18'627	19'517	20'286	21'156
	Industrie total	103'710	108'043	111'273	115'153	125'555	134'632	142'584	149'146	155'063	161'945
	Schweiz total	330'929	367'353	372'475	388'872	430'421	467'942	501'786	530'361	557'086	590'592

Dieses deutlich höhere Wirtschaftswachstum schlägt sich in der Zahl der Beschäftigten aber nur unwesentlich nieder: Gesamthaft ist diese 2035 nur um rund 23'000 grösser als im Trendfall (was einem Unterschied von 2 Prozent entspricht). Allerdings ist diese Zunahme nicht einheitlich über die Branchen verteilt, sondern "lebt" vor allem von einer deutlichen Zunahme der Beschäftigten im Bausektor.

Wie für den Trendfall werden aus den Wertschöpfungsvorgaben die Hochrechnungsfaktoren abgeleitet. Tabelle 3-16 zeigt das Resultat. Wenn man diese mit dem Trendfall vergleicht, so ergeben sich nicht in jedem Fall gleichsinnige Relationen, das heisst Differenzen vom Typ "mehr Wertschöpfung gleich mehr (physische) Produktion". Etwa bei der Papierindustrie: Hier wird davon ausgegangen, dass sich die höhere Wertschöpfung nicht in einem mehr an klassischer Papierproduktion niederschlägt, sondern in qualitativ höherwertigem Papier (Details im Anhangsband) bei gesamthaft kleinerer Produktion. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Chemie: Die physische Produktionsausweitung durch die höhere Wertschöpfung ist weit unterproportional (im Sinne von Elastizitätswerten, die deutlich kleiner als 1 sind).

**Tab. 3-16: Produktionsorientierte Hochrechnungsfaktoren für BIP hoch (1990 bis 2003 Statistik, ab 2004 Fortschreibung passend zur Wertschöpfungs- und Beschäftigten-Entwicklung)**

Nr.	Hochrechnungsfaktor	Dimension	1990	2003	2005	2010	2015	2025	2035
1	Bier	Mio hl	4.17	3.65	3.42	3.06	2.75	2.27	1.84
1	Schokolade	Mio t	0.11	0.14	0.15	0.17	0.19	0.22	0.26
1	Zucker	Mio t	0.14	0.19	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
1	Nahrungsmittel Rest	PI	97.50	89.85	86.70	81.79	78.10	74.09	71.70
2	Textil	PI	103.99	58.43	60.89	67.18	72.95	82.10	89.47
2	Bekleidung, Schuhe	PI	145.24	77.16	78.53	82.25	85.28	89.09	90.23
3	Zellstoff	Mio t	0.12	0.13	0.14	0.14	0.13	0.11	0.09
3	Papier und Karton	Mio t	1.51	1.82	1.93	2.06	2.16	2.22	2.21
3	andere Papierwaren	PI	95.73	84.75	87.13	93.64	98.94	106.42	110.89
4	Chem. Grundstoffe	MI	88.91	135.13	138.40	145.87	152.79	166.31	184.68
4	Pharma	MI	76.17	132.32	135.68	143.34	150.45	164.32	183.17
4	übrige Chemie	MI	87.90	126.30	128.72	134.23	139.34	149.31	162.86
4	Chemiefaser	Mio t	0.12	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07
5	Glas-Herstellung	Mio t	0.27	0.18	0.18	0.20	0.22	0.24	0.25
5	Glas-Verarbeitung	PI	121.67	148.53	150.57	163.08	173.62	189.68	202.05
6	Ziegel, Backsteine	Mio t	1.30	0.72	0.78	0.92	1.04	1.20	1.33
6	Keramik	PI	121.67	148.53	151.46	160.61	168.32	180.07	189.11
7	Zement	Mio t	5.18	3.70	3.82	4.06	4.22	4.38	4.42
8	NE-Mineralien	PI	121.67	148.53	151.46	160.61	168.32	180.07	189.11
9	Metallbearbeitung	PI	116.58	114.80	118.46	128.67	137.13	149.08	156.26
9	Stahl	Mio t	1.13	1.14	1.18	1.28	1.36	1.48	1.55
10	Rohaluminium	Mio t	0.07	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06
10	Halbzeuge	Mio t	0.18	0.19	0.19	0.21	0.22	0.24	0.25
10	Alufolie	Mio t	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.06	0.06
11	Metallerzeugnisse	PI	103.15	115.65	125.50	147.22	163.62	182.31	188.08
12	Maschinen	PI	96.08	101.50	106.28	118.41	129.03	145.27	157.95
13	Geräte	PI	97.49	103.83	107.63	117.62	126.53	140.53	151.85
14	Energie, Wasser	PI	88.03	109.70	115.31	129.54	142.39	163.76	184.38
15	Bau	Index	114.85	95.61	98.90	108.08	116.24	129.46	142.07
16	Druck	PI	95.25	109.03	119.04	144.42	167.34	205.47	242.26
16	Kautschuk/Kunststoff	PI	107.20	115.98	120.02	130.51	139.58	153.54	164.73
16	Rest	PI	101.49	94.55	99.13	110.99	121.71	138.78	153.07
16	Holzbearbeitung	PI	109.63	107.75	109.45	114.00	117.89	123.87	128.64

PI = Produktionsindex (im Sinne des BFS)

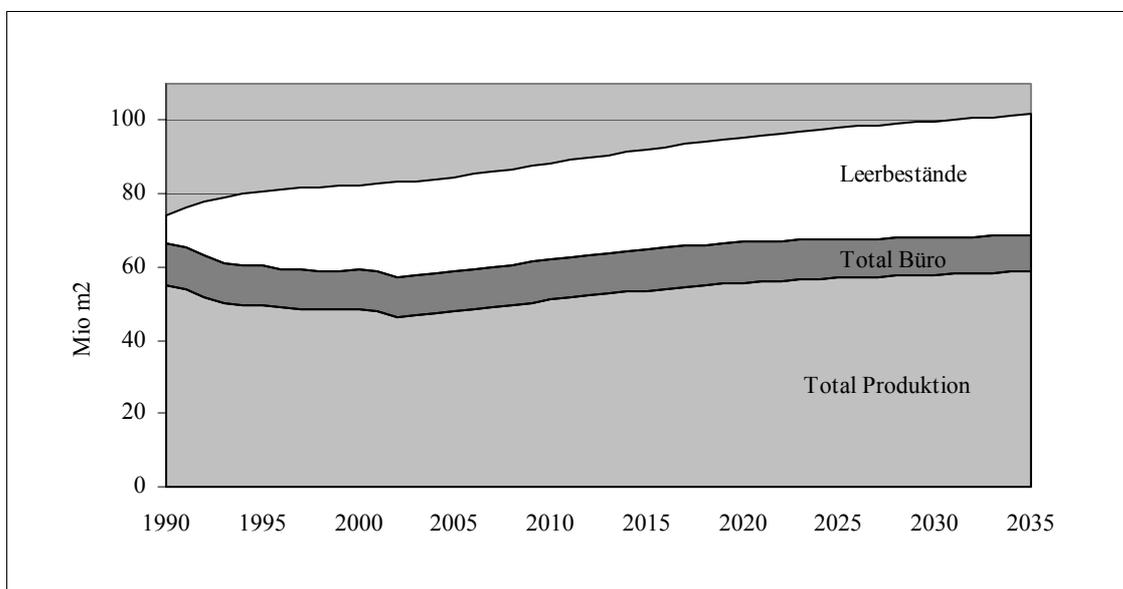
MI = Mengenindex

## 3.2 Energiebezugsflächen

### 3.2.1 Trend

Die Energiebezugsflächen sind ebenfalls eine wichtige Vorgabe für die Energiemodellierung; insbesondere der Split Produktionsflächen/Büroflächen. Hierzu standen die Globalvorgaben von Wüest & Partner zur Verfügung (vgl. Abbildung 3-17).

**Abb. 3-17: Verteilung der Energiebezugsflächen auf Produktion, Büro und Leerbestände (in Mio m<sup>2</sup>, Quellen: Wüest & Partner, Basics)**



Die Aufteilung der vorgegebenen Energiebezugsflächen auf die verschiedenen Nutzungskategorien, Branchen und ihre Aufteilung in Büro und Produktion ist ebenfalls ein Modellresultat. Diese Aufteilung hängt unter anderem von den produktionsbezogenen Hochrechnungsfaktoren ab. So wird beispielsweise eine schrumpfende Produktion auch quadratmetermässig abgebildet (Details im Anhangsband).

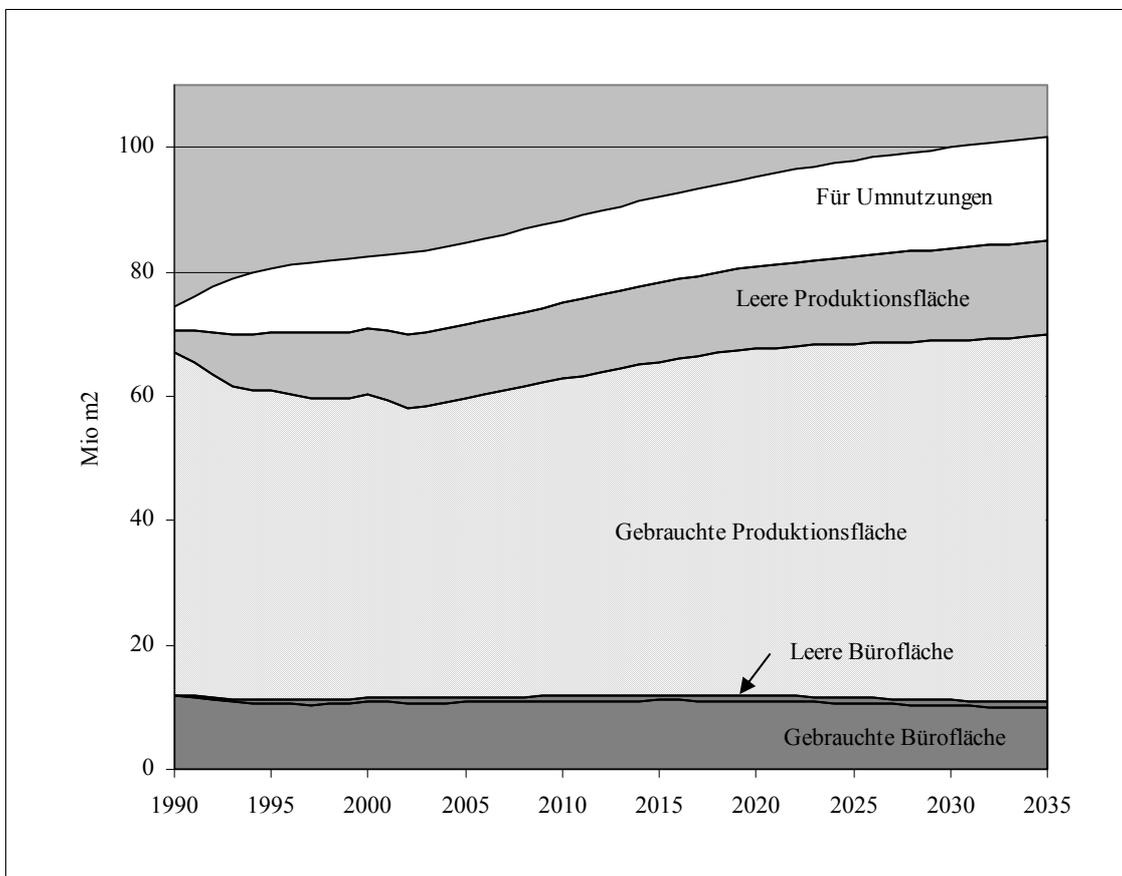
Tabelle 3-18 zeigt die resultierenden Energiebezugsflächen für die Industrie (inkl. Leerflächen). Die "nichtverwendeten Flächen" stehen für Umnutzungen zur Verfügung. Sie kommen in der energetischen Flächen-Buchhaltung für die Industrie nicht vor. Dies bedeutet, dass diese entweder nicht beheizt werden oder die für eine allfällige Heizung benötigte Energie nicht der Industrie zugeordnet wird. Die als Leerflächen bezeichneten Flächen werden in den Büros voll beheizt (Vollbeheizungsäquivalent in Tabelle 3-18 100 Prozent), in der Produktion nur zum Teil oder gar nicht (Vollbeheizungsäquivalent in Tabelle 3-18 je nach Branche und Zeitpunkt zwischen 90 und 98 Prozent der angegebenen Flächen).

Die Aufteilung der Flächenvorgabe von Wüest & Partner auf die erwähnten Nutzungsarten ist in Abbildung 3-19 dargestellt.

**Tab. 3-18 Energiebezugsflächen nach Branchen, aufgeteilt in Produktion (P) und Büro (B) in Mio m<sup>2</sup> (z. T. nur teilbeheizt; Quelle: Basics)**

Nr.	Branche		1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
1	Nahrung	P	7.89	7.90	7.86	7.99	8.32	8.66	8.96	9.19	9.38	9.55
		B	0.72	0.74	0.70	0.68	0.64	0.61	0.57	0.53	0.49	0.44
2	Bekleidung	P	3.74	3.71	3.64	3.71	3.90	4.09	4.26	4.38	4.47	4.56
		B	0.37	0.22	0.20	0.21	0.21	0.22	0.22	0.21	0.21	0.20
3	Papierindustrie	P	1.93	1.94	1.93	1.97	2.08	2.18	2.27	2.33	2.38	2.43
		B	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13
4	Chemie	P	4.53	4.55	4.53	4.61	4.84	5.08	5.29	5.45	5.59	5.73
		B	1.18	1.11	1.13	1.14	1.16	1.18	1.19	1.19	1.20	1.24
5	Glas	P	0.50	0.50	0.50	0.51	0.54	0.56	0.58	0.60	0.61	0.63
		B	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
6	Keramik	P	0.52	0.52	0.52	0.53	0.56	0.58	0.61	0.63	0.64	0.65
		B	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
7	Zement	P	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.17	0.18	0.18	0.18	0.19
		B	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
8	Mineralien	P	1.34	1.38	1.40	1.43	1.50	1.57	1.63	1.67	1.71	1.74
		B	0.11	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08
9	Metalle	P	0.58	0.59	0.59	0.60	0.63	0.66	0.69	0.71	0.72	0.74
		B	0.13	0.12	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10
10	NE-Metalle	P	0.30	0.30	0.30	0.30	0.32	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38
		B	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05
11	Metallerzeugnisse	P	4.95	5.06	5.05	5.14	5.46	5.75	5.99	6.15	6.28	6.39
		B	0.81	0.89	0.89	0.90	0.91	0.91	0.90	0.86	0.82	0.78
12	Maschinenbau	P	8.55	8.71	8.64	8.79	9.28	9.76	10.18	10.48	10.72	10.95
		B	1.84	1.80	1.78	1.82	1.90	1.94	1.95	1.91	1.85	1.80
13	Geräte	P	9.22	9.41	9.36	9.53	10.04	10.54	10.98	11.30	11.55	11.80
		B	1.94	1.91	1.95	1.98	2.03	2.07	2.07	2.02	1.95	1.90
14	Energie	P	1.29	1.31	1.30	1.33	1.40	1.48	1.54	1.59	1.63	1.68
		B	0.43	0.46	0.43	0.42	0.42	0.41	0.40	0.38	0.37	0.35
15	Bau	P	3.57	3.57	3.58	3.64	3.83	4.02	4.18	4.30	4.40	4.50
		B	2.40	2.33	2.28	2.31	2.37	2.40	2.39	2.33	2.25	2.20
16	Übrige	P	9.43	9.62	9.56	9.73	10.30	10.85	11.33	11.69	11.98	12.28
		B	1.71	1.57	1.54	1.56	1.61	1.63	1.63	1.59	1.54	1.50
	Total Basics	P	58.49	59.20	58.90	59.96	63.15	66.30	69.01	71.01	72.60	74.17
		B	11.95	11.56	11.40	11.52	11.76	11.87	11.83	11.50	11.12	10.84
	Nicht verwendet		3.88	11.63	13.20	13.11	13.38	13.88	14.50	15.41	16.18	16.64
	Total W&P		74.32	82.39	83.51	84.59	88.29	92.05	95.34	97.92	99.90	101.65

**Abb. 3-19: Aufteilung der Gesamtfläche auf die verschiedenen Nutzungsarten bzw. -kategorien (Quelle: Basics)**



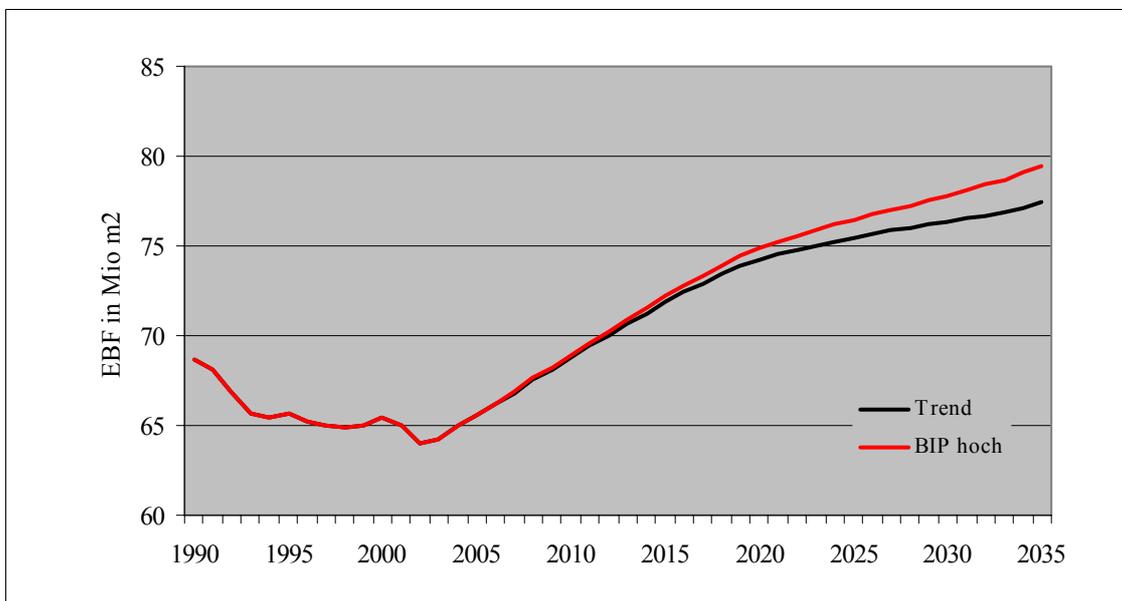
### 3.2.2 BIP hoch

Die Energiebezugsflächen "reagieren" natürlich "positiv" auf ein höheres Wirtschaftswachstum. Die Unterschiede sind aber nicht sehr gross. Die gesamte Fläche nimmt gemäss Vorgabe von Wüest&Partner lediglich um rund 2.5 Prozent zu (vgl. Tabelle 3-20). In einzelnen Branchen sind die Unterschiede aber deutlich grösser. Abbildung 3-21 zeigt, wie sich die effektiv (bzw. äquivalent voll) beheizten Flächen im Vergleich zum Trendfall entwickeln.

**Tab. 3-20 Energiebezugsflächen nach Branchen für BIP hoch, aufgeteilt in Produktion (P) und Büro (B) in Mio m2 (z. T. nur teilbeheizt; Quelle: Basics)**

Nr.	Branche		1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
1	Nahrung	P	7.89	7.90	7.86	7.99	8.34	8.70	9.04	9.32	9.56	9.80
		B	0.72	0.74	0.70	0.68	0.65	0.61	0.58	0.53	0.50	0.45
2	Bekleidung	P	3.74	3.71	3.64	3.71	3.91	4.11	4.29	4.43	4.56	4.68
		B	0.37	0.22	0.20	0.21	0.21	0.22	0.22	0.22	0.21	0.20
3	Papierindustrie	P	1.93	1.94	1.93	1.97	2.08	2.19	2.28	2.36	2.42	2.49
		B	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14
4	Chemie	P	4.53	4.55	4.53	4.61	4.85	5.10	5.33	5.52	5.70	5.88
		B	1.18	1.11	1.13	1.14	1.16	1.18	1.20	1.21	1.22	1.27
5	Glas	P	0.50	0.50	0.50	0.51	0.54	0.57	0.59	0.61	0.62	0.64
		B	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
6	Keramik	P	0.52	0.52	0.52	0.53	0.56	0.59	0.61	0.63	0.65	0.67
		B	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
7	Zement	P	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.17	0.18	0.18	0.19	0.19
		B	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
8	Mineralien	P	1.34	1.38	1.40	1.43	1.50	1.57	1.64	1.69	1.74	1.78
		B	0.11	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08
9	Metalle	P	0.58	0.59	0.59	0.60	0.63	0.67	0.70	0.72	0.74	0.76
		B	0.13	0.12	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10
10	NE-Metalle	P	0.30	0.30	0.30	0.30	0.32	0.34	0.35	0.37	0.38	0.39
		B	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05
11	Metallerzeugnisse	P	4.95	5.06	5.05	5.14	5.47	5.78	6.04	6.24	6.40	6.56
		B	0.81	0.89	0.89	0.90	0.91	0.92	0.91	0.87	0.84	0.80
12	Maschinenbau	P	8.55	8.71	8.64	8.79	9.30	9.81	10.26	10.62	10.92	11.23
		B	1.84	1.80	1.78	1.82	1.90	1.95	1.97	1.93	1.88	1.85
13	Geräte	P	9.22	9.41	9.36	9.53	10.06	10.59	11.07	11.45	11.78	12.11
		B	1.94	1.91	1.95	1.98	2.04	2.08	2.09	2.05	1.99	1.95
14	Energie	P	1.29	1.31	1.30	1.33	1.41	1.49	1.56	1.62	1.67	1.72
		B	0.43	0.46	0.43	0.42	0.42	0.41	0.41	0.39	0.37	0.36
15	Bau	P	3.57	3.57	3.58	3.64	3.84	4.04	4.22	4.36	4.48	4.61
		B	2.40	2.33	2.28	2.31	2.37	2.41	2.41	2.36	2.29	2.26
16	Übrige	P	9.43	9.62	9.56	9.73	10.32	10.90	11.43	11.85	12.21	12.59
		B	1.71	1.57	1.54	1.56	1.61	1.64	1.65	1.61	1.57	1.54
	Total Basics	P	58.49	59.20	58.90	59.96	63.27	66.60	69.60	71.97	74.01	76.09
		B	11.95	11.56	11.40	11.52	11.78	11.93	11.93	11.65	11.34	11.12
	Nicht verwendet		3.88	11.63	13.20	13.11	13.41	13.95	14.62	15.62	16.49	17.08
	Total W&P		74.32	82.39	83.51	84.59	88.46	92.48	96.14	99.24	101.83	104.29

**Abb. 3-21: Effektiv (äquivalent voll) beheizte Energiebezugsflächen im Vergleich BIP Trend zu BIP hoch (Quellen: Wüest & Partner, Basics)**



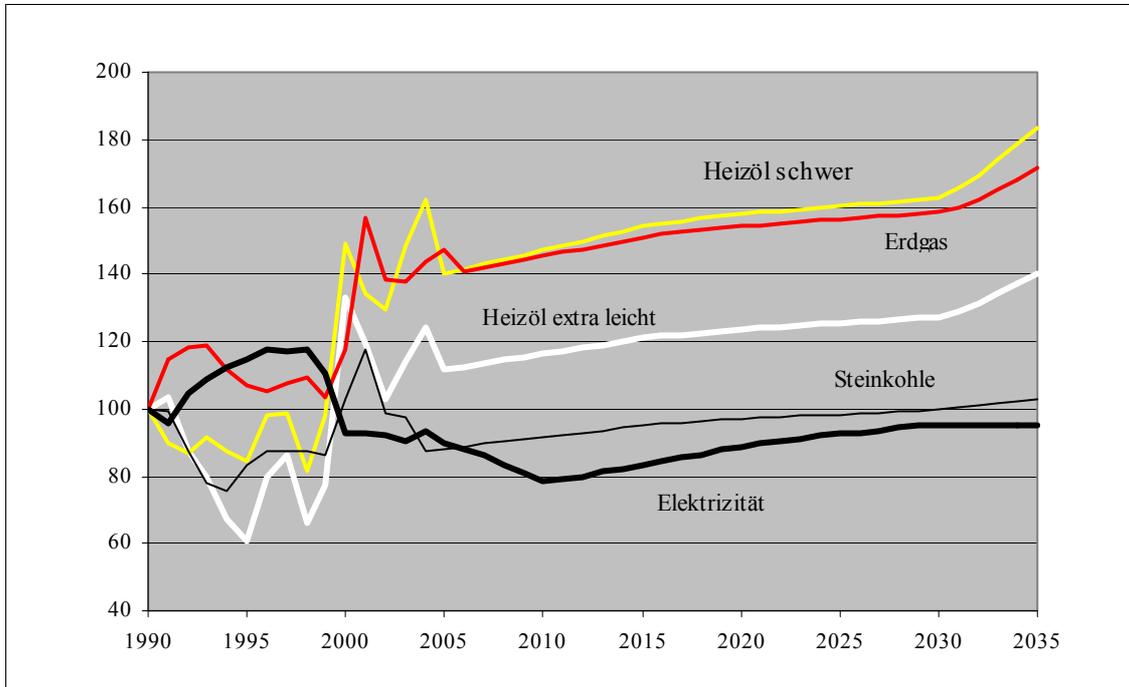
## 3.3 Energiepreise

### 3.3.1 Trend

Weitere wichtige Vorgaben betreffen die Energiepreise. Abbildung 3-22 zeigt indiziert den zeitlichen Verlauf in der Vergangenheit und wie im Trendfall unterstellt für die Zukunft. Die Preisentwicklung für die übrigen Energieträger wurde von Basics aufgrund von Vorgaben von Prognos selbst geschätzt. Im Wesentlichen werden für die Preise die heute gültigen Preisrelationen fortgeschrieben. Mit einer Verknappung der fossilen Energieträger wird also ausdrücklich nicht gerechnet, wie wohl gegen Ende des Betrachtungszeitraumes deren Preise etwas stärker anziehen. Zu beachten ist, dass die Preise mit dem Produzenten- und Importpreis deflationiert sind. So ist es durchaus möglich, dass sich die gleichen nominalen Preise für einen Energieträger für die Haushalte real anders darstellen als für die Industrie. Das gilt insbesondere für die Elektrizität in den 90er Jahren.

Tabelle 3-23 zeigt die Energiepreise im direkten Vergleich bezogen auf ein Terajoule. Der mit Abstand günstigste kommerzielle Energieträger ist und bleibt die Kohle. Etwas unklar ist die Preissituation in Bezug auf die energetische Verwendung von Abfällen. In der Regel sind diese rein vom Input her noch "gratis", aber Transport, Handling und Umweltschutz ergeben eine Art Schattenpreis, der je nach Informationsquelle bereits recht nahe dem Kohlenpreis zu liegen kommt.

**Abb. 3-22: Energiepreise für die Industrie (deflationiert mit Produzenten- und Importpreisindex, 1990 = 100; Quelle: Prognos)**



**Tab. 23: Reale Preise für die wichtigsten Energieträger im direkten Vergleich (je TJ, 2003-Franken, Quelle: Prognos, Umrechnungen: Basics)**

	HEL	GAS	ELEK	FERN	HOLZ	KOHLE	HMS
1990	8'920	7'517	34'444	12'278	3'769	2'311	5'043
1995	5'438	8'040	39'444	12'709	3'439	1'921	4'262
2000	11'878	8'842	31'944	12'791	3'252	2'380	7'524
2005	9'956	11'075	30'833	15'516	3'713	2'034	7'071
2010	10'384	10'934	26'944	16'005	3'884	2'118	7'434
2015	10'800	11'332	28'611	16'630	4'051	2'200	7'791
2020	11'029	11'590	30'556	17'193	4'235	2'244	7'961
2025	11'187	11'744	31'944	17'652	4'400	2'273	8'078
2030	11'348	11'899	32'778	18'130	4'574	2'302	8'195
2035	12'488	12'898	32'778	19'193	4'758	2'376	9'262

### 3.3.2 Preise hoch

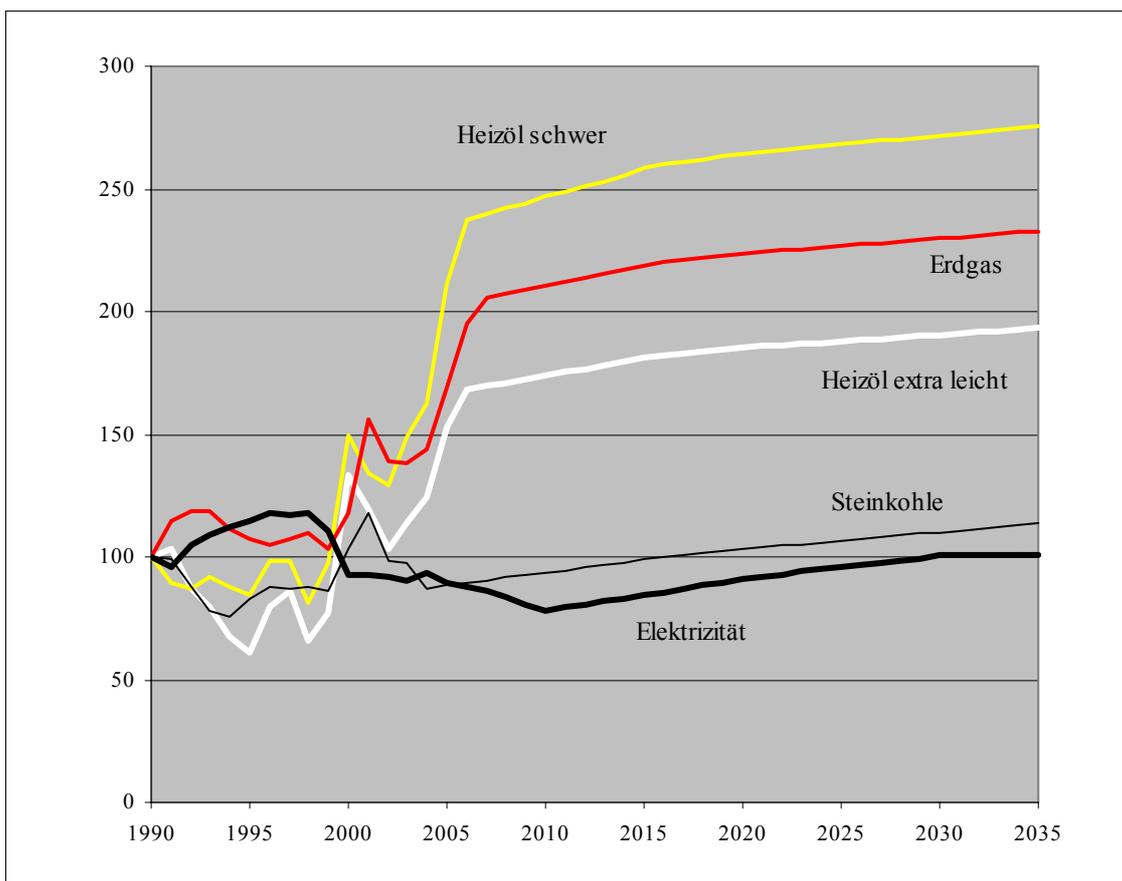
Die für den Trendfall geltenden Energiepreise zeigen tatsächlich eine sehr moderate Entwicklung. Sie reflektieren eine Welt, in der die Energie in ausreichendem Masse und eben zu (sehr) günstigen Preisen zur Verfügung steht. Gerade die neuste Entwicklung am Ölmarkt zeigt aber, dass die energiepreisliche Zukunft auch ganz anders aussehen könnte. Die Sensitivitätsvariante Preise hoch ist eine Fortschreibung der aktuel-

len Situation, in dem die Preise zwar noch etwas ansteigen, aber im Wesentlichen auf dem erreichten Niveau verharren (vgl. Abbildung 3-24).

Nach wie vor sehr günstig bleiben die Kohle, und – vor allem – die Elektrizität, was *ceteris paribus* einen erheblichen Substitutionsdruck in diese Energieträger erzeugt. In wie fern diese Preisannahmen aber in sich stimmig sind, ist nicht ganz klar. So ist z.B. denkbar, dass die Elektrizitätspreise in der Schweiz in einem weitgehend liberalisierten Markt durch die vergleichsweise hohen Preise der fossilen Energieträger ebenfalls kräftig anziehen könnten.

Tabelle 3-25 zeigt die Energiepreise im direkten Vergleich bezogen auf ein Terajoule.

**Abb. 3-24: Energiepreise für die Industrie (deflationiert mit Produzenten- und Importpreisindex, 1990 = 100; Quelle: Prognos)**



**Tab. 3-25: Reale Preise (Variante Preise Hoch) für die wichtigsten Energieträger im direkten Vergleich (Fr. je TJ, Quelle: Prognos)**

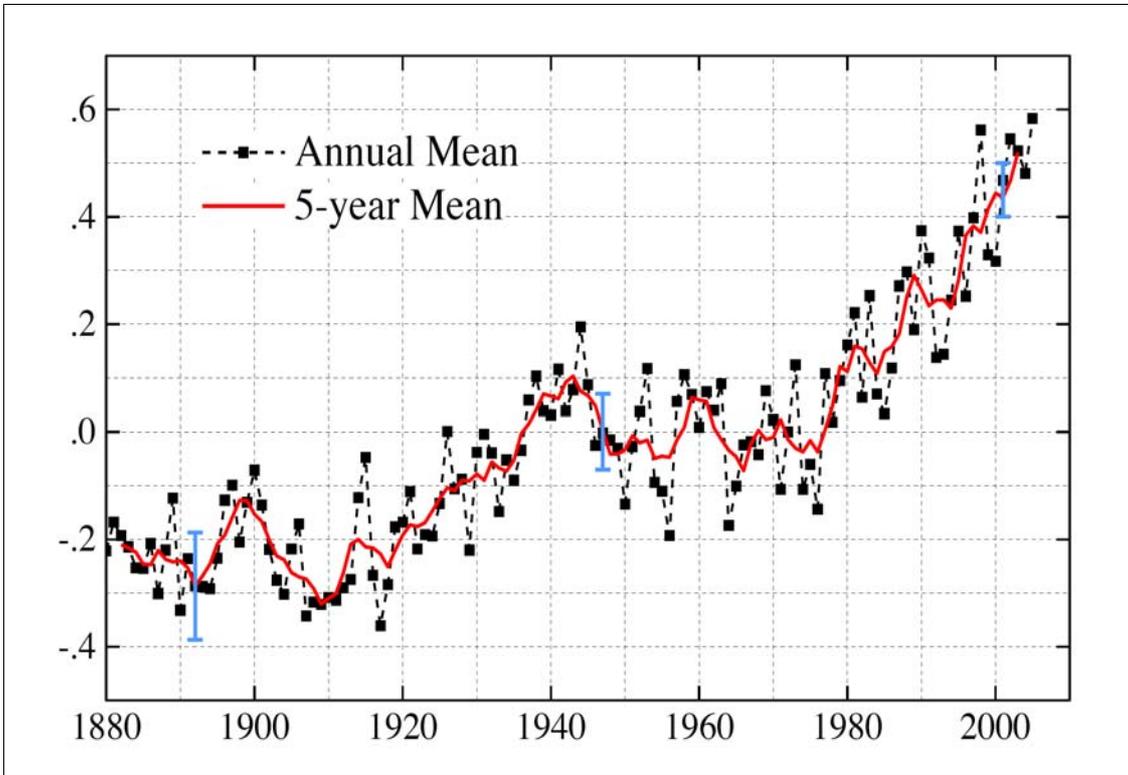
	HEL	GAS	ELEK	FERN	HOLZ	KOHLE	HMS
1990	8'920	7'517	34'444	12'278	3'769	2'311	5'043
1995	5'438	8'040	39'444	12'709	3'439	1'921	4'262
2000	11'878	8'842	31'944	12'791	3'252	2'380	7'524
2005	13'644	12'702	30'919	17'030	3'492	2'041	10'658
2010	13'644	12'702	30'919	17'030	3'492	2'041	10'658
2015	15'533	15'815	26'990	18'756	3'693	2'167	12'454
2020	16'185	16'434	29'072	19'505	3'910	2'294	13'046
2025	16'527	16'818	31'402	20'168	4'148	2'385	13'326
2030	16'761	17'043	33'082	20'706	4'374	2'463	13'518
2035	16'997	17'268	34'608	21'266	4'616	2'544	13'708

### 3.4 Klima

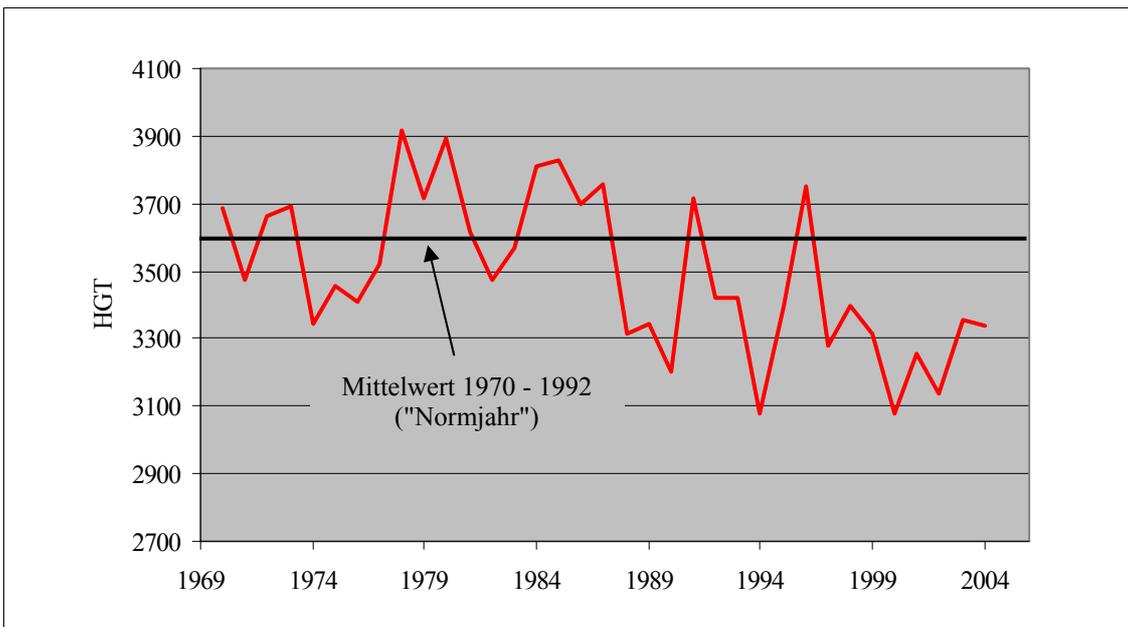
Allgemein wird davon ausgegangen, dass durch den Menschen bedingt die globale Durchschnittstemperatur bis Mitte dieses Jahrhunderts um 1 bis 5 Grad. zunehmen könnte (je nach Quelle mit etwas anderen Intervallgrenzen). Tatsächlich zeigt die Entwicklung der durchschnittlichen Oberflächentemperatur der Erde, dass die Erwärmung (bereits) Tatsache ist (vgl. Abbildung 3-26). Vor allem im Norden hat die durchschnittliche Temperatur in den letzten Jahren stark zugenommen. Diese Entwicklung zeigt sich auch in den für die Schweiz gemessenen Heizgradtagen. Diese weisen seit 1970 einen klar abnehmenden Trend auf (vgl. Abbildung 3-27). Für die klimatische Trendvariante wird angenommen, dass die Heizgradtage sich *nicht verändern* und dem Durchschnitt der Jahre 1970 bis 1992 entsprechen (d.h. den Wert 3588 aufweisen) und kein zusätzlicher Kühlbedarf entsteht.

Für die Variante Klima hoch wird demgegenüber aber angenommen, dass die durchschnittliche Temperatur ab 2006 bis 2035 vom September bis Mai um 1 °C. und von Juni bis August um 2 Grad. zunehmen wird. Dies bedeutet nicht nur eine klimabedingte Abnahme des Raumwärmebedarfs, sondern auch eine Zunahme des Kühlbedarfs im Sommer. Zur Zeit wird davon ausgegangen, dass die Heizgradtage damit um etwa 10 Prozent abnehmen, die Kühlgradtage (bei einer Basistemperatur von rund 18 Grad.) bis 2035 gegenüber heute um rund 100 Prozent zunehmen dürften.

**Abb. 3-26: Durchschnittliche Oberflächentemperatur der Erde: Abweichung vom Mittelwert 1951 – 1980 (in Grad; Quelle: <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/2005>)**



**Abb. 3-27: Heizgradtage 1970 bis 2004 (Quellen: BFE, Basics)**





## 4 Instrumente und Massnahmen

Mit der Erstellung von Energieperspektiven will man auch herauszufinden, mit welchen (staatlichen) Instrumenten man den Energieverbrauch gegenüber einer Referenzentwicklung in welchem Umfang absenken könnte. Auch interessiert, welche konkreten Massnahmen die Energieverbraucher effektiv ergreifen würden oder ergreifen müssten. Die Frage ist auch deshalb interessant, weil gerade in der Industrie nicht unerhebliche wirtschaftliche Sparpotenziale vorliegen. So haben wir selbst z.B. abgeschätzt, dass allein im elektromotorischen Bereich ein wirtschaftliches Sparpotenzial von etwa 15 % bestehen dürfte (Basics 2006a). Andere Untersuchungen kommen zu vergleichbaren oder – vor allem im thermischen Bereich – zu noch höheren wirtschaftlichen Einsparpotenzialen (vgl. etwa ISI 2003).

Wirtschaftlich heisst allerdings nicht (wie schon in Abschnitt 2.2 angedeutet), dass solche Potenziale von heute auf morgen realisiert werden könnten, sondern in der Regel nur dann, wenn z.B. ohnehin ein Ersatz eines Elektromotors ansteht, oder ein Produktionsprozess ohnehin neu gestaltet wird und dann auch energetisch ertüchtigt werden kann. Aber wie die Erfahrung zeigt, wird nur ein Teil dieser Potenziale wirklich ausgeschöpft. Die Frage ist warum. Deshalb soll zunächst eine kleine Übersicht über die typischen "Sparhemmnisse" geboten werden. Denn daraus ergeben sich vielerlei Ansatzpunkte für staatliche Instrumente, die den rationellen Einsatz von Energie fördern könnten.

### 4.1 Sparhemmnisse

Für die Schweiz und erst recht international gibt es eine ganze Reihe von einschlägigen Untersuchungen über Gründe dafür, dass wirtschaftliche Einsparpotenziale nicht oder nur zum Teil realisiert werden. Speziell sei auf eine Untersuchung von BHP (1999) hingewiesen, mit der anhand konkreter (realisierter und nicht realisierter) Investitionsvorhaben in der schweizerischen Papierindustrie die Sparhindernisse ausgeleuchtet wurden. Im Folgenden geht es darum, die wichtigsten Erkenntnisse im Hinblick auf die Identifikation geeigneter Instrumente in Erinnerung zu rufen. Die Ausführungen orientieren sich an Basics (2006a, S. 28ff).

- (1) *Opportunitäten*: Sparinvestitionen stehen immer in Konkurrenz zu andern Investitionen, welche möglicherweise lukrativer, oder obwohl weniger lukrativ, eher im Kerngeschäft liegen. Selbst wenn keine finanziellen Restriktionen bestehen, können die relevanten Akteure z.B. auch einfach keine Zeit für die Energie haben (so herrscht heute nach einer Zeit des Gesundschumpfens und Rationalisierens in vielen Branchen regelrecht Hochkonjunktur).

- (2) *Geringe Bedeutung der Energiekosten*: Ein wichtiges Hemmnis stellt die in der Regel geringe Bedeutung der Energiekosten dar. Wenn diese nur einen kleinen Teil der eigentlichen Produktionskosten ausmachen (im Durchschnitt liegen diese bei rund 2 %), dann werden Energiesparmassnahmen in der Erfolgsrechnung nicht wirklich sichtbar. Andere "Sparprogramme" sind dann interessanter. Entsprechend sind die Energiekosten für sich allein nur selten alleiniger Auslöser für eine Einsparinvestition (von wirklich energieintensiven Unternehmen abgesehen).
- (3) *Restriktive Pay-Back-Vorgaben*: Ein wichtiges Sparhindernis stellt in vielen Unternehmen eine restriktive Pay-Back-Vorgabe für Energiesparmassnahmen dar. Nach einer von uns selbst durchgeführten halbrepräsentativen Umfrage (a.a.O., S. 30) liegt der Median der verlangten (statischen) Pay-Back-Zeit bei gerade nur vier Jahren – obwohl die Lebensdauer von vielen Energiesparmassnahmen deutlich grösser ist.
- (4) *Überdimensionierung bringt Sicherheit*: Als Folge eines ausgeprägten Sicherheitsdenkens bei infrastrukturellen Einrichtungen sind viele Motoren, Pumpen usw. überdimensioniert, woraus zum Teil sehr schlechte und bei geeigneten Vorkehren auch unnötige (Gesamt-)Wirkungsgrade resultieren.
- (5) *Keine Störung / Beeinträchtigung laufender Prozesse*: Energetisch motivierte Eingriffe in einen ansonsten laufenden Prozess können Störungen und Beeinträchtigungen zur Folge haben. Viele Unternehmen sind nicht bereit, die damit verbundenen Risiken in Kauf zu nehmen.
- (6) *Man kauft Anlagen nicht einzelne energieverbrauchende Komponenten*: Damit verschiebt sich die "energetische Verantwortung" vom Anlagenbetreiber zum Anlagenhersteller.
- (7) *Informationsmangel*: Tatsächlich ist häufig gar nicht bekannt, wo man wie zu welchem Preis Energie sparen könnte.
- (8) *Transaktionskosten*: Oft übertreffen die Transaktionskosten die Kosten für die eigentliche Sparinvestition bei weitem und verkehren eine zunächst wirtschaftlich erscheinende Massnahme in ihr Gegenteil.
- (9) *Geteilte Verantwortlichkeiten*: Wenn die Aufgabe des technischen Leiters vor allem in einem sicheren, qualitativ hoch stehenden Anlagenbetrieb liegt, dann hat er kaum einen Anreiz, die Energiekosten zu senken.
- (10) *Unsichere Zukunftsaussichten*: Die oben genannten kurzen Pay-Back-Zeiten sind auch Ausdruck einer sehr unsicher gewordenen Zukunft. So lange man aus Konkurrenzgründen nicht gezwungen wird, auch etwas längere Pay-Back-Zeiten zu

akzeptieren, wird man das in der Regel auch nicht tun. In einer solchen Situation hat das Energiesparen an sich relativ wenig Chancen.

## 4.2 Instrumente

Es gibt eine ganze Reihe von (staatlichen) Instrumenten, mit denen die im vorigen Abschnitt erwähnten Hindernisse überwunden werden können. Im Folgenden werden einige für die Industrie besonders wichtige (an)diskutiert.

### Standards

Im Rahmen unserer Interviews für das Projekt "Massnahmen zum Stromsparen bei elektrischen Antrieben" (Basics 2006a) wurde z.T. auch die Möglichkeit technischer Vorschriften diskutiert. Diese geniessen sowohl bei Experten wie auch bei der Industrie selbst eine gewisse Akzeptanz. Allerdings mit einer wichtigen Einschränkung. Technische Vorschriften, insbesondere Effizienzvorschriften sollten sich nur auf standardisierte bzw. standardisierbare Produkte beziehen. Im Zusammenhang mit Elektromotoren würde dies z.B. bedeuten, dass Effizienzvorschriften sich nur auf die Motoren selbst beziehen sollten, nicht auf das Antriebssystem oder gar auf eine ganze Anlage bzw. einen ganzen Prozess.

In keinem Szenarium wurden Anlagen- oder Prozess-orientierte Vorschriften unterstellt. Die unterstellten Vorschriften beschränken sich auf (nicht Industrie-spezifische) Bauvorschriften (alle Szenarien) und auf Vorschriften in Bezug auf den Wirkungsgrad von Elektromotoren (Szenario III).

### Lenkungsabgaben

Lenkungsabgaben verteuern die Energie; die erhobene Abgabe wird aber an die Wirtschaft zurückbezahlt. Damit werden energieintensive Produkte verteuert, wenig energieintensive Produkte verbilligt. Für energieintensive Branchen können Ausnahmeregelungen getroffen werden: Wenn entsprechende Unternehmen sich verpflichten, geeignete Sparmassnahmen zu treffen, werden sie von der Abgabe befreit. Wie die Erfahrungen der Energieagentur der Wirtschaft zeigen, können solche Abgaben mit Ausnahmeregelungen sehr erfolgreich sein (sofern die Abgaben auch wirklich eingeführt werden).

Lenkungsabgaben werden – in unterschiedlicher Höhe – in den Szenarien I-Abgabe und II bis IV unterstellt.

### **Effizienztarife**

Quasi als Gegenmodell oder als passende Ergänzung zu Lenkungsabgaben können Effizienztarife angesehen werden. Nach dem Modell des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich (EWZ) können die grösseren Elektrizitätswerke Ihren industriellen Kunden als Gegenleistung zu einem wohl definierten und nachprüfaren "Sparversprechen" einen Bonus auf die gesamte Stromrechnung gewähren (10 Prozent im Beispiel des EWZ). Das Modell genießt weitherum grosse Akzeptanz. Das System könnte ausgebaut werden zu einem eigentlichen Bonus/Malus-System, im Sinne eines Einstiegs in das Least-Cost-Planning (die Vergütung einer nicht-verbrauchten Kilowattstunde ist billiger als die Neubeschaffung einer zusätzlichen Kilowattstunde).

Effizienztarife werden im Szenario I-Abgabe und im Szenario II unterstellt.

### **Vereinbarungen und Verpflichtungen**

Unabhängig von einer etwaigen Befreiung von einer Abgabe sind individuelle Vereinbarungen und Verpflichtungen mit einzelnen Unternehmen zum Energiesparen (bzw. zur Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen) im Rahmen von freiwilligen oder obligatorischen Energie- und/oder Umweltaudits möglich. Mit solchen Vereinbarungen und Verpflichtungen können verschiedenartigste Boni verknüpft werden: Effizienztarife, Befreiung von Detailvorschriften, Befreiung von Abgaben u.ä.

Vereinbarungen und Verpflichtungen werden in unterschiedlicher Ausprägung in allen Szenarien unterstellt.

### **Investitionsbeihilfen**

Die Subventionierung von Investitionen hat einen schlechten Ruf. Viele Untersuchungen zeigen, dass die so genannten Mitnahmeeffekte riesig sind. Mitnahmeeffekt meint, dass die Beihilfe die Investition nicht ausgelöst hat, sondern lediglich "abgeholt" wurde. In ungünstigen Fällen erreichen diese Effekte 90 oder mehr Prozent. Dennoch ist in speziellen Fällen die Gewährung von Investitionsbeihilfen sinnvoll, etwa dann, wenn sie in ein System von Gratisberatung (vgl. das nachfolgende Item) eingebettet sind und so tatsächlich echt dazu beitragen, Investitionen auszulösen.

In allen Szenarien werden Investitionsbeihilfen zur Förderung der neuen erneuerbaren Energien angenommen. Diese haben in der Industrie allerdings nur einen sehr kleinen Umfang. Grössere Investitionsbeihilfen (10 Mio Franken pro Jahr) werden im Szenario II angenommen. Sie betreffen primär effiziente Elektromotoren sowie bestimmte Arbeitsmaschinen (Pumpen, Ventilatoren u.a.).

### **Subventionierung von Transaktionskosten**

Die Transaktionskosten können insofern verbilligt werden, als etwa eine kostengünstige (oder allenfalls gar kostenfreie) Initialberatung zum Energiesparen angeboten wird. Mit einfachen Tools (etwa à la Checkup-Tool der EnAW) kann, unterstützt von einem "Moderator", festgestellt werden, ob wirtschaftliche Sparpotenziale bestehen oder nicht und in welcher zeitlichen Reihenfolge sie ausgeschöpft werden sollen. Die im Anschluss dann kostenpflichtige Detailanalyse wird durch Fachleute gemacht. Die Gratisberatung stösst bei den betroffenen Unternehmen auf grosse Akzeptanz (Basics 2006a).

In Szenario II wird explizit eine Subventionierung von Transaktionskosten für KMU's angenommen.

### **Grossverbraucherparagraf**

Bereits kann man sich in einigen Kantonen von Detailvorschriften im Energiebereich dispensieren lassen, wenn man als Grossverbraucher nachvollziehbare Effizienzfortschritte verspricht. Erstens könnte eine solche Regelung schweizweit gelten, zweitens braucht sie nicht auf die grossen Verbraucher beschränkt zu bleiben. Sie gehört als integrierender Bestandteil bereits zu vielen Vereinbarung und Verpflichtungen.

Entsprechende Regelungen werden explizit in den Szenarien I und II vorausgesetzt.

### **"Master of Energy Design"**

Immer wieder wird das Fehlen geeigneter Energiefachleute beklagt, sowohl auf der Beraterseite wie auch auf Seiten der Industrie. Und zwar nicht nur bezogen auf bestimmte Anwendungen, sondern Anlagen- und Prozess-übergreifend. Zwar gibt es entsprechende kursähnliche Ausbildungsangebote auf Fachhochschulstufe, aber der "Generalist mit Tiefgang" fehlt. Hier müssen unbedingt entsprechende Ausbildungsangebote geschaffen werden.

In den Szenarien II bis IV werden solche Angebote in unterschiedlicher Realisierungstiefe unterstellt.

### **Informationskampagnen**

Die Wirkung von Informationskampagnen (aktuell etwa die Druckluftkampagne des BFE im Rahmen von EnergieSchweiz) ist nicht unumstritten. Als Ergänzung zu andern

Instrumenten machen sie aber durchaus Sinn, indem sie für die nötige Öffentlichkeit besorgt sind.

In allen Szenarien werden Informationskampagnen unterstellt.

### 4.3 Massnahmen

Die im vorigen Abschnitt kurz diskutierten Instrumente zielen letztendlich darauf ab, dass *ganz konkrete technische Massnahmen* ergriffen werden, die den Energieverbrauch gegenüber einer irgendwie definierten Referenzentwicklung reduzieren. Während es in den andern Verbrauchssektoren relativ wenige (realistische) und leicht beschreibbare Massnahmen sind, mit denen man den Energieverbrauch effektiv reduzieren kann, sind es in der Industrie eine Vielzahl von ganz unterschiedlichen, z. T. sehr komplexen Massnahmen. Dass dies so ist, ist denn auch das wichtigste Argument für Instrumente, die nicht auf das technische Detail zielen, sondern gewissermassen bloss den Rahmen abstecken, innerhalb dessen die Unternehmen selbst bestimmen, was technisch geschehen soll. Wie vielfältig diese Massnahmen sind, soll Tabelle 4-1 allein für den elektromotorischen Bereich zeigen (ISI 1999 und Basics 2006a).

**Tab. 4-1: Massnahmengruppen und typische Sparpotenziale im elektromotorischen Bereich**

Nr.	Definition Massnahmengruppe	Typische Einsparpotenziale
(1)	Rückgewinnung der mechanischen Prozessenergie bei speziellen Antrieben (wie Zentrifugen; Aufzügen usw.)	10 – 50 %
(2)	Energetische Optimierung von ganzen Prozessen (z.B. Dimensionierung von Ventilationssystemen, Rohrleitungen, Vermeidung von Leckagen bei Kompressionen usw.)	5 – 50 %
(3)	Anpassung des Betriebes der Anlage an tatsächlichen Bedarf: Abschalten bei Nichtgebrauch, Drehzahlregulierung mit Frequenzumrichter usw.	15 – 40 %
(4)	Wirkungsgradverbesserungen bei Arbeitsmaschinen (Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren usw.)	2 – 20 %
(5)	Richtige Dimensionierung von Motoren und Antriebsmaschinen	6 – 9 %
(6)	Wirkungsgradverbesserungen bei Motoren	1 – 9 %
(7)	Minimierung der mechanischen Verluste im System, Wartung	3 – 7 %
(8)	Wirkungsgradverbesserungen bei der Kraftübertragung (Riemen, Getriebe)	3 – 7 %
(9)	Optimierung der Stromversorgung	1 – 5 %

## 5 Szenario I: Weiter wie bisher

### 5.1 Politikvariante

#### 5.1.1 Szenariengrundsätze

Szenario I stellt das eigentliche Referenzszenario dar. Alle andern Szenarien sind auf dieses Szenario bezogen. Grundsätzlich meint Szenario I "business as usual". Dies bedeutet, dass für die zukünftige Entwicklung die in der Vergangenheit beobachteten Verhaltensweisen im Prinzip fortgeschrieben werden. Auf der technischen Ebene wird zwar durchaus ein nicht unerheblicher Fortschritt angenommen, aber ohne starke Beschleunigungstendenzen und insbesondere ohne technische Durchbrüche. Im Wesentlichen bleibt die Industrie was sie heute ist, sowohl bezüglich der produzierten Güter, als auch bezüglich der Art des Produzierens. Auch die zur Zeit geltenden Energie und umweltpolitischen Rahmenbedingungen sowie die entsprechenden Aktivitäten werden trendmässig fortgeschrieben. Insbesondere werden Energie- und umweltpolitische Vorschriften in gleich bleibender Vollzugsstärke vollzogen und nur in moderater Weise verschärft.

Da bei der Festlegung der Szenarien noch nicht klar war, ob eine CO<sub>2</sub>-Abgabe beschlossen werden würde oder nicht, wurden ursprünglich zwei Varianten für die Referenz zugrunde gelegt: Ia (ohne CO<sub>2</sub>-Abgabe) und Ib (mit CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brenn- und Treibstoffen). Die Idee dabei war, dass Szenario Ia quasi all das an energiepolitischen Handeln berücksichtigen würde, was im Hinblick auf eine mögliche CO<sub>2</sub>-Abgabe beschlossen und initiiert worden war, aber ohne die Abgabe effektiv anzunehmen. Gemeint sind hier vor allem die freiwilligen Vereinbarungen mit der Wirtschaft, die im Falle der Einführung einer Abgabe unter bestimmten Bedingungen zu einer Rückerstattung der Abgabe berechtigen würden (Details in Abschnitt 5.1.2). Szenario Ib würde sich damit von Szenario Ia nur durch die eigentliche Abgabe unterscheiden. Mittlerweile (2006) wird jedoch die Variante ohne CO<sub>2</sub>-Abgabe als alleinige Referenz behandelt, und die Variante mit einer CO<sub>2</sub>-Abgabe wird als Sensitivitätsvariante behandelt.

#### 5.1.2 Unterstellte energiepolitische Instrumente

Für die Industrie von Bedeutung sind die folgenden energiepolitischen Instrumente:

- Das Programm EnergieSchweiz wird mit einem jährlichen Budget von rund 45 Mio Franken weitergeführt. Einige der damit finanzierten Aktivitäten betreffen unmittelbar die Industrie, etwa die Druckluftkampagne.

- Es werden weiterhin zuhanden der Kantone Globalmittel für Energieeffizienzmassnahmen und Erneuerbare Energien im Umfang von jährlich rund 40 Mio Franken zur Verfügung gestellt.
- Alle kantonalen Bauvorschriften erreichen die Standards gemäss SIA-Empfehlung 380 /1; nach 2010 wird eine regelmässige Verschärfung der Standards unterstellt (grössenordnung um etwa 10 Prozent pro 10 Jahre).
- Verkehr: Die Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA) bleibt bestehen, eine Alpentransitabgabe wird nicht eingeführt.

Im Zentrum der energiepolitischen Instrumente für die Industrie stehen aber verschiedene Typen von (zumeist freiwilligen) Vereinbarungen über Energie- und/oder CO<sub>2</sub>-Reduktionen. Tabelle 5-1 gibt eine Übersicht über die verschiedenen, in der aktuellen Diskussion wichtigen Typen<sup>13</sup>. Nebst den Vereinbarungen im direkten Zusammenhang mit der CO<sub>2</sub>-Abgabe (vor allem über die Energieagentur der Wirtschaft (EnAW)) gibt es weitere Vereinbarungsmöglichkeiten. So im Zusammenhang mit dem "Grossverbraucherparagrafen" in einigen kantonalen Energiegesetzen, indem man sich durch Eingehen einer entsprechenden Vereinbarung als Grossverbraucher von der Einhaltung zahlreicher Einzelvorschriften dispensieren lassen kann. Oder Vereinbarungen mit Elektrizitätswerken, wenn man durch ein (nachprüfbares) "Sparversprechen" in den Genuss von Effizienztarifen gelangen will.

Natürlich wurde der energetische Grossteil der EnAW-Vereinbarungen vor allem deshalb eingegangen, um sich von einer allfälligen CO<sub>2</sub>-Abgabe befreien zu lassen. Falls es keine CO<sub>2</sub>-Abgabe gibt (wie in diesem Szenario angenommen), dürfte dies zur Folge haben, dass die von den Unternehmen in Aussicht gestellten Verbrauchs- und Reduktionsziele nicht oder nur zum Teil erreicht werden. Aufgrund von informellen Gesprächen gehen wir davon aus, dass bis 2010 (d.h. im Mittel der Jahre 2008 bis 2012) etwa die Hälfte des Differenzeffektes überleben dürfte (vgl. Abbildung 5-2). Differenzeffekt meint den Unterschied zwischen "business as usual" und dem im Rahmen einer Verpflichtung versprochenen Zielverbrauch, wenn eine Zielvereinbarung tatsächlich in eine gleichlautende Verpflichtung übergeführt würde.

---

<sup>13</sup> Natürlich ist der Hauptfokus der Perspektivarbeiten ein langfristiger. Von daher könnte man sich zu Recht fragen, ob es dann auf die Details der aktuellen Diskussion ankommt bzw. ankommen darf. Die Antwort ist: inhaltlich nein, "atmosphärisch" und politisch sehr wohl. Denn Szenario I, verstanden als das "Weiter wie bisher", sollte auftragsgemäss eine plausible Trendfortschreibung darstellen, um so mehr, als Szenario I mit CO<sub>2</sub>-Abgabe, wie schon erwähnt, ursprünglich eine zweite gleichberechtigte Referenzvariante darstellte (ohne dass – im Vorgriff auf die Darstellung der Resultate – die quantitativen Ergebnisse für die Industrie langfristig grosse Unterschiede zeigen.)

**Tab. 5-1: Übersicht über Vereinbarungen, Verpflichtungen usw. (die Differenz zwischen Szenario I und I-Abgabe wird durch die rosa unterlegten Felder markiert)**

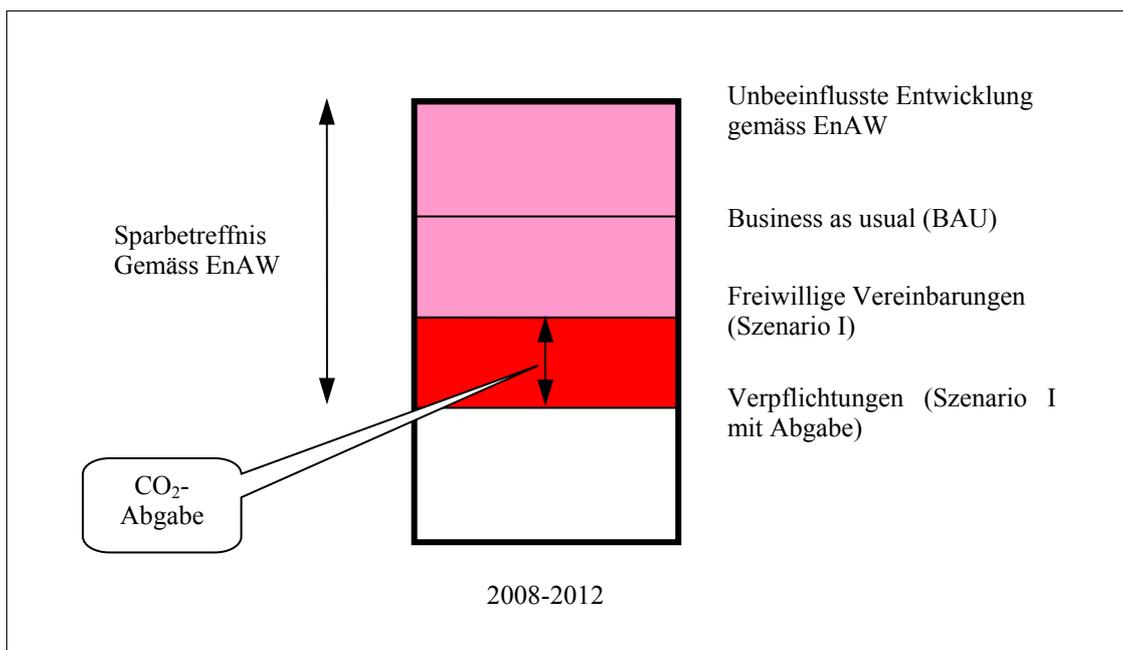
	Item	Gegenstand	Bedingungen / Ergänzungen	Gegenleistung	Sanktionen
Bund	Freiwillige Zielvereinbarung	CO <sub>2</sub> und Energie		Berücksichtigung bei Abgabeentscheid	keine
	Verpflichtungstaugliche Zielvereinbarung	CO <sub>2</sub> (Energie freiwillig)	wird bei CO <sub>2</sub> -Abgabe in Verpflichtung übergeführt	Berücksichtigung bei Abgabeentscheid	keine
	Verpflichtung bei CO <sub>2</sub> -Abgabe	CO <sub>2</sub> (Energie freiwillig)	Unternehmen zur Überführung frei, neue Verpflichtungen	Rückerstattung CO <sub>2</sub> -Abgabe, keine Rückverteilung	Nachzahlen der CO <sub>2</sub> -Abgabe plus Zinsen
Kantone AI NE SG ZH weitere in Rev.	Universalvereinbarung (MUKEN, Grossverbraucher)	Energie	falls Vereinbarung mit Bund oder "direkt"	Entlastung von Detailvorschriften	Detailvorschriften gelten wieder
EVU's (in Disk. z.B. ZH)	Effizienztarife	Energie	falls Vereinbarung mit Bund / Kanton oder "direkt"	günstigerer Strom	Verlust der Vergünstigung

Ausgangspunkt für eine Vereinbarung ist dabei die so genannte unbeeinflusste Entwicklung, die keinen spezifischen energetischen Fortschritt (bzw. keine spezifische CO<sub>2</sub>-Minderung) beinhaltet. Von dieser unbeeinflussten Entwicklung ausgehend wird dann ein an konkreten Massnahmen festzumachendes Sparbetreffnis definiert. Die Halbierung des Differenzeffektes ist ein grober Durchschnittswert; im Einzelnen gehen wir von Branche zu Branche von unterschiedlichen Verhältnissen aus.

In der Fortsetzung (d.h. über das Jahr 2010 hinaus) wird angenommen, dass zur Vermeidung einer nach wie vor "drohenden" CO<sub>2</sub>-Abgabe die Vereinbarungen verlängert und den technischen Möglichkeiten entsprechend auch verschärft werden. Mit andern Worten, in Szenario I wird unterstellt, dass die CO<sub>2</sub>-Abgabe als "Drohkulisse" ihre Funktion beibehält und mindestens die energieintensiveren Industriebranchen immer wieder neu zu zusätzlichen spezifischen Sparmassnahmen zwingt. Insofern entspricht Szenario I *nicht* ganz der heutigen Situation (Ende 2006), bei der aus Sicht der Autoren nicht wirklich klar ist, unter welchen Bedingungen und in welcher Höhe die CO<sub>2</sub>-Abgabe effektiv eingeführt wird und welche Rolle dabei die erwähnten Vereinbarungen

spielen. Mit anderen Worten: Szenario I-Trend setzt ein deutlich klareres Commitment zur aktiven Klimapolitik voraus als es aktuell realisiert wird.

**Abb. 5-2: Wirkung von freiwilligen Vereinbarungen (ohne CO<sub>2</sub>-Abgabe) und Wirkung von Verpflichtungen (mit CO<sub>2</sub>-Abgabe): Prinzipskizze, Erläuterungen im Text**



### 5.1.3 Modellierung

Da der Trendfall von Szenario I die Referenz-Variante des Modells darstellt, entspricht dessen Modellierung dem Vorgehen und den Annahmen, wie sie in Kapitel 2 und 3 sowie ausführlich im Anhangsband beschrieben werden. Die Sensitivitätsvarianten (BIP hoch, Preise hoch, Klima wärmer) werden durch passende Variation der betroffenen Modellparameter und bei der Hochpreisvariante durch ergänzende Elastizitätsannahmen gesteuert.

Modellmässig am einfachsten ist Variante *BIP hoch*: Die für diese Variante geltenden Hochrechnungsfaktoren und Energiebezugsflächen (vgl. Abschnitte 3-1 und 3-2) werden als neue Inputvariablen in das Modell eingegeben. Über die Kohortenrechnung (vgl. Abschnitt 2-2) ergeben sich so die neuen Energieverbräuche. Die Sensitivitätsvariante BIP hoch ist im Rahmen des Trendmodells also rein algorithmisch (d.h. insbesondere ohne weitere Zusatzannahmen) gegeben.

Anders ist es mit der Variante *Preise hoch*. Die höheren Preise gehen zunächst ins Kohortenmodell als veränderten Input für die Auswahl der neuen Anlagen ein. Im Sinne einer generischen Wirtschaftlichkeitsrechnung werden nämlich jene Anlagen bevorzugt zugebaut, die die geringsten Jahreskosten zur Folge haben. Da einerseits der Auswahlmechanismus aber eine Art Dämpfung beinhaltet, um nicht (wie im Falle der Linearen Optimierung) *nur* die beste Variante zu wählen und andererseits aber die Preisdifferenziale eher klein sind, ergeben sich daraus nur geringe Effekte. Deshalb wird zusätzlich über einen Elastizitätsansatz der mehr verhaltensmässige Reaktionsteil auf das Preissignal modelliert. Die unterstellten Elastizitäten variieren im Zeitablauf und von Energieträger zu Energieträger (vgl. Tabelle 5-3). Die negativen Elastizitäten beziehen sich direkt auf den entsprechenden Preis; die positiven Elastizitäten auf den Gaspreis (Elektrizität und Holz) bzw. den HMS-Preis (Abfälle). Während also Elektrizität, Holz und Abfälle substitutiv gewinnen, verlieren die andern Energieträger an Marktanteilen.

**Tab. 5-3: Elastizitäten der wichtigsten Energieträger im Zeitablauf zur Beschreibung der Preisreaktionen in Ergänzung zur Kohortenrechnung**

Jahr	HEL	HMS	Erdgas	Elektrizität	Holz	Abfälle
2005	-0.02	-0.02	-0.02	0.01	0.01	0.01
2010	-0.12	-0.12	-0.12	0.05	0.07	0.06
2015	-0.16	-0.13	-0.12	0.06	0.07	0.06
2020	-0.17	-0.13	-0.12	0.06	0.07	0.06
2025	-0.18	-0.13	-0.12	0.05	0.07	0.06
2030	-0.19	-0.13	-0.12	0.05	0.07	0.06
2035	-0.19	-0.13	-0.12	0.04	0.07	0.06

Für die Variante *Klima wärmer* werden zur Bestimmung des Einflusses einer höheren Durchschnittstemperatur nur zwei Effekte berücksichtigt: Geringerer Verbrauch an Raumwärme während der Heizperiode und zusätzlicher Kühlungsbedarf während des Sommers. Darüber hinaus könne man noch den Effekt eines reduzierten Prozesswärmebedarfes quantifizieren. Dieser Effekt ist allerdings so klein, dass auf eine Quantifizierung verzichtet wurde. Nicht berücksichtigt wird auch ein möglicher klimatischer Einfluss auf die industrielle Produktion, welche auf ein wärmeres Klima mit Mehr- oder Minderproduktion bei bestimmten Gütern reagieren könnte.<sup>14</sup>

Unter Verwendung der Ergebnisse des CEPE für Szenario I vermindern sich die Raumwärmebedarfe im Zeitraum 2006 bis 2035 klimabedingt um rund 13 %. Umgekehrt nimmt der Elektrizitätsbedarf der Büros wegen der zusätzlichen Klimatisierung (wieder nach den Ergebnissen des CEPE) im selben Zeitraum um rund 23 % zu.

<sup>14</sup> Tatsächlich hat z.B. die Bierproduktion positiv auf den heissen Sommer 2003 reagiert.

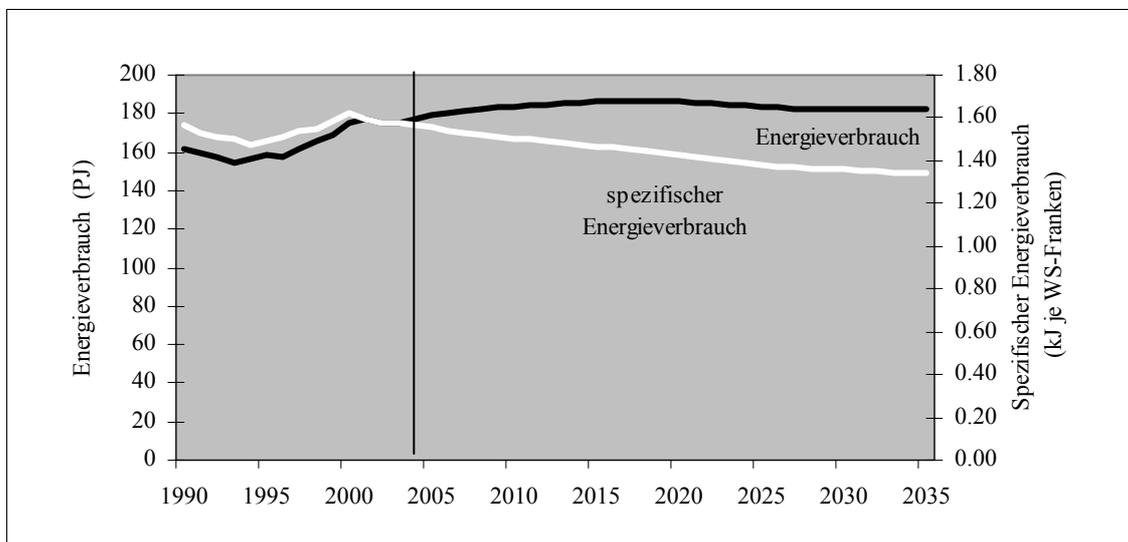
## 5.2 Ergebnisse

### 5.2.1 Trend

#### 5.2.1.1 Energienachfrage

Abbildung 5-4 zeigt den gesamthaft resultierenden Energieverbrauch (klimanormiert, d.h. von 1990 bis 2035 auf die durchschnittliche Witterung von 1970 bis 1992 bezogen): Dieser steigt bis etwa 2020 nur noch leicht an, um dann wieder leicht zu sinken. Gesamthaft nimmt der Energieverbrauch gegenüber dem Ausgangsjahr 1990 um rund 13 % zu, gegenüber dem (im Modell) letzten Statistikjahr (2003) aber nur noch um 4 %. Gemessen an der industriellen Wertschöpfung ergibt sich alles über alles für den Zeitraum von 1990 bis 2035 eine spezifische Verbesserung von rund 14 %. Man kann diese Zahl zwar als resultierende durchschnittliche spezifische Verbesserung des Energieeinsatzes *in der Industrie als Ganze* auffassen, sie sagt aber nichts über die durchschnittliche spezifische Verbesserung bezogen auf *einzelne Prozesse* aus. Diese ist tatsächlich etwas höher (rund 17 Prozent).<sup>15</sup>

**Abb. 5-4: Energieverbrauch und spezifischer Energieverbrauch (Energieverbrauch bezogen auf die Wertschöpfung)**



In Abbildung 5-5 wird die resultierende Energienachfrage nach einzelnen Energieträgern differenziert dargestellt. Während die Gesamtenergienachfrage wenig Struktur

<sup>15</sup> Dies ist ein klassisches Beispiel für ein Simpsonparadoxon. Einzelne könnten z.B. alle Prozesse um exakt 20 % besser werden, in der Gesamtbilanz wird aber eine geringere oder grössere Verbesserung resultieren, weil die einzelnen Prozesse auf ungleichen Niveaus liegen und sich mengenmässig z.T. ganz unterschiedlich entwickeln.

zeigt, verhalten sich die einzelnen Energieträger doch ziemlich unterschiedlich: Die Elektrizität (inkl. Eigenproduktion) nimmt als quantitativ und qualitativ wichtigster Energieträger noch recht deutlich zu (um 20 % im Vergleich zu 1990, um 14 % im Vergleich zu 2003). Demgegenüber zeigen Gas und Heizöl extra leicht eine Stagnation oder nehmen sogar ab. Kohle und Heizöl schwer verharren im Wesentlichen auf dem im Jahre 2003 erreichten Niveau. In diesem Zusammenhang ist insbesondere darauf hinzuweisen, dass darin der sich längerfristig verstärkende Preisvorteil der Kohle nicht berücksichtigt wird. Es wäre durchaus denkbar, dass die Kohle eine Renaissance erlebt. Dass Petrolkoks und Heizöl schwer nicht gänzlich verschwinden hat damit zu tun, dass diese Energieträger nur in wenigen Unternehmen verwendet werden (in den Branchen Papier, Chemie, Zement und Glas) und diese mit den nötigen Handlingseinrichtungen versehen bei den getroffenen Preisannahmen keine Veranlassung haben dürften, diese Energieträger wegzusubstituieren.

In Abbildung 5-6 ist der Energieträgersplit im Zeitablauf dargestellt. Tabelle 5-7 gibt für einige Schlüsseljahre die quantitativen Energieverbrauchsdaten, Tabelle 5-8 liefert die Differenzierung nach den 16 Branchen.

In den Tabellen 5-9 und 5-10 ist schliesslich die Aufteilung nach den sechs im Modell unterschiedenen Verwendungszwecken zu finden, in der ersten Tabelle für die Elektrizität, in der zweiten für die Brennstoffe<sup>16</sup>. Die Verwendungszwecke sind:

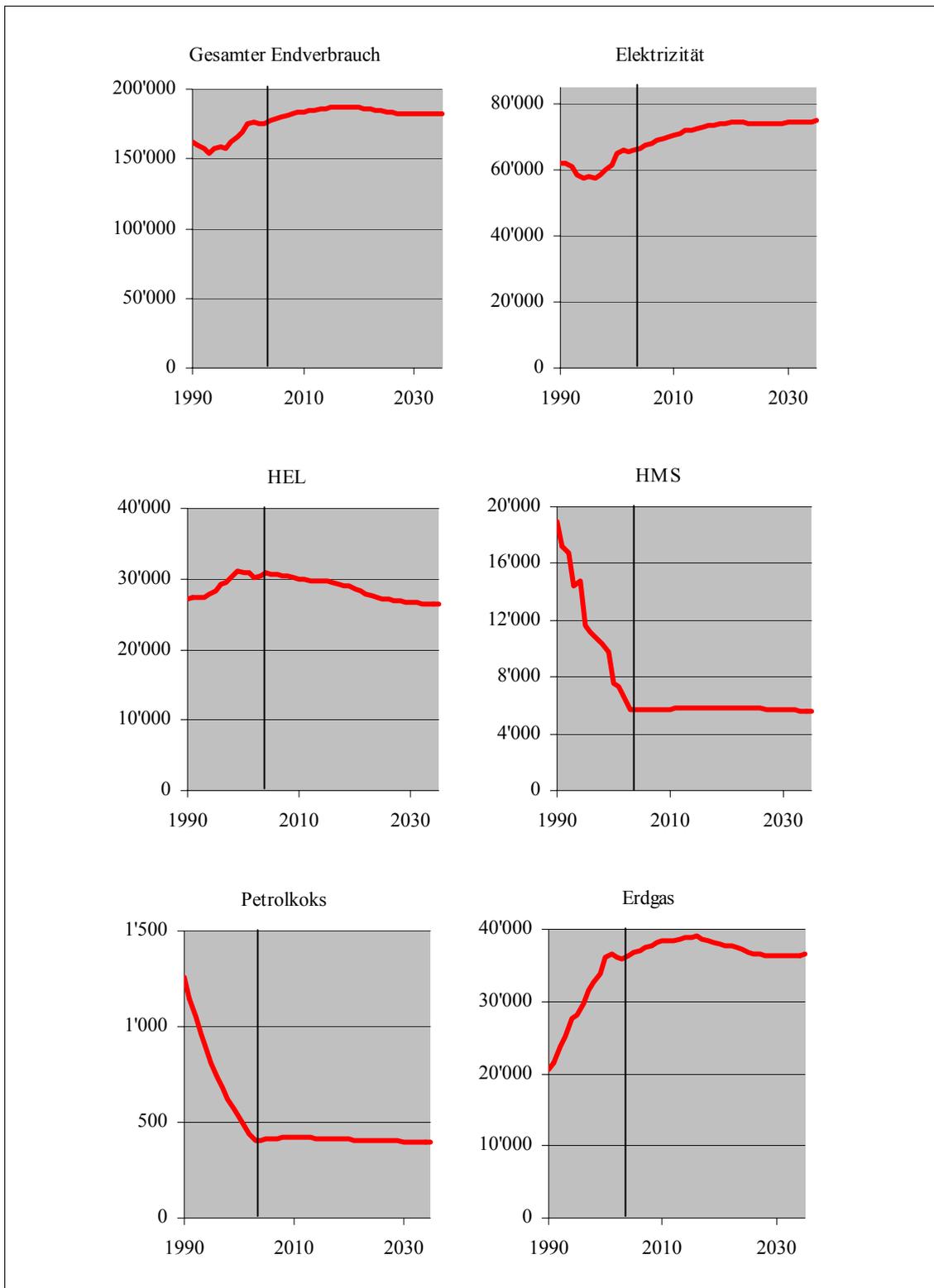
- Heizung (inkl. Warmwasser, Klimatisierung und für diese Zwecke benötigte Pumpenergien)
- Mechanische Prozesse (sämtliche Prozesse, die eine mechanische und / oder örtliche Veränderung eines Produktionsgutes bezwecken; typische Beispiele: Drehen, Fräsen, Spanen, Pressen, Rühren, Mischen, Fördern, Pumpen usw.)
- Wärmeprozesse (sämtliche Prozesse, die eine thermische Veränderung eines Gutes anstreben (typische Beispiele; Kochen, Destillieren, Kühlen, Raffinieren, Brühen, Schmelzen usw.)
- Licht, EDV (sowohl in der Produktion wie in den Büros)
- Fahrzeuge<sup>17</sup> (betriebsstätteninterne Transporte elektrisch oder mit Explosionsmotoren angetrieben)
- Wärmekraftkopplung (die produzierte Elektrizität wird negativ ausgewiesen, die nötigen fossilen Inputenergien positiv)

---

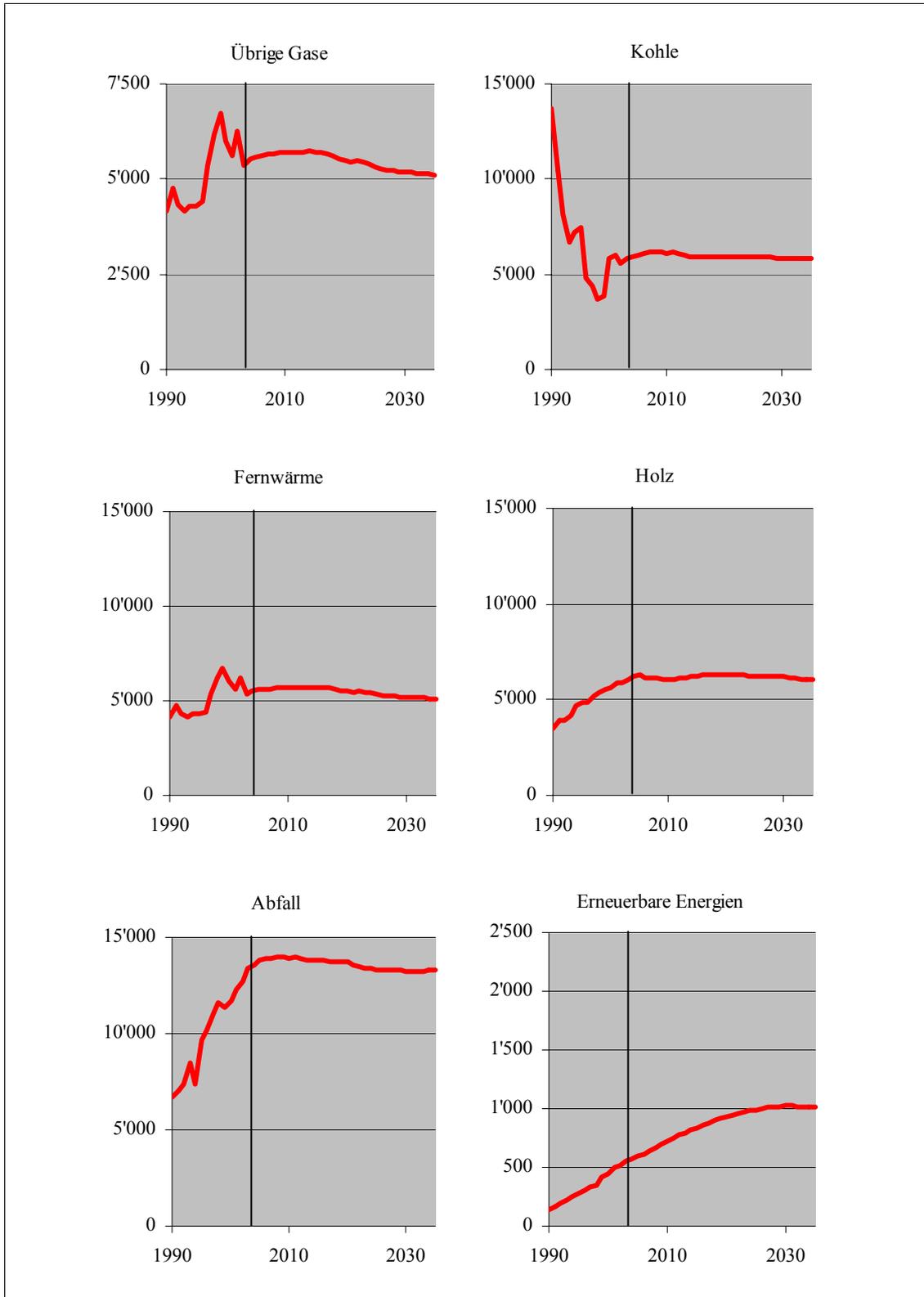
<sup>16</sup> Tatsächlich werden hier unter dem Terminus "Brennstoffe" sämtliche andern Energieträger subsumiert, also insbesondere auch die Fernwärme und die Erneuerbaren Energien.

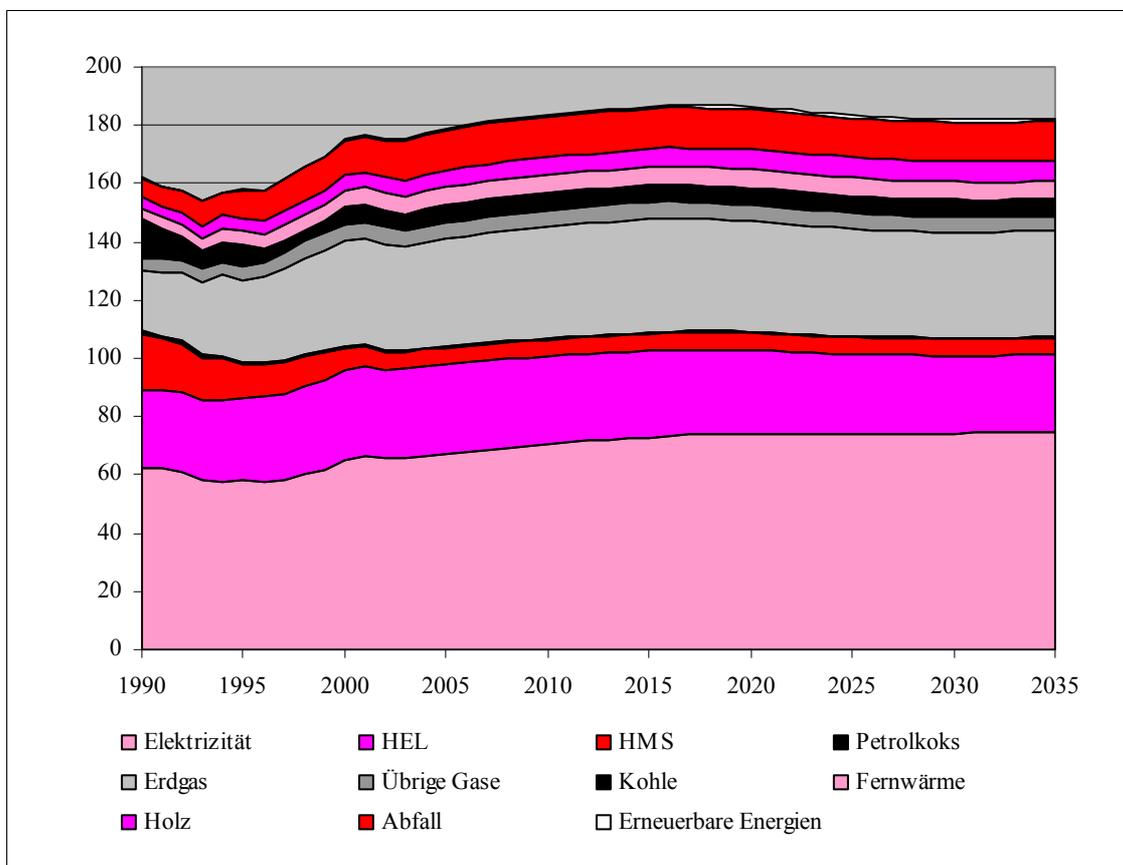
<sup>17</sup> Im Modell werden zu dieser Kategorie auch die stationären Explosionsmotoren sowie die Baumaschinen gezählt, die hier aber nicht ausgewiesen werden.

**Abb. 5-5: Entwicklung des Endenergienachfrage im Szenario I-Trend nach Energieträgern (in TJ). Man beachte die unterschiedliche Skalierung der Ordinate.**



**Abb. 5-5: Entwicklung der Endenergienachfrage im Szenario I-Trend nach Energieträgern (in TJ). Man beachte die unterschiedliche Skalierung der Ordinate.**



**Abb. 5-6: Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)****Tab. 5-7: Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)**

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.3	70.7	72.9	74.3	74.2	74.3	74.8
HEL	27.0	30.9	30.5	30.7	30.0	29.6	28.6	27.2	26.7	26.5
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.7	5.8	5.9	5.8	5.7	5.6
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.8	38.3	38.9	38.0	36.9	36.4	36.5
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.7	5.7	5.5	5.3	5.2	5.1
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	6.1	5.9	5.9	5.9	5.9	5.8
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	6.0	6.2	6.3	6.2	6.2	6.1
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	6.0	6.2	6.9	7.1	7.2	7.3
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	13.9	13.8	13.7	13.3	13.3	13.3
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0
<b>Summe</b>	<b>162.1</b>	<b>175.1</b>	<b>175.2</b>	<b>179.0</b>	<b>183.6</b>	<b>186.5</b>	<b>186.4</b>	<b>183.5</b>	<b>182.2</b>	<b>182.4</b>

**Tab. 5-8: Energienachfrage nach Branchen (PJ)**

Nr.	Branche	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
1	Nahrung	11.8	15.3	14.8	14.6	14.0	13.5	13.1	12.1	11.8	11.6
2	Bekleidung	8.1	7.6	6.2	6.4	6.8	6.7	6.8	6.9	6.9	7.0
3	Papierindustrie	18.4	22.2	23.0	24.2	24.7	25.7	26.1	25.9	25.4	25.1
4	Chemie	30.5	32.0	32.0	32.6	33.9	34.7	34.6	34.0	34.8	36.3
5	Glas	6.8	4.5	4.1	4.1	4.2	4.1	4.0	3.9	3.8	3.7
6	Keramik	4.0	4.4	4.1	4.3	4.5	4.6	4.7	4.6	4.6	4.6
7	Zement	18.2	12.5	12.4	12.9	13.1	12.6	12.7	12.7	12.6	12.4
8	NE-Mineralien	2.2	3.3	3.8	3.9	3.8	3.7	3.7	3.7	3.7	3.6
9	Metalle	9.2	10.0	10.9	11.0	11.3	11.5	11.5	11.4	11.1	10.8
10	NE-Metalle	6.0	5.1	6.0	6.1	6.5	6.7	6.6	6.6	6.5	6.2
11	Metallerzeugnisse	5.1	6.4	6.3	6.6	7.0	7.3	7.2	7.1	7.0	6.9
12	Maschinenbau	10.0	12.3	11.7	12.0	12.5	13.0	13.0	13.0	13.0	13.1
13	Elektrotechnik	8.2	11.2	10.8	10.9	10.9	11.0	10.6	10.2	9.9	9.9
14	Energie	2.1	2.4	2.4	2.4	2.5	2.6	2.7	2.7	2.7	2.7
15	Bau	7.0	7.2	7.7	7.8	8.0	8.1	8.1	8.0	7.9	8.0
16	Übrige	14.5	18.9	19.2	19.4	20.0	20.5	21.0	20.6	20.5	20.6
	Summe	162.1	175.1	175.2	179.0	183.6	186.5	186.4	183.5	182.2	182.4

**Tab. 5-9: Aufteilung des Elektrizitätsverbrauchs nach Verwendungszwecken (PJ)**

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Heizung	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Mech. Prozesse	32.8	36.3	35.9	36.8	38.8	39.9	40.9	40.9	41.2	41.8
Wärmeprozesse	21.2	21.1	22.3	22.6	23.7	24.5	24.7	24.5	24.4	24.3
Licht, EDV	6.5	6.3	6.2	6.4	6.7	7.0	7.1	7.2	7.1	7.1
Fahrzeuge, stat. Motoren	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
WKK	-1.5	-2.6	-2.6	-2.7	-2.9	-3.1	-3.2	-3.3	-3.3	-3.4
Summe*	62.2	65.2	65.9	67.3	70.7	72.9	74.3	74.2	74.3	74.8

\* Die Elektrizitätsproduktion der WKK-Anlagen ist in der Summe nicht berücksichtigt.

**Tab. 5-10: Aufteilung des Brennstoffverbrauchs nach Verwendungszwecken (PJ)**

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Heizung	32.9	29.3	28.0	27.9	27.8	28.1	27.8	27.1	26.6	26.5
Mech. Prozesse	1.5	1.9	1.8	1.9	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8
Wärmeprozesse	60.8	71.3	72.7	74.7	75.6	75.6	74.3	72.1	71.1	70.7
Licht, EDV	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fahrzeuge, stat. Motoren	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
WKK	4.7	7.4	6.9	7.1	7.6	7.9	8.1	8.2	8.3	8.6
Summe	99.9	109.9	109.3	111.6	113.0	113.5	112.2	109.3	107.9	107.6

### 5.2.1.2 Emissionen

Ausgehend von den ermittelten Energieverbräuchen können die resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen bestimmt werden. Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Tabelle 5-11 zusammengefasst. Zu beachten ist, dass sowohl Nah- und Fernwärme wie auch die Elektrizität als CO<sub>2</sub>-frei angenommen werden, um Doppelzählungen zu vermeiden. Soweit die Industrie Nah- und Fernwärme sowie Elektrizität selbst erzeugt, sind die dabei anfallenden CO<sub>2</sub>-Emissionen in den nachfolgenden Resultaten über die Inputenergien mit enthalten.

**Tab. 5-11: Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen (Quelle: BAFU)**

Energieträger (Modell-Kürzel)*	Spezifische CO <sub>2</sub> -Emissionen (t/TJ)
HEL	73.7
GAS	55.0
ELEKT	0.0
NAHFERN	0.0
HOLZ	0.0
KOHLE	94.0
ERNEU	0.0
HMS	77.0
ABFALL	0.0
PETRK	94.0
UEBGAS	64.7

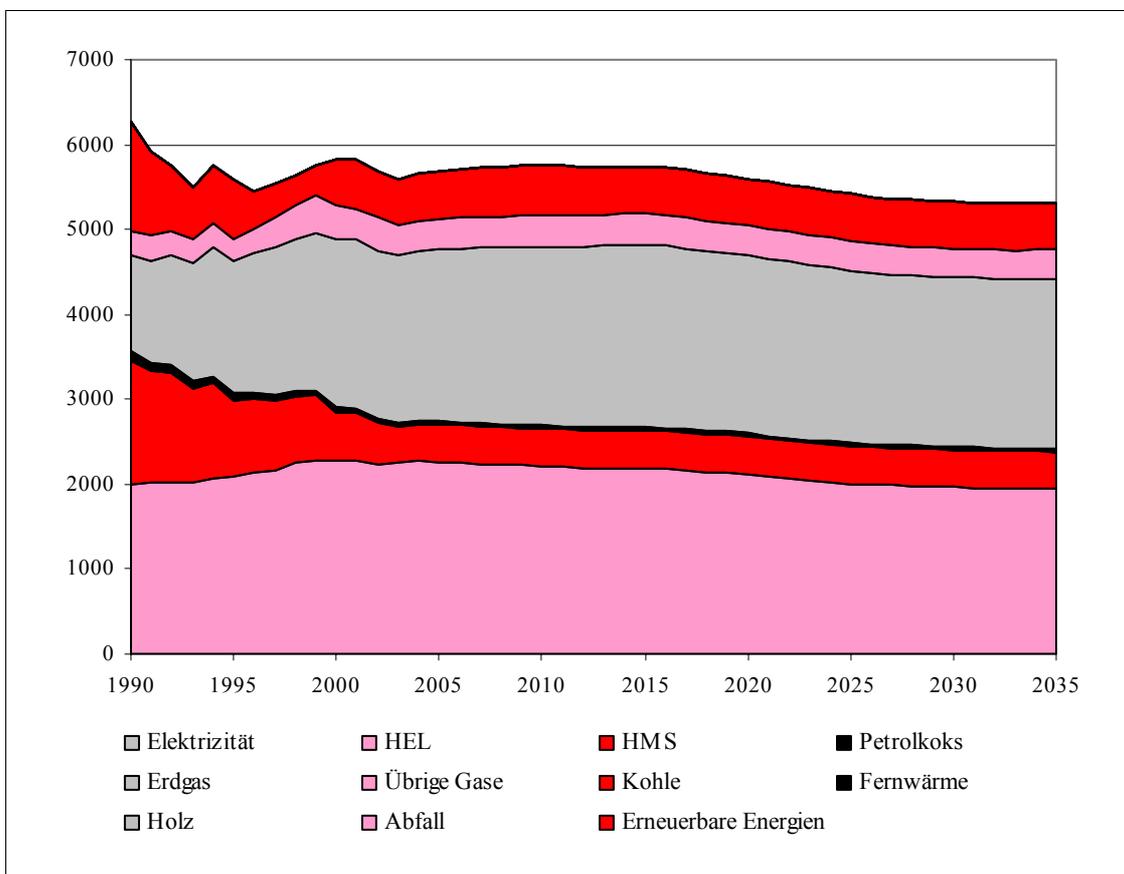
\* Erläuterungen zu den einzelnen Energieträgern finden sich in Tabelle 2-7

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen reduzieren sich in Szenario I im Vergleich 2035 zu 1990 um rund 15 Prozent, von rund 6.3 Mio auf 5.6 Mio Tonnen, allerdings entfällt der Löwenanteil dieser Reduktion auf den Zeitraum 1990 bis 2003 (Substitution der Kohle durch Abfälle sowie durch eine Substitutionskaskade vom Heizöl schwer zum Erdgas<sup>18</sup>). Die Details zeigen die Abbildung 5-12 und die Tabelle 5-13. Bezogen auf den klimapolitisch wichtigen Zeitraum 1990 bis 2010 ergibt sich eine Reduktion von 8.3 %<sup>19</sup>. Während die absoluten Reduktionen eher gering sind, zeigt Abbildung 5-14, dass sie bezogen auf die Wertschöpfung aber doch recht beträchtlich sind, im Zeitraum 1990 bis 2035 rund 35 Prozent ausmachen (von rund 60 g je Wertschöpfungsfranken auf rund 39 g).

<sup>18</sup> In den 90er Jahren wurde auf Betriebsebene das Heizöl schwer zumeist durch Heizöl extra leicht substituiert, eine direkte Substitution durch Erdgas war die Ausnahme. Das Heizöl extra leicht hat (wiederum auf Betriebsebene) in der gleichen Zeit aber auch Anteile an das Erdgas verloren.

<sup>19</sup> Das generelle CO<sub>2</sub>-Minderungsziel von minus 10 % im Vergleich 2010 zu 1990 würde von der Industrie allein bezogen auf die Brennstoffe damit knapp nicht erreicht.

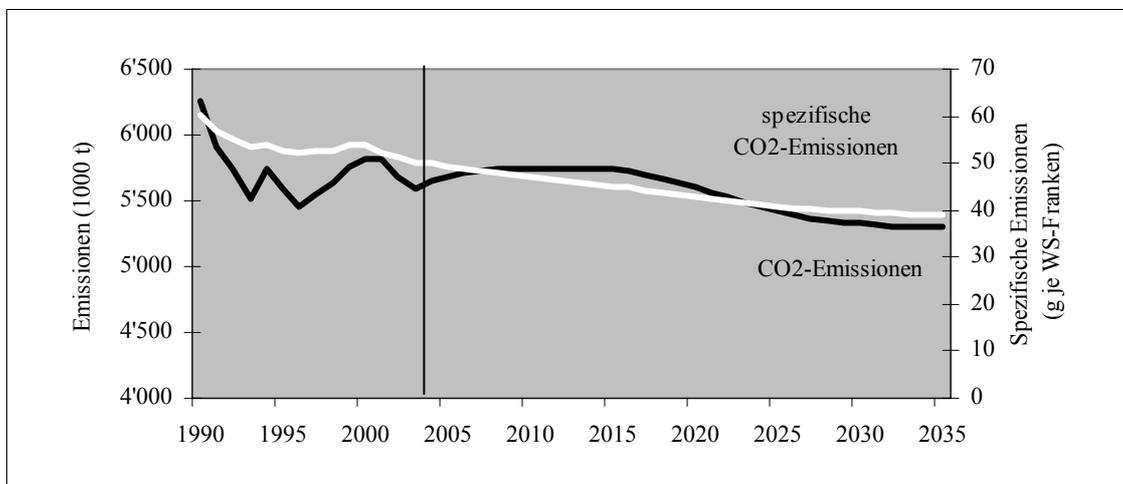
**Abb. 5-12: Verlauf der CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (Mio Tonnen)**



**Tab. 5-13: CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (1000 Tonnen)**

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'276	2'249	2'261	2'210	2'185	2'110	2'006	1'965	1'952
HMS	1'459	578	434	440	442	447	451	446	439	431
Petrolkoks	119	50	38	39	39	39	39	38	38	37
Erdgas	1'136	1'983	1'974	2'026	2'109	2'141	2'089	2'029	2'001	2'007
Übrige Gase	268	389	347	360	369	369	356	345	336	330
Kohle	1'288	547	545	563	574	558	556	556	551	545
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Summe</b>	<b>6'263</b>	<b>5'823</b>	<b>5'587</b>	<b>5'688</b>	<b>5'744</b>	<b>5'740</b>	<b>5'601</b>	<b>5'420</b>	<b>5'329</b>	<b>5'303</b>

**Abb. 5-14: CO<sub>2</sub>-Emissionen und spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen (man beachte die unterschiedliche Skalierung der Ordinaten)**



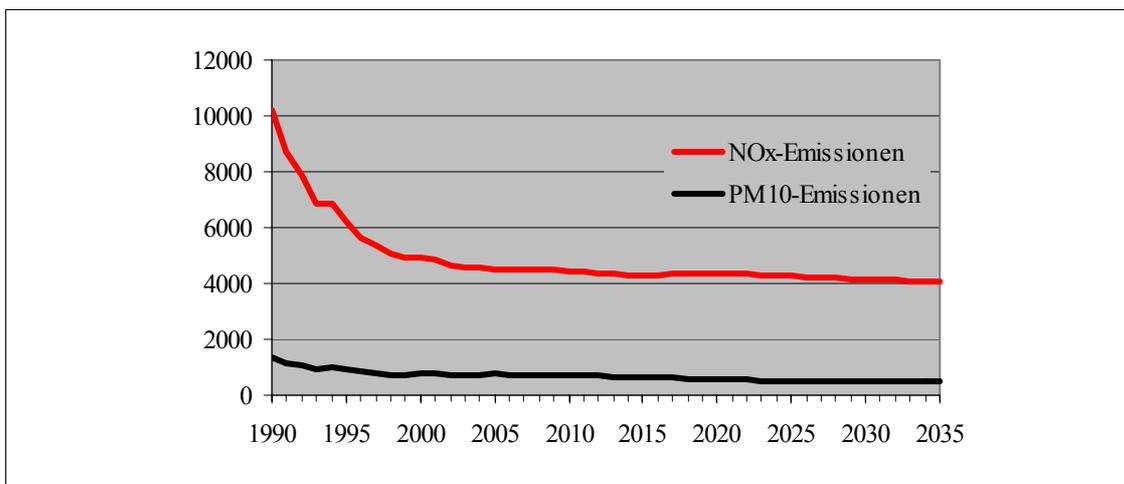
Selbst im Szenario I zeichnet sich damit tendenziell eine Entkopplung von Wirtschaftswachstum und CO<sub>2</sub>-Emissionen ab. Allerdings muss dabei beachtet werden, dass in diesem Kalkül die Elektrizität als CO<sub>2</sub>-frei betrachtet wird. Die CO<sub>2</sub>-Bilanz ist damit nicht vollständig. Zudem unterscheiden sich die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen von Branche zu Branche sehr stark. So liegen diese bei der Zementindustrie als Extrembeispiel im Jahr 1990 bei rund 8 kg je Wertschöpfungsfranken und reduzieren sich bis 2035 auf rund 4 kg je Wertschöpfungsfranken. Demgegenüber liegen die entsprechenden Daten für die Chemie bei rund 180 bzw. 45 g je Wertschöpfungsfranken.

Zusätzlich zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden auch die NO<sub>x</sub>-Emissionen und die Feinstaubpartikel-Emissionen (PM10) bestimmt. Dabei wurden die in Tabelle 5-15 zusammengefassten Emissionsfaktoren verwendet. Anders als die CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren sind diese abhängig von der verwendeten Technologie und damit in der Zeit nicht konstant. Allerdings werden ab 2005 kaum mehr technologische Fortschritte unterstellt. Abbildung 5-16 zeigt die sich ergebenden absoluten Emissionen. Und Tabelle 5-17 liefert die entsprechenden Daten.

**Tab. 5-15: Emissionsfaktoren für NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (g / GJ, Industrie-  
feuerungen; Quelle: BAFU)**

		1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Heizöl extra leicht	NO <sub>x</sub>	59.0	42.0	36.0	32.0	32.0	30.0	30.0	28.3	26.7	25.0
	PM 10	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Heizöl schwer	NO <sub>x</sub>	170.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0
	PM 10	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Erdgas	NO <sub>x</sub>	45.0	15.0	15.0	15.0	12.0	10.0	10.0	9.3	8.7	8.0
	PM 10	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Kohle	NO <sub>x</sub>	250.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
	PM 10	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0
Holz	NO <sub>x</sub>	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0
	PM 10	80.0	60.0	60.0	60.0	50.0	40.0	20.0	18.3	16.7	15.0

**Tab. 5-16: NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (in Tonnen)**



**Tab. 5-17: NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)**

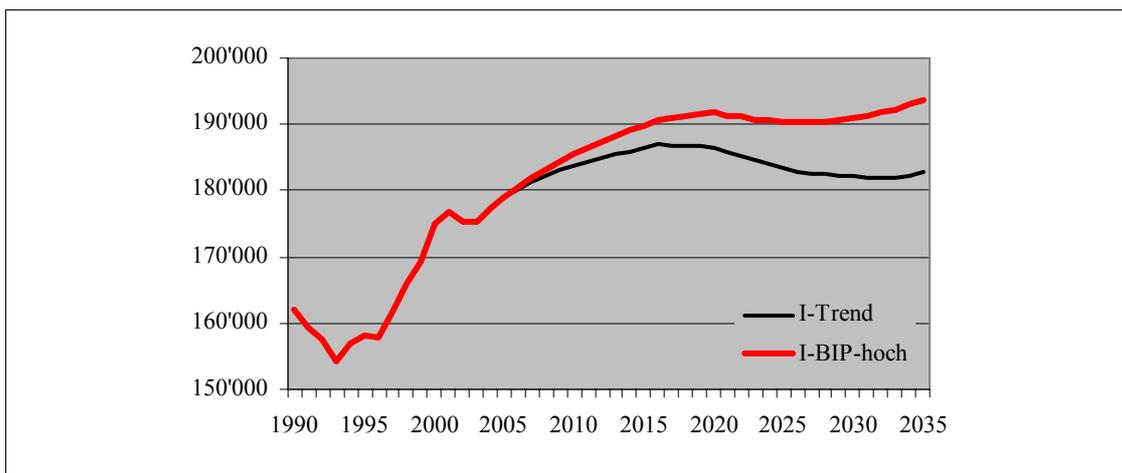
	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
NO <sub>x</sub> -Emissionen	10'181	4'937	4'548	4'509	4'441	4'293	4'366	4'264	4'157	4'072
PM10-Emissionen	1'338	762	750	765	729	675	570	565	555	545

## 5.2.2 BIP hoch

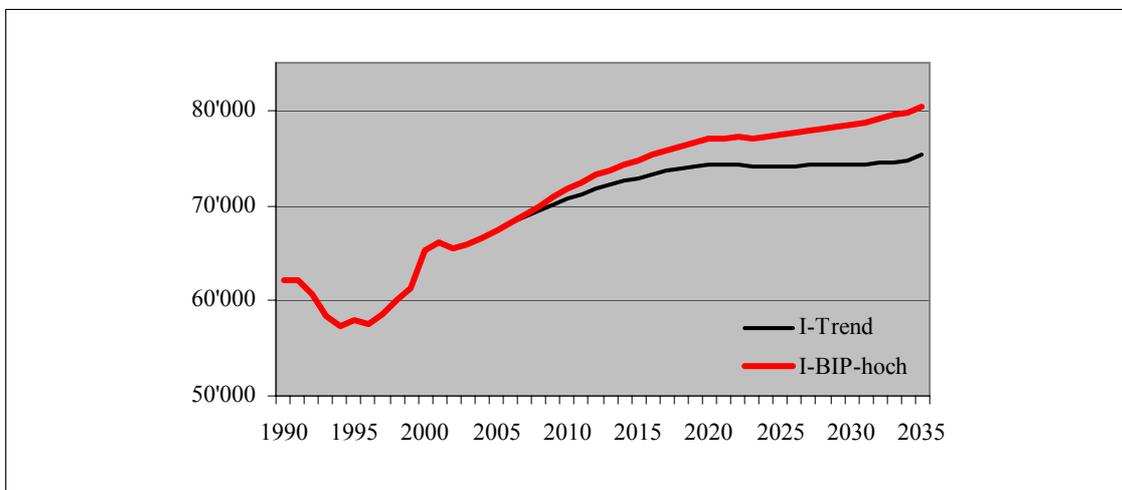
### 5.2.2.1 Energienachfrage

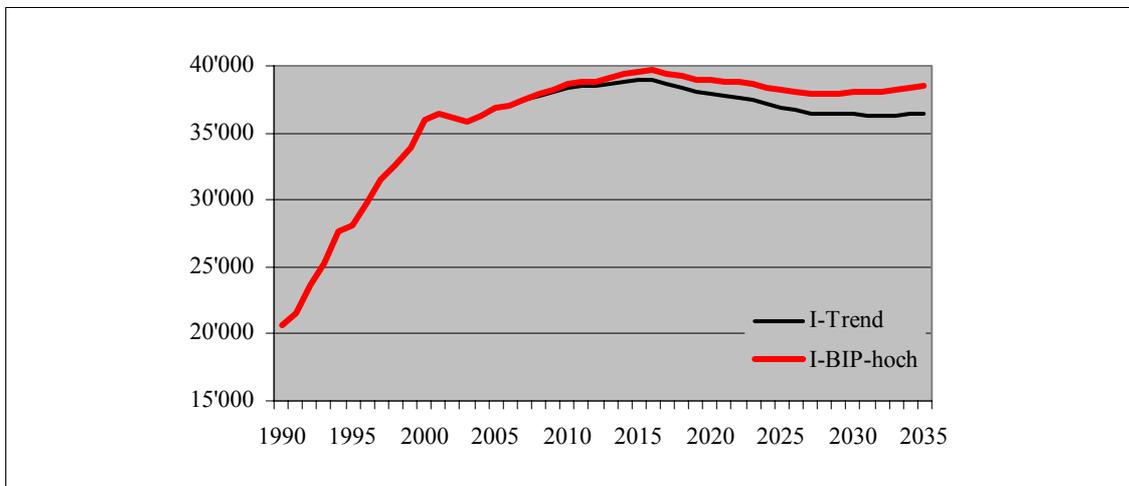
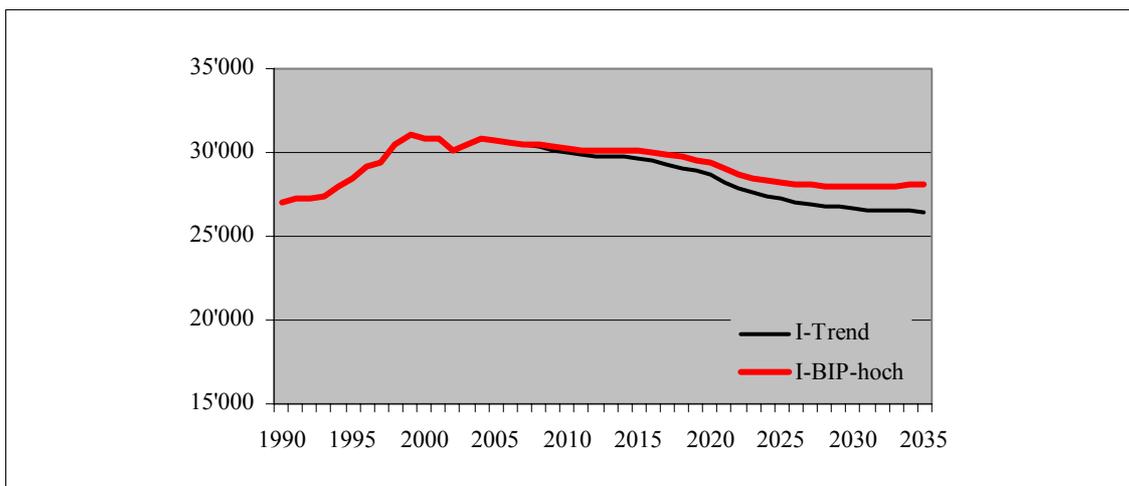
In der Sensitivitätsvariante BIP hoch werden im Jahr 2035 6.2 % bzw. rund 11 PJ mehr Energie verbraucht als in der Trendvariante (vgl. Abbildung 5-18). Allerdings steht diesem Mehrverbrauch auch ein Wertschöpfungsplus von 19 % gegenüber. Mit andern Worten: Es zeichnet sich tatsächlich eine zunehmende Entkopplung von Wertschöpfung und Energieverbrauch ab. Rund die Hälfte des Mehrverbrauchs gegenüber dem Trendfall wird im Jahr 2035 durch die Elektrizität verursacht (vgl. Abbildung 5-19). Der Gasverbrauch stabilisiert sich auf hohem Niveau (vgl. Abbildung 5-20) und der Abwärtstrend von Heizöl extra leicht wird deutlich abgeschwächt (vgl. Abbildung 5-21) und.

**Abb. 5-18: Endenergieverbrauch in Szenario I-BIP-hoch (TJ)**



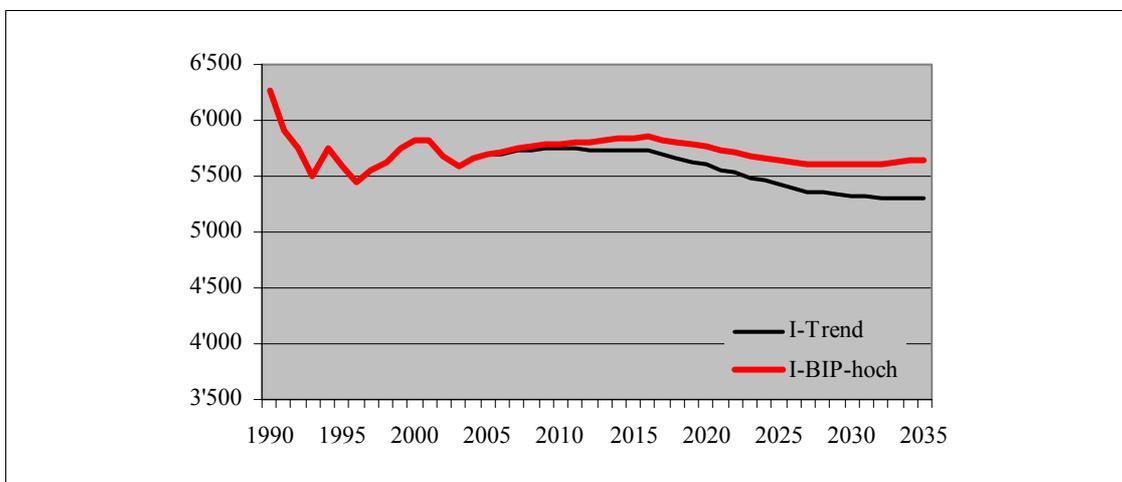
**Abb. 5-19: Elektrizitätsverbrauch in Szenario I-BIP-hoch (TJ)**



**Abb. 5-20: Gasverbrauch in Szenario I-BIP-hoch (TJ)****Abb. 5-21: Verbrauch von Heizöl extra leicht in Szenario I-BIP-hoch (TJ)**

### 5.2.2.2 Emissionen

In der Sensitivitätsvariante BIP hoch ist nicht nur der Energieverbrauch höher als im Trendfall, auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Diese bleiben im Wesentlichen ab heute konstant (vgl. Abbildung 5-22). Gegenüber dem Trendfall liegen sie um rund 344'000 t bzw. 6.5 % höher. Auf die Angabe der Stickoxid- und Partikelemissionen wird in den Sensitivitätsvarianten verzichtet. Auf Wunsch stellen wir aber die entsprechenden Daten gerne zur Verfügung.

**Abb. 5-22: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Szenario I-BIP-hoch (in 1000 Tonnen)**

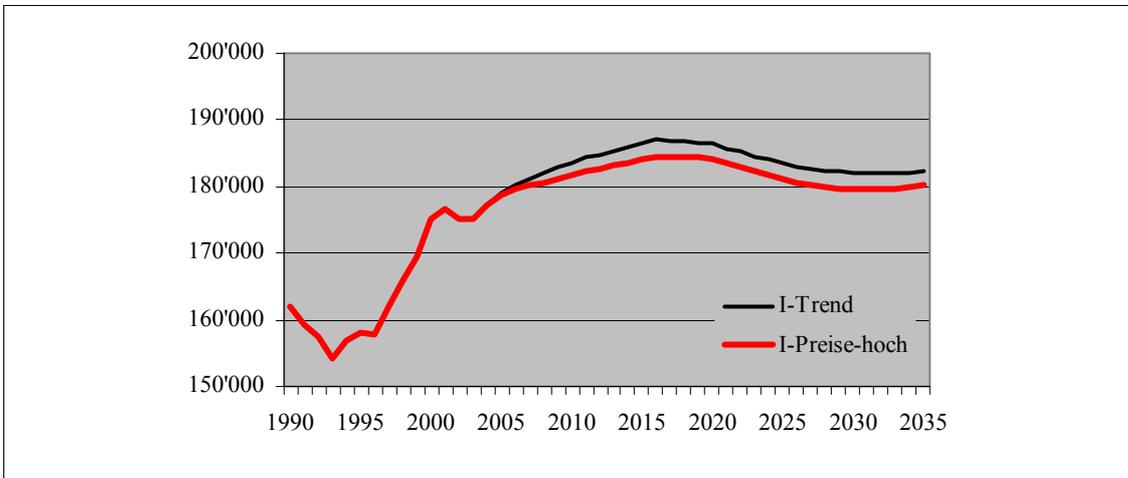
## 5.2.3 Preise hoch

### 5.2.3.1 Energienachfrage

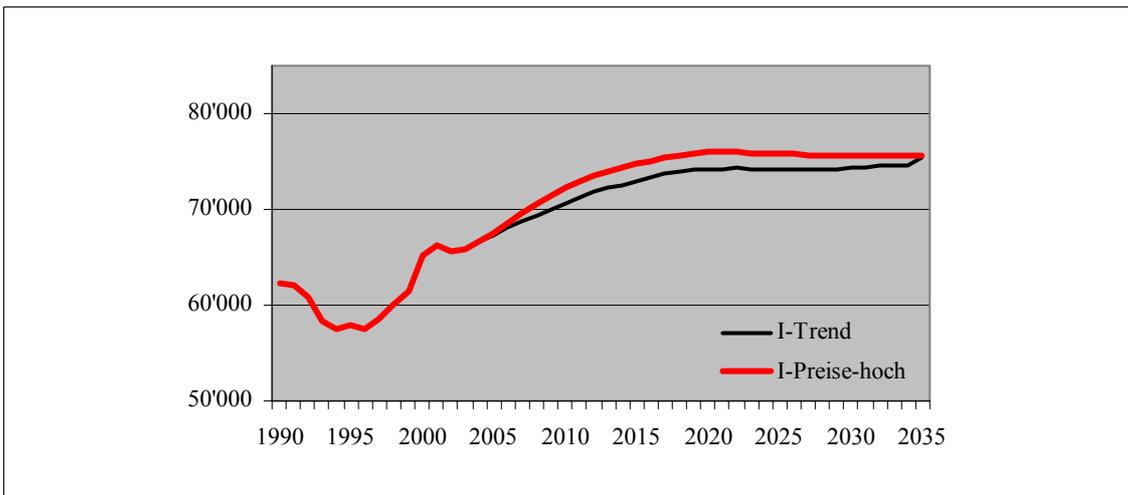
In der Variante mit den hohen Energiepreisen werden rund 2 PJ (bzw. rund 1 %) weniger Energie verbraucht als in der Trendvariante. Abbildung 5-23 zeigt den zeitlichen Verlauf. Die Reduktion mag als gering erscheinen. Es ist dabei aber zu bedenken, dass die hohen Energiepreise in der Schweiz auf eine im internationalen Vergleich durchaus "energetüchtige" Industrie treffen, die nur wenige wirklich energieintensive Produkte herstellt. Zudem: Die höheren Energiepreise gelten ja nicht nur national, sondern international, und da die Preise immer noch zahlbar sind, ist auch der Spardruck nicht allzu hoch. Weiter muss berücksichtigt werden, dass die höheren Energiepreise nicht für die Kohle und vor allem nicht für die Elektrizität gelten, womit "Substitutionsfenster" offen gehalten werden.

Die Abbildung 5-24 zeigt den Effekt auf die Elektrizität (die substitutiv zwischen 2 und 3 PJ) gewinnt, die Abbildungen 5-25 und 5-26 die Auswirkung auf den Verbrauch von Gas und Heizöl extra leicht.

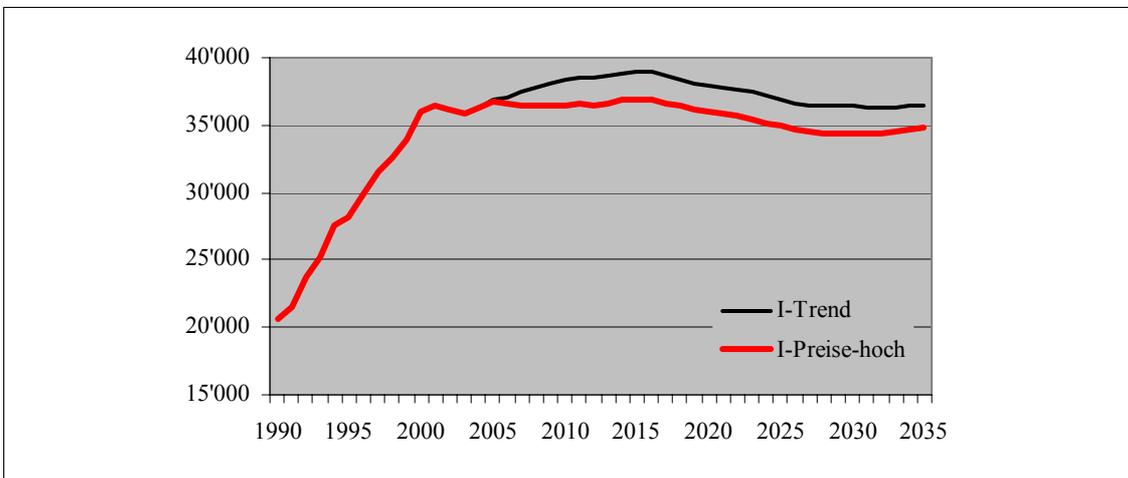
**Abb. 5-23: Endenergieverbrauch in Szenario I-Preise-hoch (TJ)**

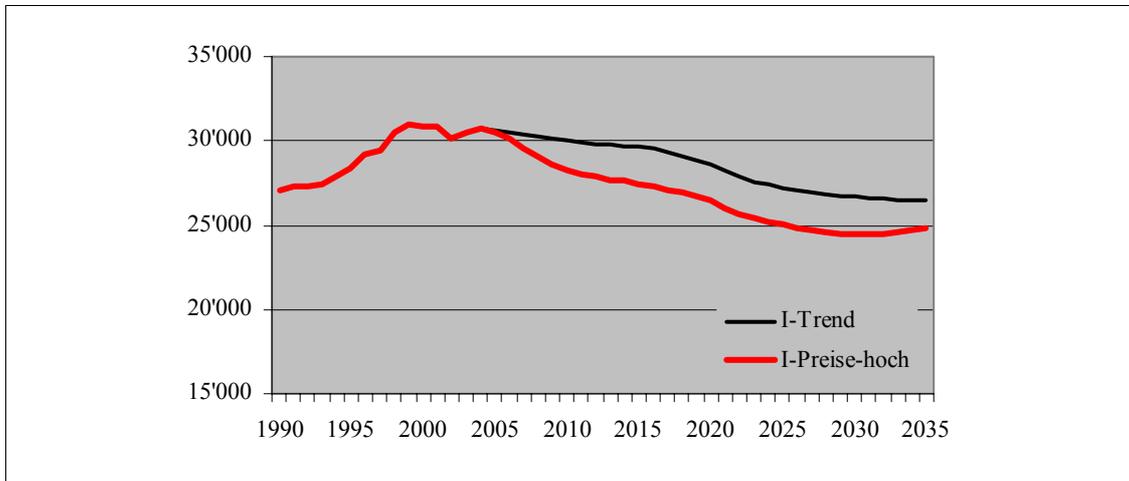


**Abb. 5-24: Elektrizitätsverbrauch in Szenario I-Preise-hoch (TJ)**



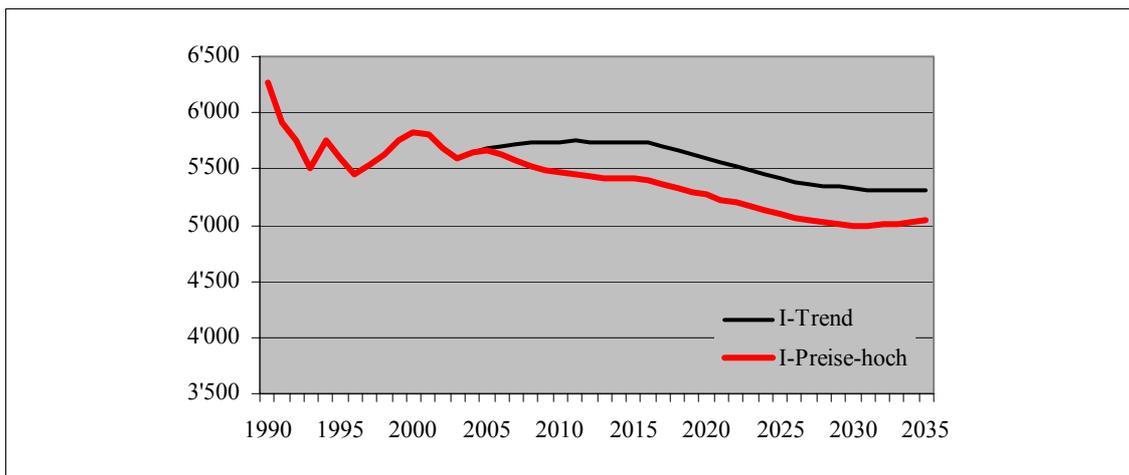
**Abb. 5-25: Gasverbrauch in Szenario I-Preise-hoch (TJ)**



**Abb. 5-26: Verbrauch von Heizöl extra leicht in Szenario I-Preise-hoch (TJ)**

### 5.2.3.2 Emissionen

Bei hohen Energiepreisen reduzieren sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zum Trendfall um zusätzlich rund 250'000 Tonnen. (vgl. Abbildung 5-27). Die gesamten Emissionen erreichen um das Jahr 2030 die 5-Millionen-Tonnen-Grenze und verharren im Wesentlichen auf diesem Niveau. Auf die Angabe der Stickoxid- und Partikelemissionen wird in den Sensitivitätsvarianten verzichtet.

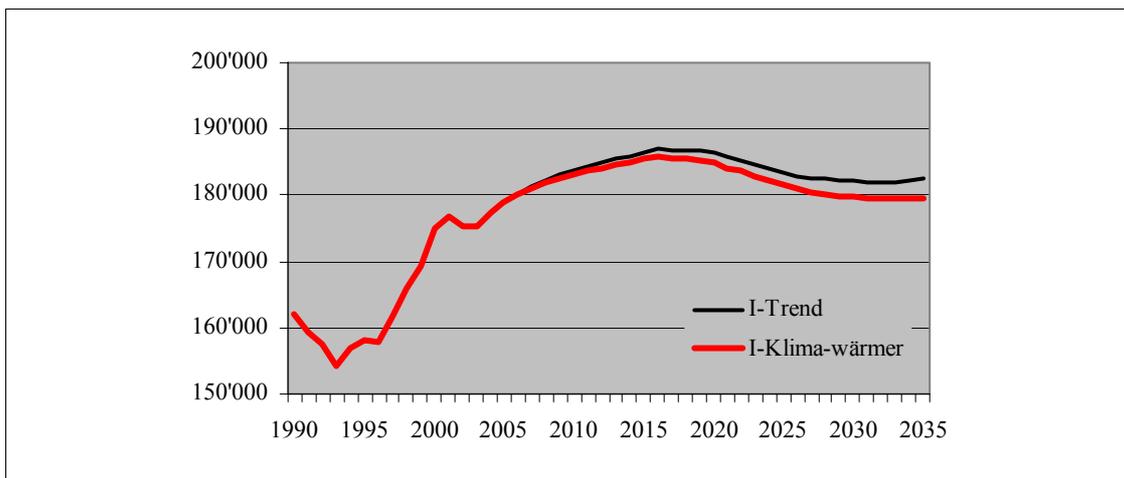
**Abb. 5-27: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Szenario I-Preise-hoch (in 1000 Tonnen)**

### 5.2.4 Klima wärmer

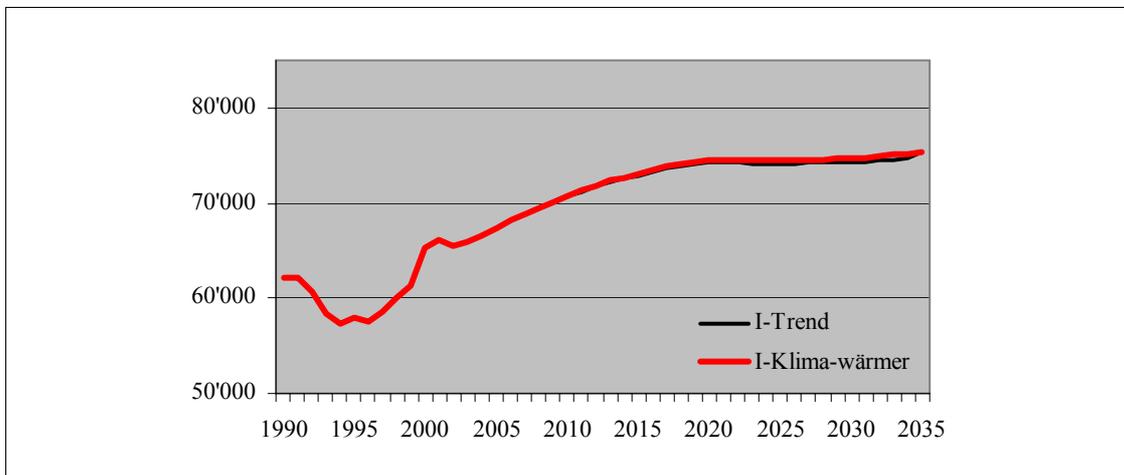
#### 5.2.4.1 Energienachfrage

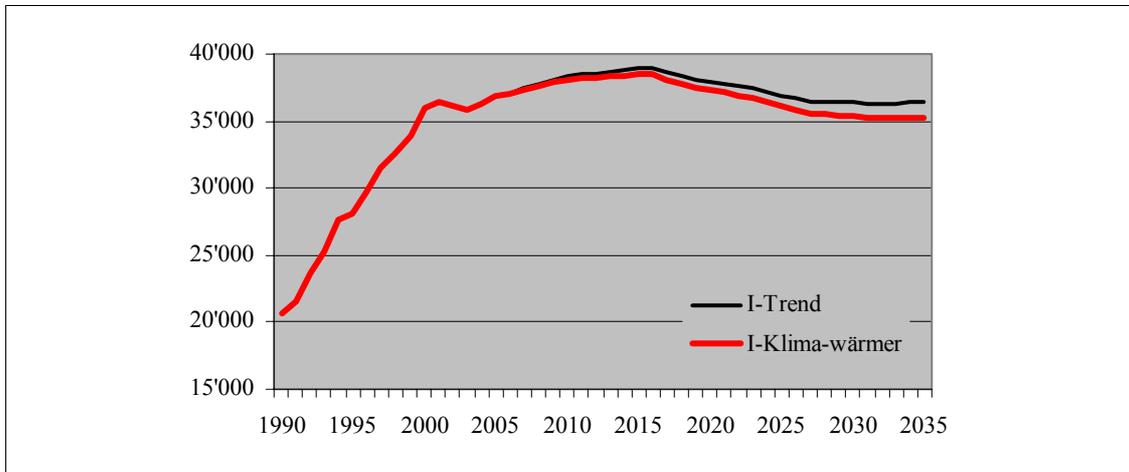
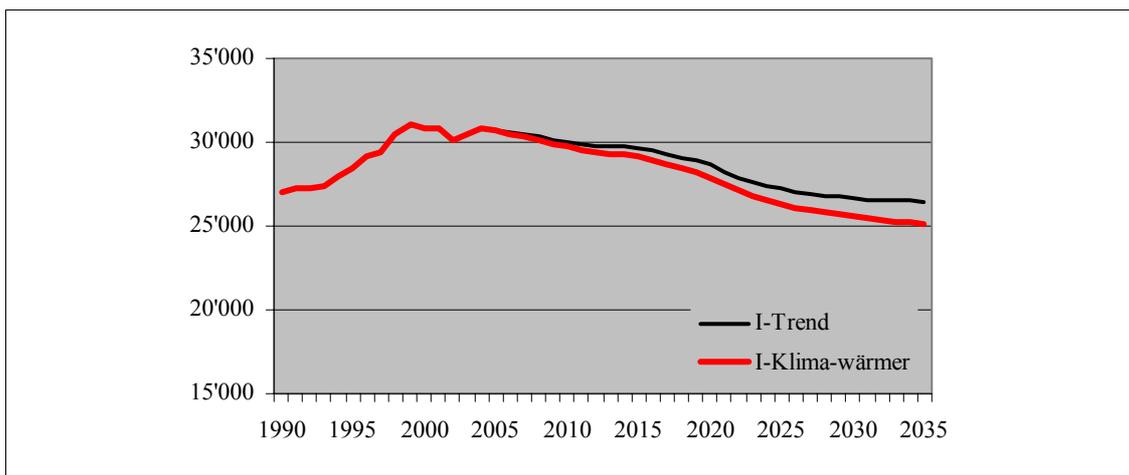
Abbildung 5-28 zeigt den Effekt des wärmeren Klimas für den gesamten Verbrauch, die Abbildungen 5-29, 5-30 und 5-31 für die Energieträger Elektrizität, Heizöl extra leicht und Gas. Gesamthaft nimmt der Energieverbrauch im Ganzen um rund 3 PJ ab, hingegen nimmt dabei der Verbrauch an Elektrizität per saldo (Minderverbrauch Heizung, Mehrverbrauch Kühlung) leicht zu (um etwa 0.5 PJ). Es muss hier nochmals betont werden, dass erstens die vorausgesetzten klimatischen Änderungen bescheiden sind und dass zweitens keine Rückwirkungen auf die industrielle Produktion angenommen werden.

**Abb. 5-28: Endenergieverbrauch in Szenario I-Klima-wärmer (TJ)**



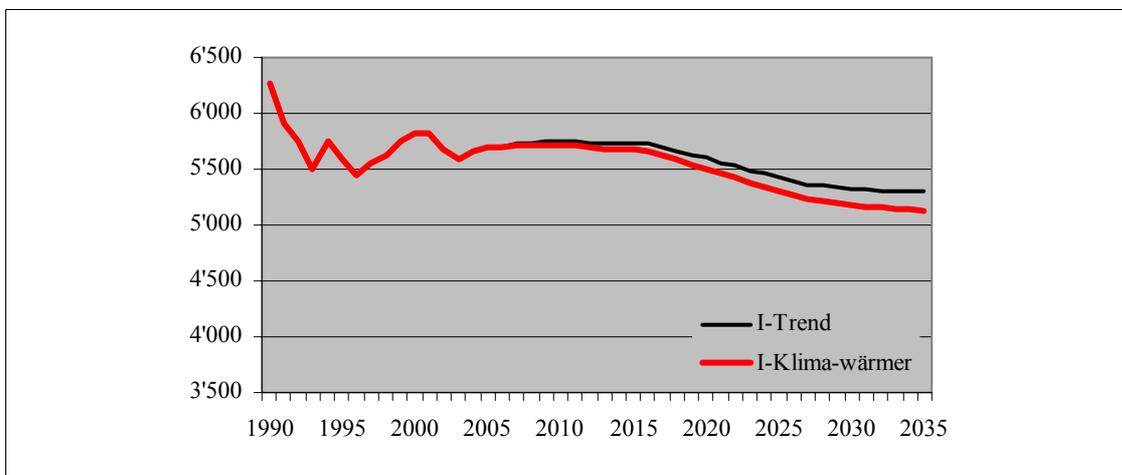
**Abb. 5-29: Elektrizitätsverbrauch in Szenario I-Klima-wärmer (TJ)**



**Abb. 5-30: Gasverbrauch in Szenario I-Klima-wärmer (TJ)****Abb. 5-31: Verbrauch von Heizöl extra leicht in Szenario I-Klima-wärmer (TJ)**

#### 5.2.4.2 Emissionen

Auch die Klimaerwärmung reduziert den CO<sub>2</sub>-Ausstoss, allerdings nur etwa halb so stark wie die hohen Energiepreise (vgl. Abbildung 5-32).

**Abb. 5-32: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Szenario I-Klima-wärmer (in 1000 Tonnen)**

## 5.2.5 Exkurs: CO<sub>2</sub>-Abgabe

### 5.2.5.1 Politikvariante

Der grundsätzliche Unterschied zum Szenario I-Trend besteht in einer CO<sub>2</sub>-Abgabe, die ab 1.1. 2006 eingeführt werden soll und ausgehend von einem Startwert von 35 Franken je Tonne emittiertem CO<sub>2</sub> nominal konstant gehalten wird (vgl. Tabellen 5-33 und 5-34). In diesem Fall würden, wie schon angetönt, u.a. verpflichtungstaugliche Zielvereinbarungen zu Verpflichtungen umgewandelt. Für die betroffenen Unternehmen hätte dies zur Folge, dass sie die CO<sub>2</sub>-Abgabe entsprechend ihrer Zahlung zurück erhalten. Falls sie die abgemachten Ziele im Durchschnitt der Jahre 2008-2012 aber nicht erreichen sollten, müsste die Abgabe nachgezahlt werden.

Für alle diejenigen Unternehmen, die sich nicht von der Abgabe befreien lassen, wird die Abgabe staatsquotenneutral erhoben: Dies bedeutet, dass die Einnahmen aus der Abgabe an die zahlenden Unternehmen gemäss AHV-Lohnsumme rückerstattet werden. Dies bedeutet auch, dass es in einer Gesamtbilanz auf Unternehmensebene "Gewinner" und "Verlierer" gibt. Der direkte Anreiz, durch Sparmassnahmen die Energiekosten zu senken, ist aber für alle gleich.

Für die Modellierung wird im Übrigen angenommen, dass die abgeschlossenen oder in Vorbereitung befindlichen Vereinbarungen (anders als in Szenario I-Trend) vollständig eingehalten und nach 2010 (wie in Szenario I-Trend) weitergeführt werden. Die inhaltliche Differenz zu Szenario I-Trend besteht also in einer besseren Zielerreichung in den Vereinbarungen *und zusätzlich* in der Reaktion der übrigen Unternehmen, die von der (andauernden) "Drohkulisse" einer Abgabe nicht oder kaum berührt werden, aber mit einer Abgabe durchaus mit Sparanstrengungen reagieren.

**Tab. 5-33: Abgabensätze für die CO<sub>2</sub>-Abgabe (nominale Werte; Quellen: BAFU, Prognos, Basics)**

Energieträger	Abgabe	Einheit
Heizöl	9	Rp/l
Heizöl S	11	Rp/l
Erdgas	7	Rp/Nm3
Steinkohle	9	Rp/kg
Petrolkoks	12	Rp/kg
Propan	11	Rp/kg
Butan	11	Rp/kg
Andere gasförmige Kohlenwasserstoffe	12	Rp/kg
Holz (indirekte Wirkung 2006)*	10.0	%
Holz (indirekte Wirkung 2008)*	19.5	%
Holz (indirekte Wirkung 2035)**	12.2	%
Fernwärme (indirekte Wirkung 2006)*	5.8	%
Fernwärme (indirekte Wirkung 2008)*	5.6	%
Fernwärme (indirekte Wirkung 2035)**	3.5	%

\* Quelle: Prognos

\*\* Extrapolation Basics

**Tab. 5-34: Reale Preiserhöhung durch die CO<sub>2</sub>-Abgabe für verschiedene Energieträger im Zeitablauf (in Prozenten, Umrechnung und Deflationierung durch Basics)**

	2006	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Heizöl extra leicht	24	23	21	20	18	17	15
Erdgas	18	17	16	14	14	13	11
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0
Fernwärme	6	5	5	5	4	4	4
Holz	10	19	17	16	15	14	12
Kohle	120	113	104	97	91	84	77
Heizöl schwer	38	35	32	30	28	26	22

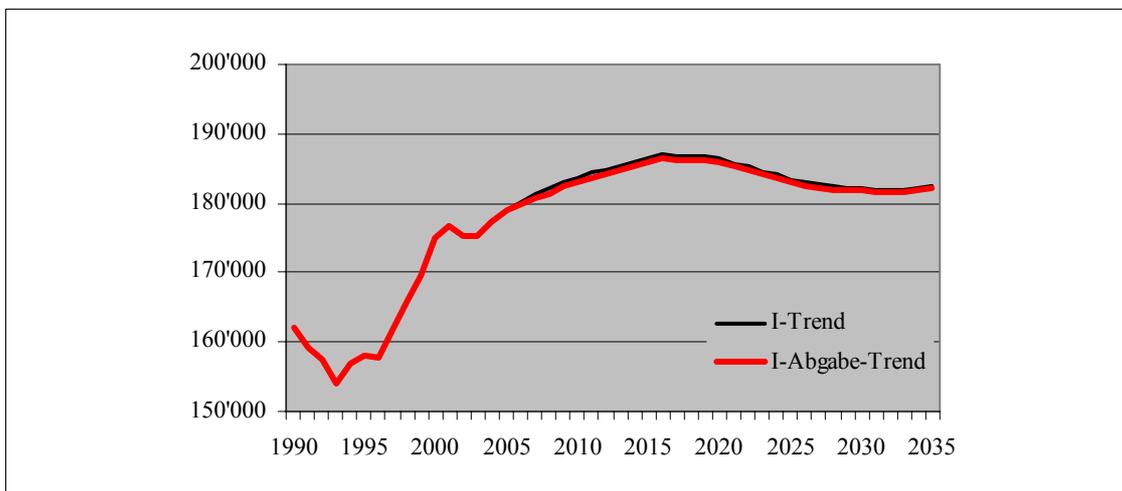
### 5.2.5.2 Ergebnisse

Die Energieverbräuche von Szenario I und Szenario I-Abgabe unterscheiden sich nur wenig. Dies erklärt sich daraus, dass zum einen die Abgabe nicht sehr hoch ist, zum anderen, dass ein Teil der Abgabewirkung über die im Vorfeld der Abgabe eingegangenen (mehr oder weniger) freiwilligen Vereinbarungen zum Teil schon eskomptiert, d.h. bereits in Szenario I enthalten sind. Auch für das Szenario I-Abgabe wurden gesamthaft vier Varianten durchgerechnet: Trend, BIP hoch, Preise hoch, Klima wärmer. Wir besprechen diese wie folgt: Die Trendvariante des Szenarios I-Abgabe wird im üblichen

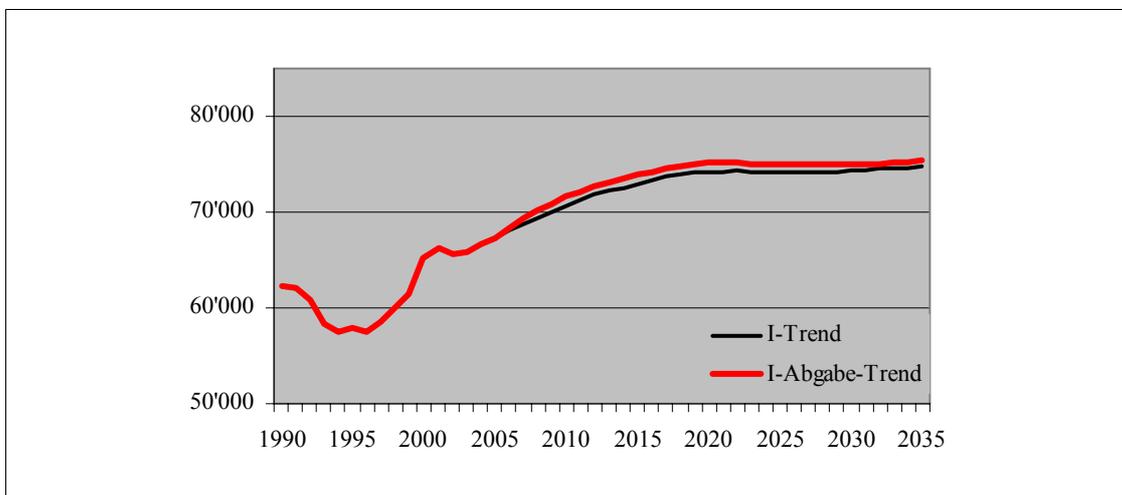
Umfang im Vergleich zur Trendvariante von Szenario I besprochen, die übrigen Varianten werden nur in tabellarischer Form referiert.

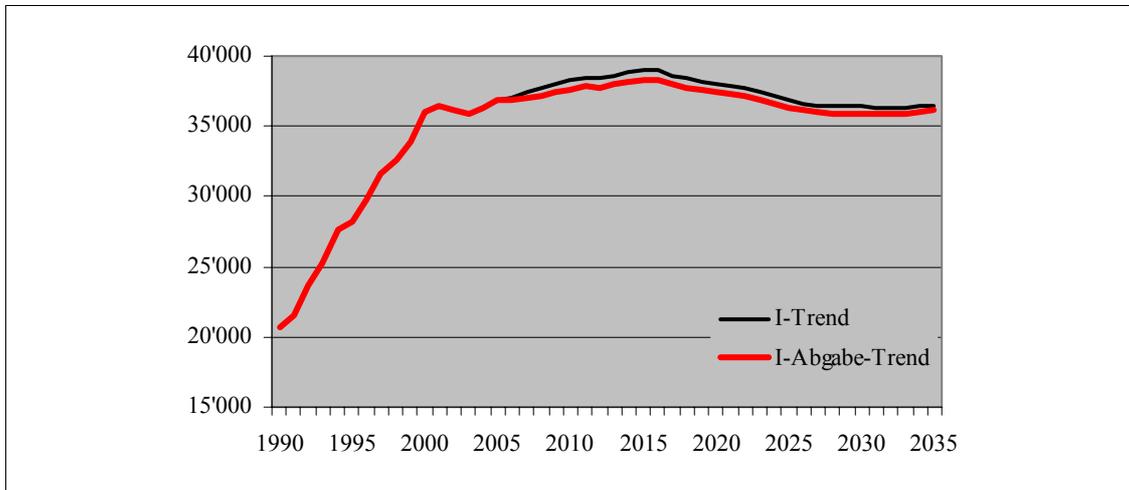
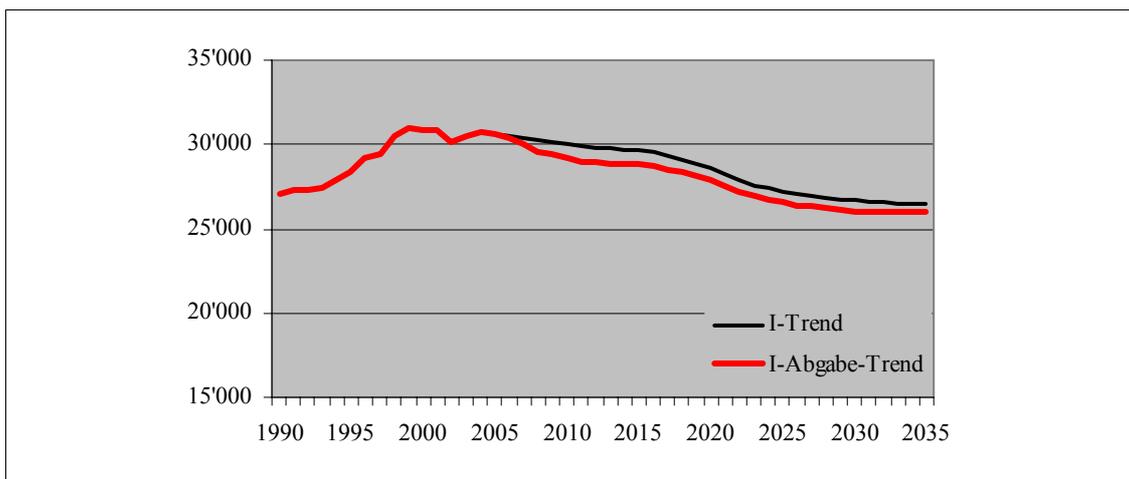
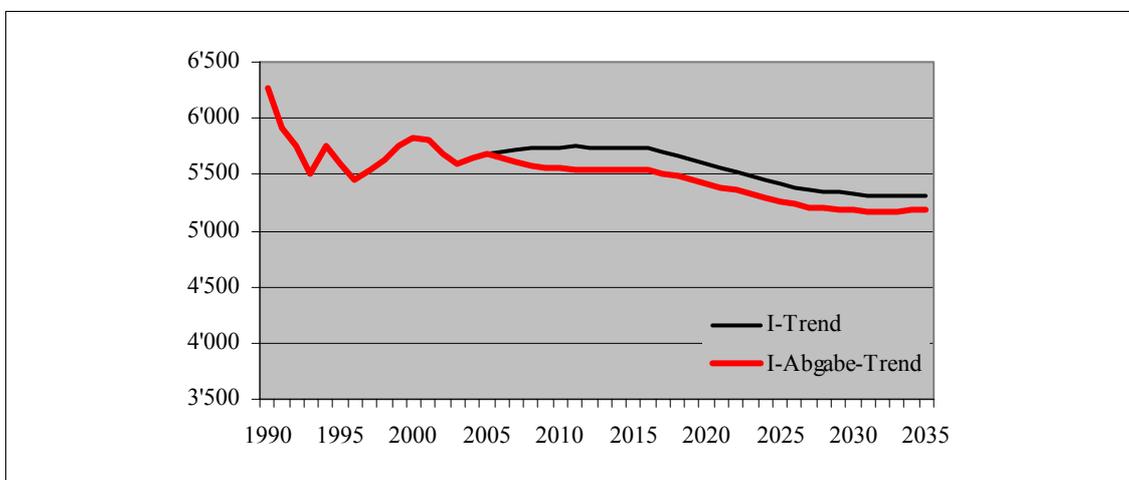
Abbildung 5-35 zeigt zunächst den resultierenden Gesamtenergieverbrauch von Szenario I-Abgabe-Trend im Vergleich zu Szenario I-Trend. Tatsächlich ist kaum ein Unterschied auszumachen. Auf der Ebene der einzelnen Energieträger ist dies aber anders: CO<sub>2</sub>-freie bzw. -arme Energieträger profitieren; der Konsum aller übrigen Energieträger wird reduziert. Die Abbildungen 5-36, 5-37 und 5-38 zeigen die Modellresultate für die Elektrizität, das Erdgas und das Heizöl extra leicht. Abbildung 5-39 zeigt die resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen. Gegenüber dem Trendfall von Szenario I liegen diese 2035 um rund 120'000 Tonnen tiefer.

**Abb. 5-35: Endenergieverbrauch in Szenario I-Abgabe-Trend (TJ)**



**Abb. 5-36: Elektrizitätsverbrauch in Szenario I-Abgabe-Trend (TJ)**



**Abb. 5-37: Erdgasverbrauch in Szenario I-Abgabe-Trend (TJ)****Abb. 5-38: Verbrauch von Heizöl extra leicht in Szenario I-Abgabe-Trend (TJ)****Abb. 5-39: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Szenario I-Abgabe-Trend (in 1000 Tonnen)**

Im klimapolitisch wichtigen Vergleich 2010 gegen 1990 ergibt sich eine CO<sub>2</sub>-Minderung von 11.4 %; ohne Abgabe ergibt sich eine Reduktion von lediglich 8.3 %. Mit andern Worten: Die Vorgabe einer 10-Prozent-Minderung würde von der Industrie mit der vorgesehenen Abgabe bei den unterstellten erreicht.

Für die Sensitivitätsvarianten ergeben sich bezogen auf den gesamten Endenergieverbrauch, den Elektrizitätsverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen die in Tabelle 5-40 zusammengefassten Ergebnisse. Die Effekte entsprechen bis auf kleine Differenzen den analogen Effekten für Szenario I ohne Abgabe.

**Tab. 5-40: Sensitivitätsanalyse von Szenario I-Abgabe: Unterschiede zu den Ergebnissen für Szenario I-Abgabe-Trend im Jahr 2035**

	Energieverbrauch		Elektrizitätsverbrauch		CO <sub>2</sub> -Emissionen	
	(PJ)	(%)	(PJ)	(%)	(kt)	(%)
I-Abgabe-BIP-hoch	11.2	5.8	5.5	7.3	335	6.5
I-Abgabe-Preise-hoch	-2.0	-1.0	0.9	1.2	-251	-4.8
I-Abgabe-Klima-wärmer	-2.8	-1.5	0.5	0.7	-171	-3.3



## 6 Szenario II: Verstärkte Zusammenarbeit

### 6.1 Politikvariante

#### 6.1.1 Szenariengrundsätze

Das Szenario II entspricht in Bezug auf die wirtschaftlichen Rahmenvorgaben (Entwicklung der Bevölkerung, der Produktion, der Zahl der Beschäftigten, der Energiebezugsflächen) voll und ganz dem Szenario I. In energiepolitischer Hinsicht geht das Szenario II aber von einer "verstärkten Zusammenarbeit" zwischen Staat und Wirtschaft, aber auch innerhalb der Wirtschaft aus. Ausgangspunkt ist dabei eine für die Wirtschaft geltende CO<sub>2</sub>-Abgabe (gemäss Szenario I-Abgabe, vgl. Abschnitt 5.2.5). Die für Szenario II vorausgesetzte CO<sub>2</sub>-Abgabe bezieht sich allerdings nur auf die Brennstoffe, nicht auf die Treibstoffe. Dass die CO<sub>2</sub>-Abgabe ab 2006 erhoben wird, bedeutet zunächst die in Tabelle 5-33 dargestellten Abgabensätze.

Die für das Szenario II vorausgesetzte CO<sub>2</sub>-Abgabe bedeutet darüber hinaus aber auch folgendes:

- (1) Grosse Energieverbraucher können sich von der Abgabe befreien lassen, wenn sie sich zu einer im Rahmen eines Verbundes (praktisch heisst das mit der Energie-Agentur der Wirtschaft (EnAW)) festgelegten Reduktionsanstrengung bezüglich Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen verpflichten. Ihre Anstrengungen werden in einem obligatorischen Monitoring-Prozess verfolgt und jährlich den gesetzten Zielen gegenübergestellt. Werden die Ziele nicht erreicht, dann muss die CO<sub>2</sub>-Abgabe nachgezahlt werden. (Der genaue Mechanismus ist tatsächlich ziemlich kompliziert, vgl. die ausführlichen Vollzugsunterlagen des BAFU).

Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass es sich bei der CO<sub>2</sub>-Abgabe um eine staatsquotenneutrale Abgabe handelt, d.h., dass die Einnahmen (von den Transaktionskosten abgesehen) gemäss AHV-Lohnsumme wieder rückverteilt werden. Dies bedeutet, dass in einer Gesamtbilanz energieintensive Unternehmen (sofern sie sich nicht von der Abgabe befreien lassen) Nettozahler sind, nicht-energieintensive Unternehmen Netto-Nutzniesser.

- (2) Es wird weiterhin angenommen, dass die CO<sub>2</sub>-Abgabe in nominal konstanter Höhe über das Jahr 2012 hinaus fortbestehen bleibt.
- (3) In einigen Kantonen können sich grössere Unternehmen mit Vereinbarungen (freiwillige oder verpflichtungstaugliche<sup>20</sup>) von Detailvorschriften befreien lassen. Die-

---

<sup>20</sup> Im Zusammenhang mit der CO<sub>2</sub>-Gesetzgebung sind freiwillige Vereinbarungen und verpflichtungstaugliche Vereinbarungen zu unterscheiden. Nur Letztere würden bei Einfüh-

Diesem Umstand trägt die EnAW Rechnung, indem auditierte Zielvereinbarungen automatisch in so genannte Universalzielvereinbarungen übergeführt werden.

- (4) Verschiedene Energieversorgungsunternehmen bereiten zudem so genannte Effizienztarife für die Elektrizität vor, die dann zum Tragen kämen, wenn das Unternehmen eine Vereinbarung mit dem Bund, mit dem Kanton oder direkt mit dem Energieversorgungsunternehmen eingehen würde. In diesen Fällen würde das Eingehen einer (im Prinzip) nachkontrollierbaren Sparverpflichtung mit einem günstigeren Elektrizitätstarif belohnt.
- (5) Last but not least bereitet die EnAW neben dem bestehenden Benchmark-Modell ein "KMU-Modell" vor, das es auch kleineren Unternehmen erlauben würde, sich z.B. von der CO<sub>2</sub>-Abgabe befreien zu lassen (allerdings mit einem anderen Mechanismus).

Vor dem Hintergrund all dieser Aktivitäten im Umfeld der CO<sub>2</sub>-Abgabe soll also in Szenario II die Zusammenarbeit zwischen Staat und Wirtschaft noch verstärkt werden. Hierzu sollen je Jahr über den auf Treibstoffen erhobenen "Klimarappen" sowie über eine noch einzuführenden Abgabe auf der Elektrizität gesamthaft 30 Mio Franken zur Förderung von Subventions- und Transaktionsinstrumenten in der Industrie eingesetzt werden.

Nach Rücksprache mit Industrievertretern und ausführlichen Diskussionen mit Vertretern der Begleitgruppe und des Auftraggebers war klar, dass diese Mittel zu einem Grossteil zur (Mit)Finanzierung von Transaktionskosten eingesetzt werden sollten und nur zu einem kleineren Teil zur klassischen Subventionierung von bestimmten Technologien. Transaktionskosten meinen dabei jene Kosten, die durch Informationsbeschaffung, Planung, Kommunikation, Administration usw. bei den Beteiligten entstehen. Gemeinhin werden gerade diese Kosten bei Wirtschaftlichkeitsüberlegungen eher unterschätzt.

Natürlich ist es für die Energiemodellierung nicht einfach, wirkungsmässig eine scharfe Grenze zwischen Szenario I-Abgabe und Szenario II zu ziehen. Grundsätzlich bedeutet ja Szenario II nur, dass die mit Szenario I-Abgabe bereits initiierten Massnahmen (siehe oben) ausgedehnt und schliesslich flächendeckend wirken sollen. Um quantitativ aber dennoch eine einigermaßen scharfe Aussage zu bekommen, wird deshalb auf eine so genannte Differenzanalyse abgestellt, welche von wohldefinierten massnahmensseitigen

---

rung einer CO<sub>2</sub>-Abgabe in eine Verpflichtung übergeführt, die dann die Rückerstattung der Abgabe zur Folge hätte. (Im Rahmen von Szenario I werden entsprechend nur Vereinbarungen, allenfalls verpflichtungstaugliche, eingegangen.)

Unterschieden ausgeht. Es muss hier deshalb betont werden, dass in "Realität" eine so klare Scheidung weder möglich noch sinnvoll ist<sup>21</sup>.

### 6.1.2 Unterstellte energiepolitische Instrumente

Zu den wesentlichen Instrumenten in Szenario II mit Bedeutung für die Industrie gehören:

- Es wird also eine nominal konstante CO<sub>2</sub>-Abgabe in Höhe von 35 Franken je Tonne CO<sub>2</sub> auf Brennstoffen ab 2006 eingeführt. Die Abgabe ist als reine Lenkungsabgabe konzipiert, d.h. deren Ertrag wird vollumfänglich an die Abgabepflichtigen zurückgezahlt – für die Wirtschaft gemäss AHV-Lohnsumme. Keine Abgabe wird auf den Treibstoffen erhoben.
- Das Instrument "Klimarappen" mit einem jährlichen Aufkommen von 70 Mio. Franken je Jahr dient zur Umsetzung von CO<sub>2</sub>-reduzierenden Massnahmen im Brenn- und Treibstoffbereich im Inland. Hierzu gehören Förderungen von Gebäudesanierungen, Heizungssanierungen, Abwärmenutzung und Biotreibstoffen, Darüber hinaus sollen für ca. 30 Mio. Franken pro Jahr aus dem Klimarappen CO<sub>2</sub>-Zertifikate im Ausland eingekauft werden. Das Mittelaufkommen wird über einen Aufschlag auf die Treibstoffpreise (in Höhe von etwa. 1.6 Rp. Pro Liter) erhoben.
- Ein analoges Instrument "Stromrappen" mit einem Mittelvolumen von ca. 50 Mio. Franken pro Jahr steht zur Förderung von Massnahmen der Stromeffizienz bereit. Hierbei wird insbesondere eine Förderungen von Querschnittstechnologien (effiziente Elektromotoren, Pumpen und Druckluftsysteme) unterstellt.
- Dazu kommen kundenbezogene Einsparaktivitäten seitens der Elektrizitätsversorgungsunternehmen.
- Die Globalmittel der Kantone werden insbesondere zur Förderung der Erneuerbaren Energien im Wärmebereich eingesetzt.
- Diese Instrumente ergänzen sich mit den "Transaktionsinstrumenten" (Information, Kommunikation, Qualifizierung, Beratung, Anstossberatung), die durch das Programm EnergieSchweiz aufgelegt werden.

---

<sup>21</sup> So wäre es u.E. eigentlich nicht vertretbar, dass z.B. energieintensive Firmen im Rahmen der Befreiung von der CO<sub>2</sub>-Abgabe in Szenario I-Abgabe alles selbst bezahlen (weil es sich gesamthaft lohnt) und die weniger energieintensiven Firmen im Szenario II z.T. subventioniert werden, obwohl auch für sie nur wirtschaftlich sich lohnende Aktivitäten auf der Massnahmenseite resultieren. Hier müsste man im Realisierungsfall bzw. bei der Optimierung des Szenarios sicher noch einen bestimmten Ausgleich schaffen.

### 6.1.3 Modellierung

Für die Modellierung wird davon ausgegangen, dass zur Förderung eines effizienten Energieeinsatzes in der Industrie gesamthaft jährlich 30 Mio Franken zur Verfügung stehen (nominal konstant). Zwei Drittel dieses Betrages sollen für die Subventionierung von Transaktionskosten aufgewendet werden und zwar in Form einer institutionalisierten Energieberatung von KMU's (kleinere und mittlere Unternehmen). KMU's sind im Ausgangsszenario I-Abgabe, von der direkten Preiswirkung abgesehen, nur wenig betroffen, insbesondere stehen sie klar nicht im Vordergrund jener Aktivitäten, wenn es etwa um die Befreiung von der CO<sub>2</sub>-Abgabe geht. Zwar gibt es im Rahmen der EnAW-Aktivitäten entsprechende Bemühungen (Benchmark-Modell, KMU-Modell), wir ordnen diese aber szenariotechnisch weitgehend der Differenz zwischen Szenario II und I-Abgabe zu. Dies lässt sich dadurch rechtfertigen, dass im Szenario II eine "flächendeckende" Beratungsleistung für alle KMU's angeboten werden soll, also (mindestens kurzfristig) deutlich mehr als was über EnAW- und andere Aktivitäten zur Zeit geplant bzw. vorbereitet wird.

Die zur Verfügung stehenden Gelder reichen aus, um im Rahmen eines vierjährigen Beratungsturnus' jeder Arbeitsstätte von 4 bis 249 Beschäftigten mindestens einmal eine Energieberatung durch einen branchenkundigen Experten angedeihen zu lassen. Dabei werden die in Tabelle 6-1 wiedergegebenen Förderbeiträge angenommen.<sup>22</sup>

**Tab. 6-1: Unterstellte Förderbeiträge je Beratung und Arbeitsstätte im Vierjahresturnus**

Grösse der Arbeitsstätte (Beschäftigte)	4 - 9	10 - 19	20 - 49	50 - 99	100 - 199	200 - 249
Förderbeitrag	1500	2500	3500	4500	6000	8000

Die Idee dabei ist, dass die Berater die Unternehmen dabei unterstützen, an sich wirtschaftliche aber nicht ausgeschöpfte Sparpotenziale im Rahmen eines "Check-up's" zu erkennen und dann auch zu realisieren. Dabei soll immer eine ganzheitliche Optik zum Zug kommen, die die einzelnen Energieträger nicht einzeln betrachtet, sondern versucht, das Gesamtsystem energetisch und CO<sub>2</sub>-mässig zu optimieren.

Dass es im Durchschnitt der Unternehmen solche unausgeschöpften Potenziale in der Grössenordnung von 10 bis 15 oder gar mehr Prozent gibt, ist unbestritten und wird damit für das Szenario II als gegeben vorausgesetzt (Details weiter unten). Natürlich

<sup>22</sup> Die Überschneidungen mit den ohnehin laufenden Aktivitäten im Rahmen einer CO<sub>2</sub>-Abgabe werden hier vernachlässigt. Bei der eigentlichen Szenariorechnung wird aber ein entsprechender Abschlag einkalkuliert.

sind dabei Hindernisse im Spiel, wie sie z.T. in Kapitel 4 dargestellt wurden (vgl. darüber hinaus auch Beltrani 2003 oder Schmid 2004). Aber durch zusätzliche, für das Szenario vorausgesetzte Anreizinstrumente sollte es möglich sein, diese zu überwinden. Zu diesen Anreizinstrumenten zählen die schon oben für die CO<sub>2</sub>-Abgabe erwähnten flankierenden Aktivitäten, die aber ausgeweitet werden sollen:

- (1) Durch das Eingehen einer Verpflichtung, im Umfang der wirtschaftlichen Sparpotenziale Energiesparmassnahmen zu treffen, soll auf einfache Weise für kleine Unternehmen eine Befreiung von der CO<sub>2</sub>-Abgabe möglich sein. Dies ist natürlich vor allem für jene Unternehmen interessant, die nach der Befreiung der grossen Energieverbraucher von der CO<sub>2</sub>-Abgabe zu den Nettozahlern werden bzw. geworden sind. Selbstverständlich wandert damit die Scheidelinie zwischen Nettozahlern und Nettonutzniessern immer weiter in Richtung der nicht-energieintensiven Unternehmen, so dass auch diese allmählich unter Druck kommen, sich von der Abgabe befreien zu lassen – ein durchaus erwünschter Effekt, wenn sie so dazu "gezwungen" werden, im Rahmen eines Monitorings nachvollziehbare Energiesparmassnahmen auszuweisen.
- (2) Der "Grossverbraucherparagraf" in einigen kantonalen Energiegesetzen bzw. Energievorschriften soll auch für "kleine" Verbraucher gelten. Mit andern Worten: Auch kleine Verbraucher sollen sich von der Einhaltung von Detailvorschriften im Energiebereich dispensieren lassen können, wenn sie ein nachkontrollierbares Energiesparversprechen abgeben. Selbstverständlich bedeutet dies, dass die entsprechenden Gesetze und Verordnungen geändert bzw. ergänzt werden muss(t)en.
- (3) Ähnlich wie in der Stadt Zürich in Vorbereitung, sollen grundsätzlich kleine Unternehmen in den Genuss von Effizienzтарifen für Elektrizität kommen, wenn sie sich zum nachvollziehbaren Energiesparen verpflichten. Diese Verbilligung des Stromes sollte dabei nicht als "Geschenk" der Elektrizitätswerke an ihre (kleineren) Kunden betrachtet werden, sondern eher als einen moderaten Einstieg ins Demand Side Management oder Least Cost Planning. Einfache Überschlagsrechnungen zeigen nämlich, dass solchermassen gewährte Effizienzтарife bei steigenden Grenzbeschaffungskosten sowohl für die Kunden wie auch für die Elektrizitätswerke profitabel sein können.

Zusammengefasst: Über die Finanzierung eines externen Energiesparberaters sollen jene Aktivitäten, die sich schon im Umfeld der CO<sub>2</sub>-Abgabe abspielen, quasi flächendeckend realisiert werden und die Themen Energiesparen und CO<sub>2</sub>-Emissionsvermeidung zur Daueraufgabe machen, deren Erfolge oder Misserfolge über ein jährliches, für die teilnehmenden Unternehmen obligatorisches Monitoring auf Jahresbasis sichtbar werden.

Kleine(re) Unternehmen bzw. Arbeitsstätten aus nicht-energieintensiven Branchen (die grosse Mehrheit) benötigen aber nur relativ wenig Energie. Es stellt sich damit die Frage, ob bei diesen Unternehmen absolut gesehen überhaupt genügend grosse Sparpotenziale bestehen, um den subventionierten Einsatz eines Sparberaters zu rechtfertigen.

Eine grobe Abschätzung zeigt, dass – vom Bausektor abgesehen<sup>23</sup> – der Durchschnitt aller Arbeitstätten in den nicht energieintensiven Branchen mit 4 bis 9 Beschäftigten immerhin mit jährlichen Energiekosten in der Grössenordnung von 10'000 Franken oder mehr konfrontiert ist, wenn man die CO<sub>2</sub>-Abgabe auf den Brennstoffen mit einbezieht (vgl. Tabelle 6-2).

**Tab. 6-2: Durchschnittliche Energiekosten je Arbeitsstätte mit CO<sub>2</sub>-Abgabe (ohne Rückzahlung und ohne Treibstoffkosten) in Bezug auf Energieverbrauch und Arbeitsstättenzahlen für das Jahr 2001, bewertet mit Energiepreisen für das Jahr 2006 (gemäss Szenario I-Abgabe)**

	4 - 9	10 - 19	20 - 49	50 - 99	100 - 199	200 - 249
Metallerzeugnisse	9'706	21'243	46'536	107'398	198'681	330'738
Maschinenbau, Fahrzeuge	12'418	28'170	62'024	138'947	277'185	428'924
Elektrotechnik	9'787	22'404	47'698	104'470	211'582	331'021
Bau	3'689	8'156	17'561	39'704	76'857	134'026
Übrige	14'035	31'015	67'468	152'108	299'578	515'378

Dies bedeutet, dass bei einem indikativ unterstellten wirtschaftlichen Sparpotenzial von lediglich 5 Prozenten während vier Jahren selbst bei den kleinen Arbeitsstätten im Durchschnitt ein "Sparbetreffnis" entsteht, das mit rund 2000 Franken die "Interessantheitsschwelle" überschreiten dürfte, vor allem wenn die oben erwähnten zusätzlichen Anreize mitberücksichtigt werden. Für noch kleinere Arbeitsstätten gilt dies allerdings nicht, sie werden deshalb in den Modellrechnungen auch nicht berücksichtigt (und sind auch nicht in Tabelle 6-2 aufgeführt).

Nebst der Subventionierung von Transaktionskosten sollen jährlich auch rund 10 Millionen Franken für die Subventionierung von Einzeltechniken ausgegeben werden. Im Vordergrund stehen dabei Elektromotoren (d.h. Einsatz von effizienteren Motoren, Drehzahlregulierung und Systemoptimierungen), Pumpen, Drucklufteinrichtungen und

<sup>23</sup> Dies ergibt sich daraus, dass in der vorliegenden Betrachtung die Treibstoffe (für den Bausektor ist vor allem der Diesel von Bedeutung) nicht einbezogen werden. Mit Diesel und einer CO<sub>2</sub>-Abgabe auf dem Diesel würde auch der Bausektor das "10'000-Franken-Kriterium" erfüllen.

Systeme zur Abwärmenutzung – alles Anwendungen mit grossen technischen, aber oft auch grossen wirtschaftlichen Potenzialen. Die Idee hierbei: Wenn der Energieberater auf grössere, aber nicht oder nicht ausreichend wirtschaftliche Sparpotenziale stossen würde, dann soll er auf unkomplizierte Art und Weise eine massgeschneiderte finanzielle Unterstützung anfordern können (die nach Massgabe der jeweils noch verfügbaren Mittel auch speditiv freigegeben würde). Dies bedeutet, dass nicht an ein auf bestimmte Einzeltechniken fokussiertes Subventionsprogramm (mit in der Regel grossen Mitnahmeeffekten) gedacht wird, sondern an ein Subventionsprogramm, das sich an den konkreten Gegebenheiten von Einzelfällen orientiert.

Oben wurde erwähnt, dass man gemeinhin davon ausgeht, dass man im Durchschnitt etwa 10 bis 15 Prozent des Energieverbrauchs mit wirtschaftlichen Massnahmen einsparen könnte. Viele Untersuchungen scheinen dies zu bestätigen (vgl. Tabelle 6-3, welche eine kleine Auswahl von Studien zum technischen und wirtschaftlichen Potenzial von verschiedenen Anwendungen im Industriebereich zeigt), aber auch die bislang bekannt gewordenen Erfahrungen der EnAW, wie auch unsere eigenen Untersuchungen und Befragungen im Industriebereich.

**Tab. 6-3 Auswahl von Studien zum technischen und wirtschaftlichen Potenzial von verschiedenen Anwendungen im Industriebereich**

Land, Sektor, Jahr	Anwendungstyp	Sparpotenzial		Quelle
		technisch	wirtschaftlich	
Westdeutschland, Industrie, 1996	Elektromotoren	13.5%	7.9%	Reicher 1999
EU, Industrie, um 2000	sämtliche Anwendungen, ohne Transport	40%	17%	COM(2003)
EU, Industrie, um 2005	Elektromotoren	29%		Motor challenge program 2005
Deutschland, Querschnittsanwendungen, 1999	Industrieöfen		25%	Schmid 2004
	Trockner	17%	8%	Schmid 2004
	Raumwärme, WKK Industrie	46%	14%	Schmid 2004
	Elektrische Antriebe	16%	11%	Schmid 2004
	Pumpen	25%	12-15%	Schmid 2004
Deutschland, alle Sektoren, 1999	Elektrische Beleuchtung	33%	25%	FfE 2003

Basierend auf solchen Informationen wurden für jede Branche und jeden Energieträger-aktuell gültige wirtschaftliche Sparpotenziale gegenüber dem Szenario I mit der CO<sub>2</sub>-Abgabe abgeschätzt (vgl. Tabelle 6-4). Dies bedeutet, dass diese Potenziale zu Pay-Back-Zeiten unter 5 Jahren grundsätzlich realisierbar sein sollten.

**Tab. 6-4: In der Modellrechnung angenommene relative und effektiv ausschöpfbare Sparpotenziale 2006 für KMU's gegenüber Szenario I-Abgabe (unter Berücksichtigung eines Abschlages für Doppelzählungen)**

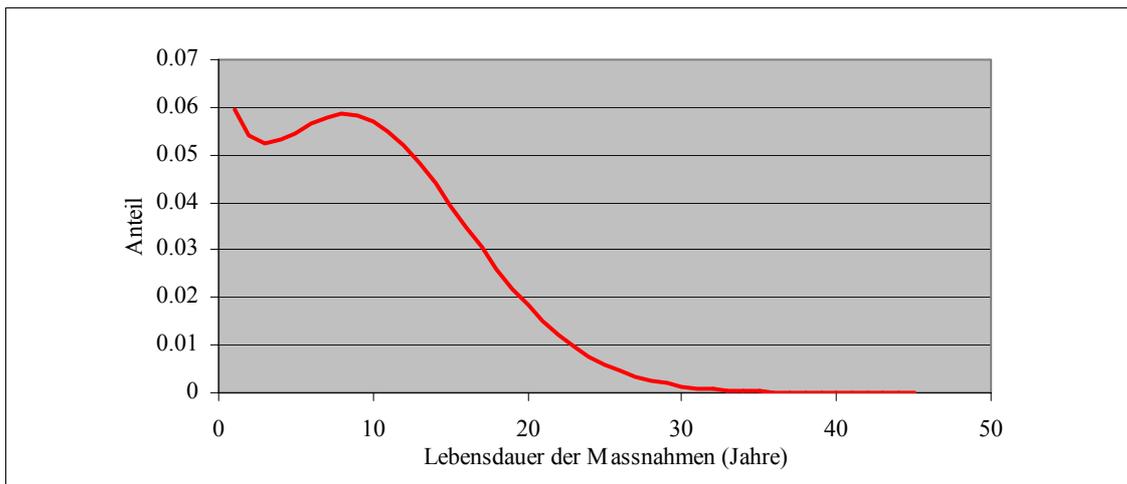
Nr.	Branche	HEL (%)	Gas (%)	Elektrizität (%)
1	Nahrungs- und Genussmittel	6.3	4.9	3.9
2	Bekleidungsindustrie	6.5	5.1	4.1
3	Papierindustrie	2.6	2.0	1.6
4	Chemie	5.3	4.1	3.3
5	Glas	5.4	4.2	3.4
6	Keramik und Ziegel	2.3	1.8	1.5
7	Zement	1.9	1.5	1.2
8	Übrige NE-Mineralien	2.4	1.9	1.5
9	Metalle, Giessereien	2.0	1.6	1.3
10	NE-Metalle	2.0	1.6	1.2
11	Metallerzeugnisse	6.2	4.8	3.8
12	Maschinenbau, Fahrzeuge	6.2	4.8	3.9
13	Elektrotechnik	6.2	4.8	3.9
14	Energie, Wasser	6.8	5.3	4.3
15	Bau	6.5	5.0	4.0
16	Übrige	7.4	5.7	4.6

Wir unterscheiden für die Modellierung zwei Typen von Massnahmen, die aber beide in beliebigen Kombinationen möglich sind:

- (1) Der eine Typ bezieht sich auf Massnahmen, die infrastrukturellen Charakter haben und damit über längere Zeit ihre Wirkung entfalten. Typisches Beispiel wäre der Einbau eines Brennwertkessels statt eines "normalen" Kessels oder das Einbauen einer besseren Steuerung.
- (2) Der andere Typ bezieht sich auf Massnahmen, die nur einmalig wirken (etwa das Vorziehen einer ohnehin geplanten Investition, wodurch für kurze Zeit ein Energiepareffekt eintreten kann) oder eine "weiche" betriebliche Massnahme, die kurzfristig Erfolge bringt, aber ohne geeignete "Auffrischungsmassnahmen" schnell wieder an Wirkung verliert. Abbildung 6-5 zeigt die angenommene Verteilung nach Lebensdauern aller Massnahmen, die sich aus der Superposition der beiden Massnahmentypen ergibt. Die Verteilung stützt sich auf eigene Untersuchungen (z.B. Basics 2001a) sowie eine Literaturwertung. Modellbasierte Sensiti-

vitätsanalysen haben im Übrigen gezeigt, dass die erreichten Energieverbrauchs-minderungen gegenüber unterschiedlichen Verteilungsannahmen sehr robust sind – von den ersten paar Jahren abgesehen.

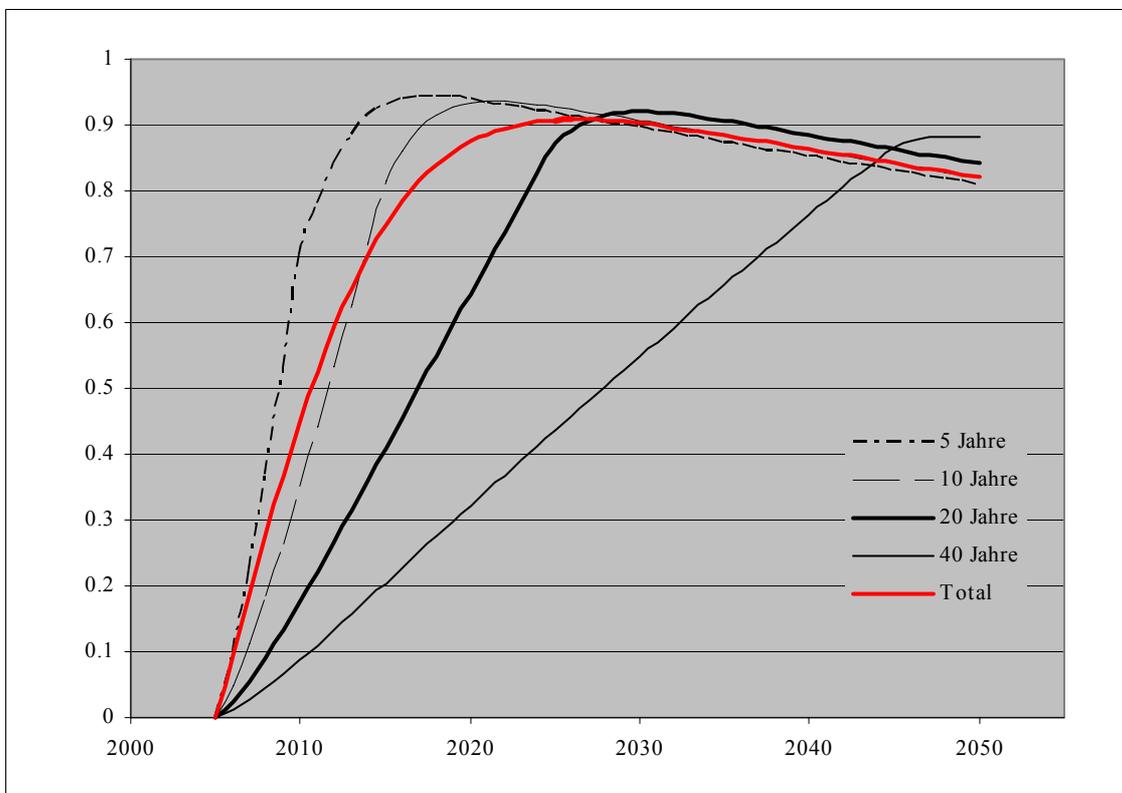
**Abb. 6-5: Verteilung der unterstellten Lebensdauern der durch die Beratung ausgelösten Massnahmen (thermische Anwendungen)**



Für die Modellierung der Massnahmen-Wirkungen im Zeitablauf wird nun die entscheidende Annahme getroffen, dass die oben erwähnten relativen Sparpotenziale im Wesentlichen zeitlich konstant sind. Dies bedeutet, dass diese Potenziale je Unternehmen bzw. Arbeitsstätte zwar ausgeschöpft werden können, aber immer nur solange wirken, als die Lebensdauer der Massnahme nicht überschritten wird. Sobald dies geschieht, muss die Massnahme erneut "realisiert" werden, damit das Potenzial weiterhin ausgeschöpft bleibt (mit einem kleinen Abschlag für den autonomen technischen Fortschritt). Wenn man diesen Mechanismus in einen Kohortenalgorithmus übersetzt, erhält man so den zeitlichen Verlauf der Ausschöpfung des Potenzials, wobei in jedem Jahr immer nur das realisiert wird, was einem strengen Kriterium gemäss wirtschaftlich ist.

Die Abbildung 6-6 zeigt, wie die gesamte Massnahmenwirkung mit der Zeit in Abhängigkeit der unterschiedlichen Lebensdauern der Massnahmen anwächst. Die Normierung ist so gewählt, dass im Startjahr 2006 alle Massnahmen die gleiche Wirkung aufweisen, wobei nur thermische Massnahmen berücksichtigt sind. Die angegebene Wirkung wird dabei mit dem Szenario I-Abgabe verglichen. Die längerfristige Abnahme der Massnahmenwirkung hängt mit dem (autonomen) technischen Fortschritt zusammen, der die Potenziale im Zeitablauf reduziert. Die gemäss der Verteilung der Lebensdauern der einzelnen Massnahmen gewichtete Totalkurve erreicht ihr Maximum erst nach rund 20 Jahren. Es ist diese Kurve (bzw. eine analoge für die Elektrizität) die schliesslich die Modellresultate definiert.

**Abb. 6-6: Massnahmenwirkung in Abhängigkeit der Lebensdauer der Massnahme im Vergleich zum Szenario I-Abgabe**



Diese Analyse geht im Übrigen davon aus, dass die nominale Konstanz der Förderbeiträge keinen negativen Einfluss hat. Mit andern Worten bedeutet dies die Annahme, dass trotz der realen Abnahme des Förderbeitrages (um etwa 30 Prozent bis 2035) die Ausschöpfung der Potenziale aufrechterhalten bleiben kann. Dies ist denn auch der Kern der Modellierung: Mit den in Szenario II zusätzlich angenommenen Fördermassnahmen kann im Wesentlichen die Ausschöpfung der wirtschaftlichen Sparpotenziale in der Grössenordnung von einigen Prozentpunkten erstens erreicht und zweitens auf Dauer auch aufrecht erhalten werden.

Weiter wird angenommen, dass das für Szenario II unterstellte "Beratungssystem" bereits im Jahr 2006, genau so wie die CO<sub>2</sub>-Abgabe, voll wirksam ist. Dies bedeutet, dass wie bei der CO<sub>2</sub>-Abgabe angenommen wird, dass die notwendigen Vorarbeiten vorher durchgeführt worden sind. Zudem wird unterstellt, dass in den ersten Jahren eine Priorisierung nach der Grösse der Sparpotenziale vorgenommen wird.

Die Sensitivitätsvarianten (BIP hoch, Preise hoch, Klima wärmer) werden wie für Szenario I durchgerechnet.

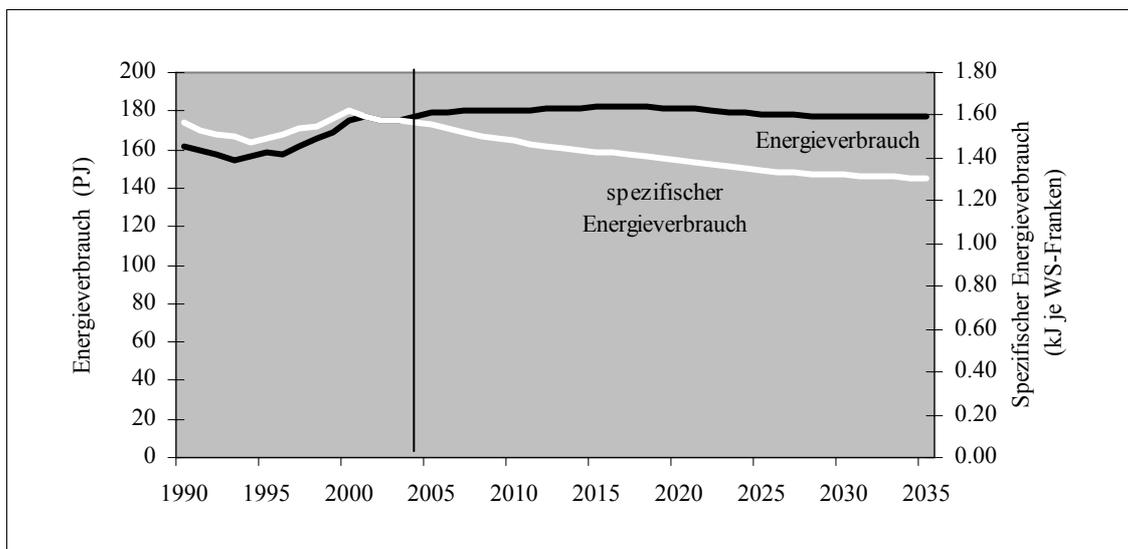
## 6.2 Ergebnisse

### 6.2.1 Trend

#### 6.2.1.1 Energienachfrage

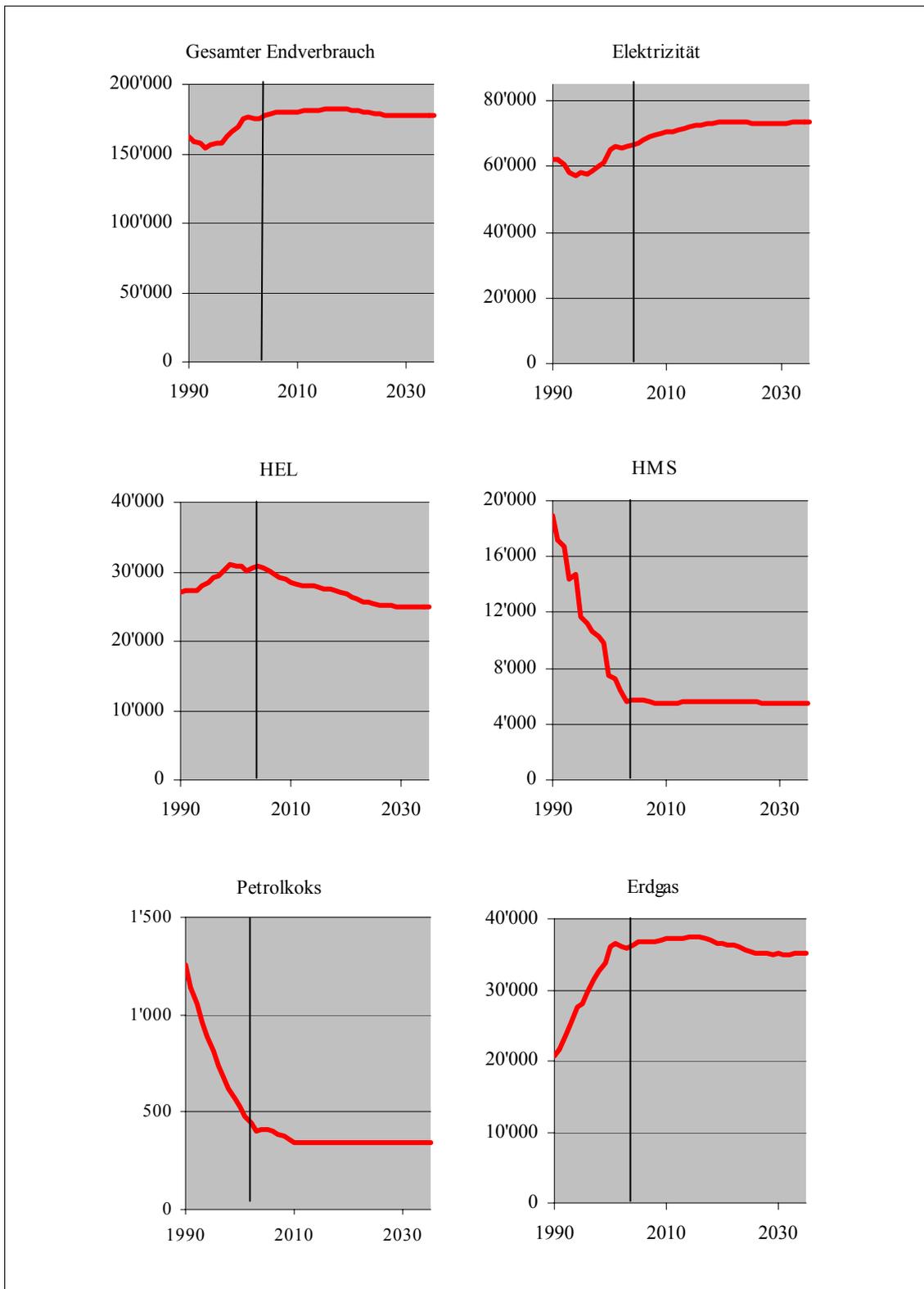
Abbildung 6-7 zeigt den gesamthaft resultierenden, klimanormierten Energieverbrauch. Dieser bleibt ab Ausgangsjahr im Wesentlichen konstant, um ab etwas 2015 leicht zu sinken. Gesamthaft nimmt der Energieverbrauch gegenüber dem Ausgangsjahr 1990 um knapp 10 % zu, gegenüber dem (im Modell) letzten Statistikjahr (2003) aber nur noch um gut 1 %. Gemessen an der industriellen Wertschöpfung ergibt sich alles über alles für den Zeitraum von 1990 bis 2035 eine spezifische Verbesserung von rund 16 %. Allerdings schwächt sich die Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs gegen Ende des Betrachtungszeitraumes deutlich ab.

**Abb. 6-7: Energieverbrauch und spezifischer Energieverbrauch (Energieverbrauch bezogen auf die Wertschöpfung)**

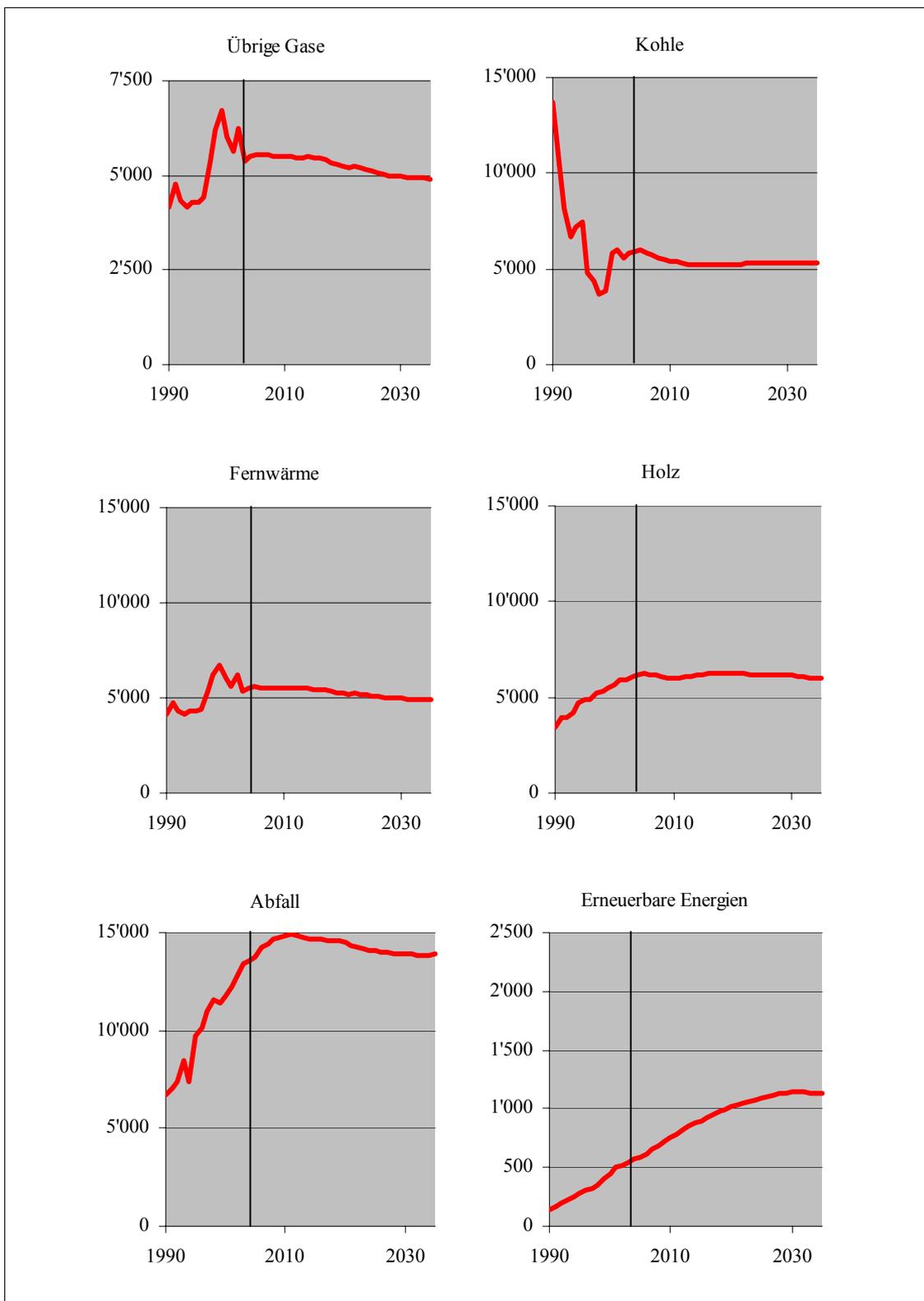


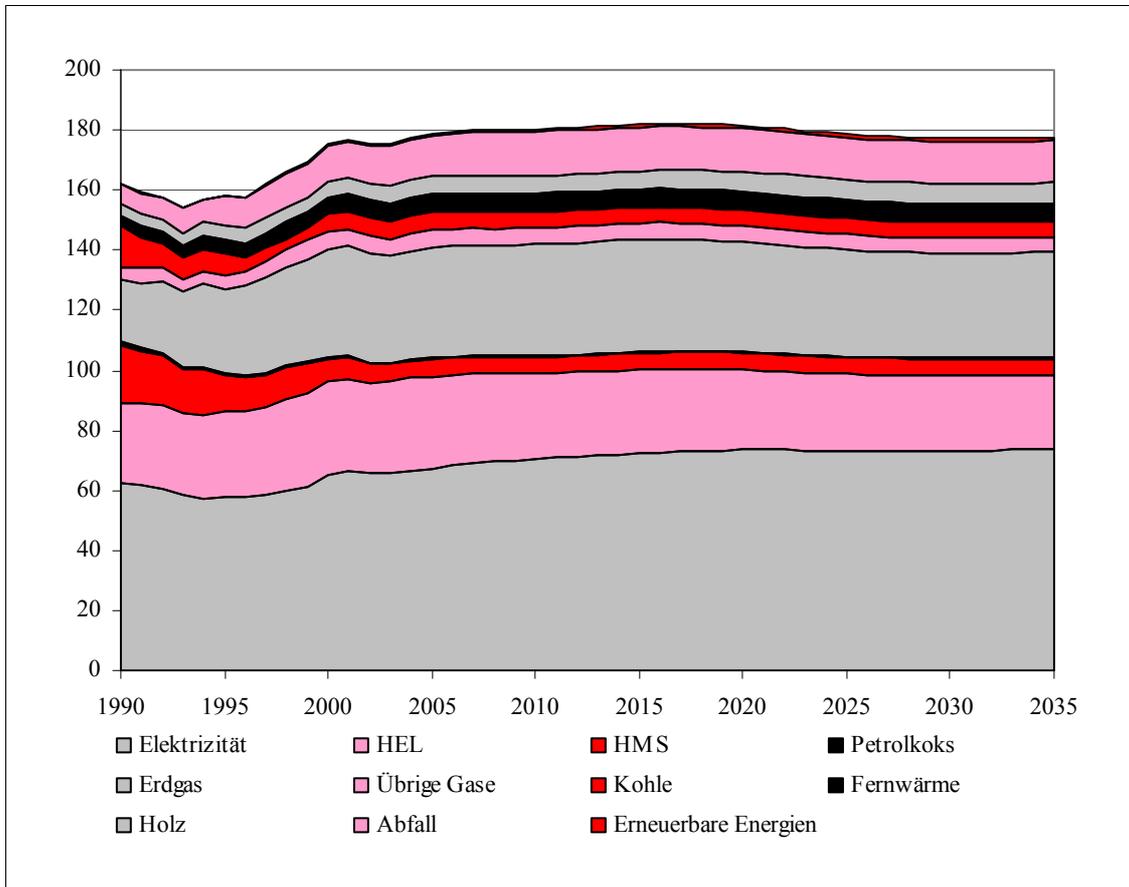
In Abbildung 6-8 wird die resultierende Energienachfrage nach einzelnen Energieträgern differenziert dargestellt. In Abbildung 6-9 ist der Energieträgersplit im Zeitablauf dargestellt. Tabelle 6-10 gibt für einige Schlüsseljahre die quantitativen Energieverbrauchsdaten, Tabelle 6-11 liefert die Differenzierung nach den 16 Branchen. In den Tabellen 6-12 und 6-13 ist die Aufteilung nach den sechs im Modell unterschiedenen Verwendungszwecken zu finden, in der ersten Tabelle für die Elektrizität, in der zweiten für die Brennstoffe. Schliesslich zeigen die Abbildungen 6-14, 6-15, 6-16 und 6-17 den Vergleich mit Szenario I-Trend.

**Abb. 6-8: Entwicklung der Endenergienachfrage im Szenario II-Trend nach Energieträgern (TJ). Man beachte die unterschiedliche Skalierung der Ordinate.**



**Abb. 6-8: Entwicklung der Endenergienachfrage im Szenario II-Trend nach Energieträgern (TJ). Man beachte die unterschiedliche Skalierung der Ordinate.**



**Abb. 6-9: Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)****Tab. 6-10: Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)**

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.3	70.4	72.3	73.5	73.3	73.3	73.6
HEL	27.0	30.9	30.5	30.7	28.6	27.8	26.7	25.4	24.9	24.9
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.5	5.6	5.6	5.6	5.5	5.4
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.8	37.2	37.5	36.5	35.5	35.1	35.3
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.5	5.5	5.2	5.1	5.0	4.9
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	5.4	5.2	5.2	5.3	5.3	5.3
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	6.0	6.2	6.3	6.2	6.2	6.0
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	5.9	5.9	6.5	6.7	6.8	6.9
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	14.8	14.7	14.5	14.0	13.9	13.9
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1
<b>Summe</b>	<b>162.1</b>	<b>175.1</b>	<b>175.2</b>	<b>179.0</b>	<b>180.3</b>	<b>181.9</b>	<b>181.6</b>	<b>178.6</b>	<b>177.4</b>	<b>177.6</b>

**Tab. 6-11: Energienachfrage nach Branchen (PJ)**

Nr.	Branche	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
1	Nahrung	11.8	15.3	14.8	14.6	13.6	13.0	12.5	11.6	11.3	11.1
2	Bekleidung	8.1	7.6	6.2	6.4	6.6	6.4	6.5	6.6	6.6	6.7
3	Papierindustrie	18.4	22.2	23.0	24.2	24.6	25.5	25.9	25.6	25.2	24.9
4	Chemie	30.5	32.0	32.0	32.6	33.7	34.4	34.3	33.6	34.4	35.8
5	Glas	6.8	4.5	4.1	4.1	4.1	4.0	3.9	3.8	3.7	3.6
6	Keramik	4.0	4.4	4.1	4.3	4.3	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
7	Zement	18.2	12.5	12.4	12.9	12.9	12.4	12.4	12.4	12.3	12.2
8	NE-Mineralien	2.2	3.3	3.8	3.9	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5
9	Metalle	9.2	10.0	10.9	11.0	11.2	11.4	11.3	11.3	10.9	10.7
10	NE-Metalle	6.0	5.1	6.0	6.1	6.5	6.7	6.6	6.6	6.4	6.2
11	Metallerzeugnisse	5.1	6.4	6.3	6.6	6.8	6.9	6.9	6.8	6.7	6.6
12	Maschinenbau	10.0	12.3	11.7	12.0	12.1	12.5	12.6	12.5	12.5	12.6
13	Elektrotechnik	8.2	11.2	10.8	10.9	10.6	10.6	10.2	9.8	9.6	9.5
14	Energie	2.1	2.4	2.4	2.4	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
15	Bau	7.0	7.2	7.7	7.8	7.8	7.8	7.8	7.7	7.6	7.6
16	Übrige	14.5	18.9	19.2	19.4	19.4	19.6	20.0	19.6	19.5	19.6
	Summe	162.1	175.1	175.2	179.0	180.3	181.9	181.6	178.6	177.4	177.6

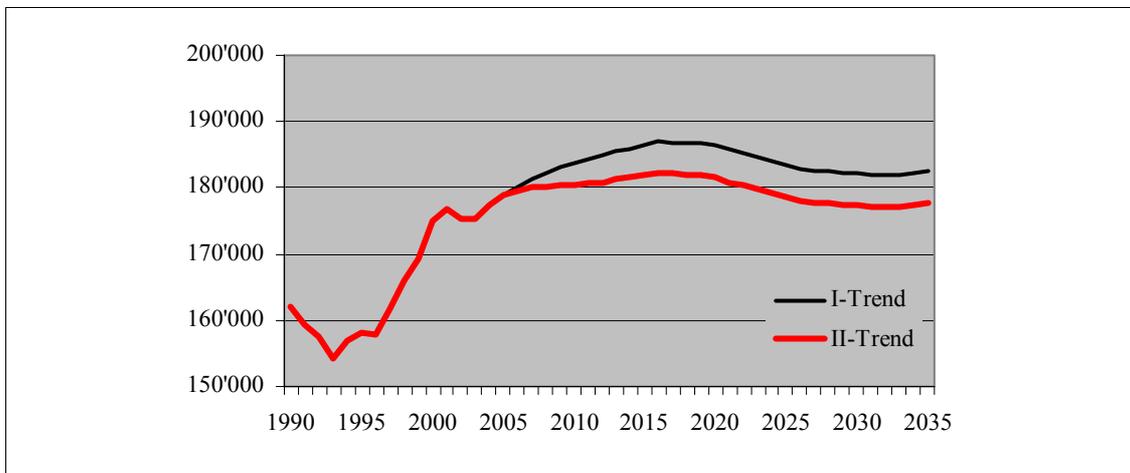
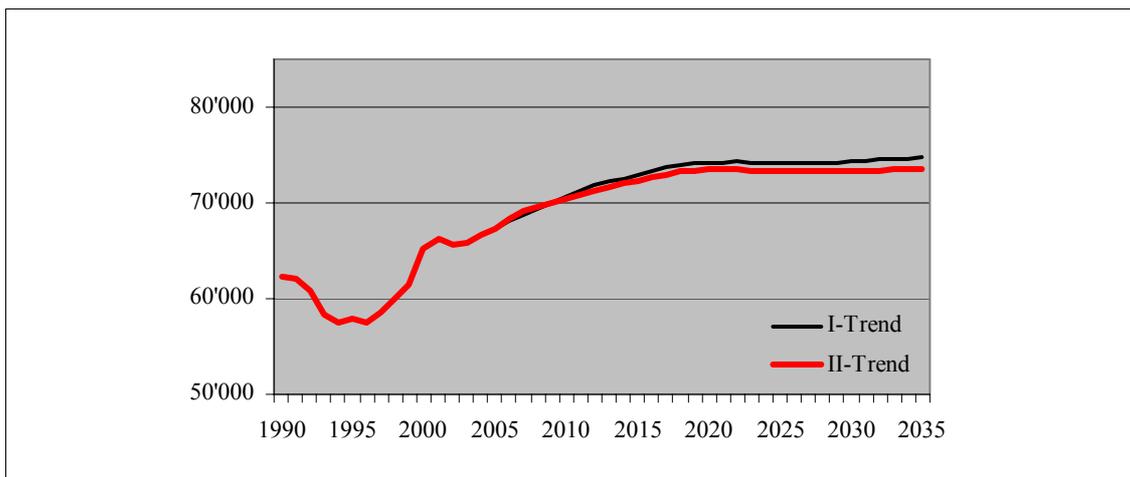
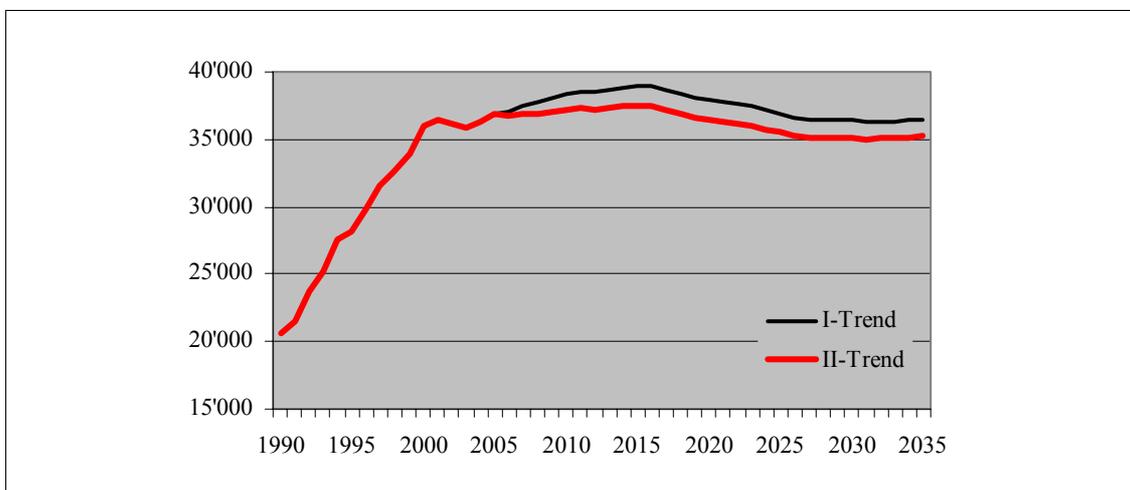
**Tab. 6-12: Aufteilung des Elektrizitätsverbrauchs nach Verwendungszwecken (PJ)**

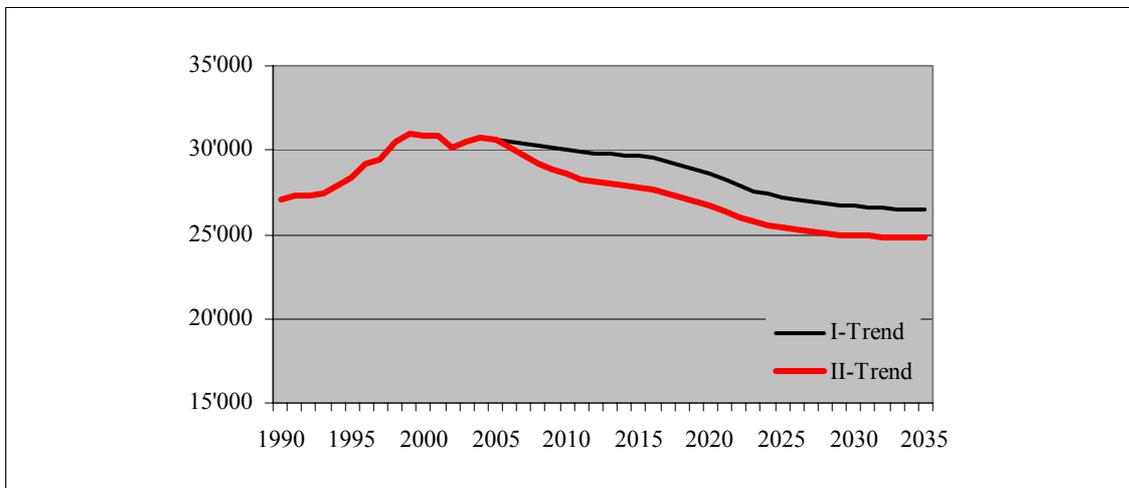
	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Heizung	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3
Mech. Prozesse	32.8	36.3	35.9	36.8	38.6	39.6	40.4	40.4	40.5	40.9
Wärmeprozesse	21.2	21.1	22.3	22.6	23.6	24.4	24.6	24.5	24.3	24.3
Licht, EDV	6.5	6.3	6.2	6.4	6.7	6.9	7.1	7.1	7.0	7.0
Fahrzeuge, stat. Motoren	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
WKK	-1.5	-2.6	-2.6	-2.7	-3.0	-3.1	-3.2	-3.3	-3.4	-3.5
Summe*	62.2	65.2	65.9	67.3	70.4	72.3	73.5	73.3	73.3	73.6

\* Die Elektrizitätsproduktion der WKK-Anlagen ist in der Summe nicht berücksichtigt.

**Tab. 6-13: Aufteilung des Brennstoffverbrauchs nach Verwendungszwecken (PJ)**

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Heizung	32.9	29.3	28.0	27.9	27.6	27.4	27.0	26.1	25.5	25.3
Mech. Prozesse	1.5	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7
Wärmeprozesse	60.8	71.3	72.7	74.7	72.8	72.2	71.0	69.0	68.3	68.3
Licht, EDV	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fahrzeuge, stat. Motoren	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
WKK	4.7	7.4	6.9	7.1	7.6	8.0	8.3	8.4	8.5	8.8
Summe	99.9	109.9	109.3	111.6	110.0	109.6	108.0	105.3	104.1	104.0

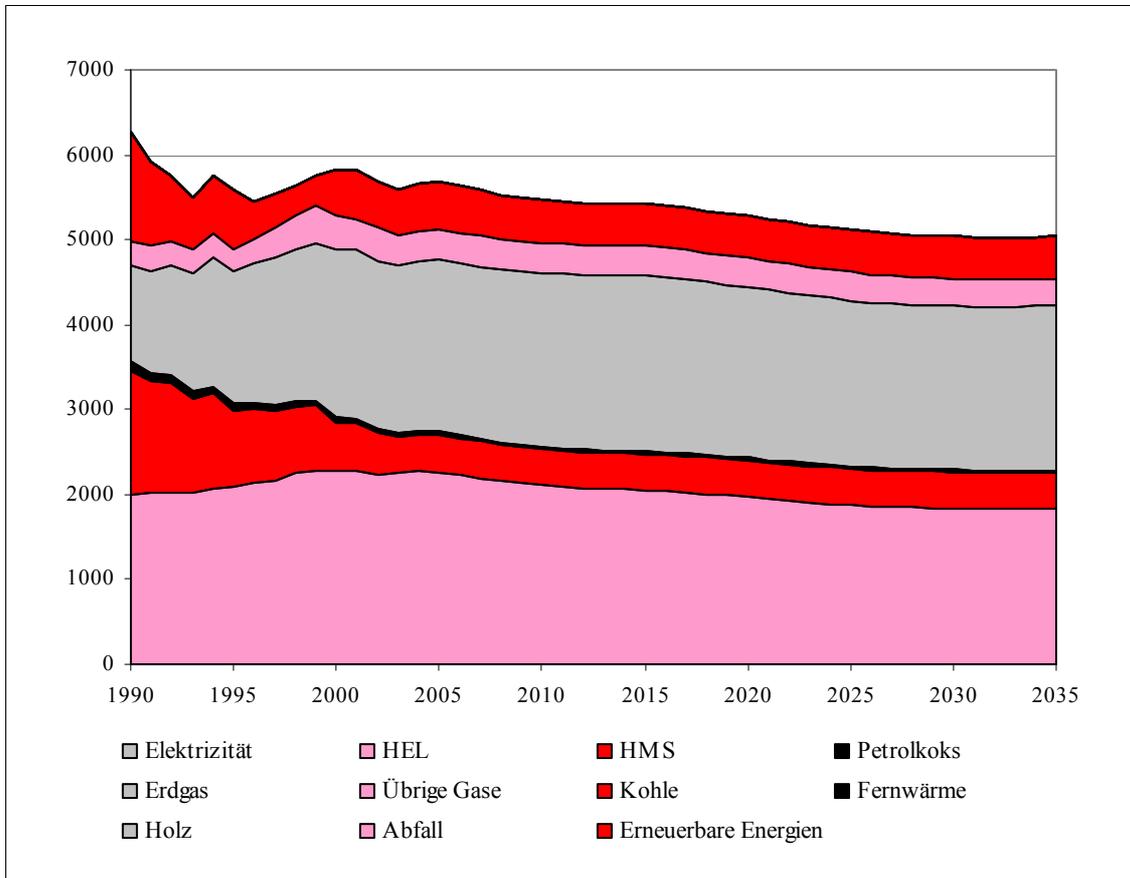
**Abb. 6-14: Endenergieverbrauch in Szenario II-Trend (TJ)****Abb. 6-15: Elektrizitätsverbrauch in Szenario II-Trend (TJ)****Abb. 6-16: Gasverbrauch in Szenario II-Trend (TJ)**

**Abb. 6-17: Verbrauch von Heizöl extra leicht in Szenario II-Trend (TJ)**

### 6.2.1.2 Emissionen

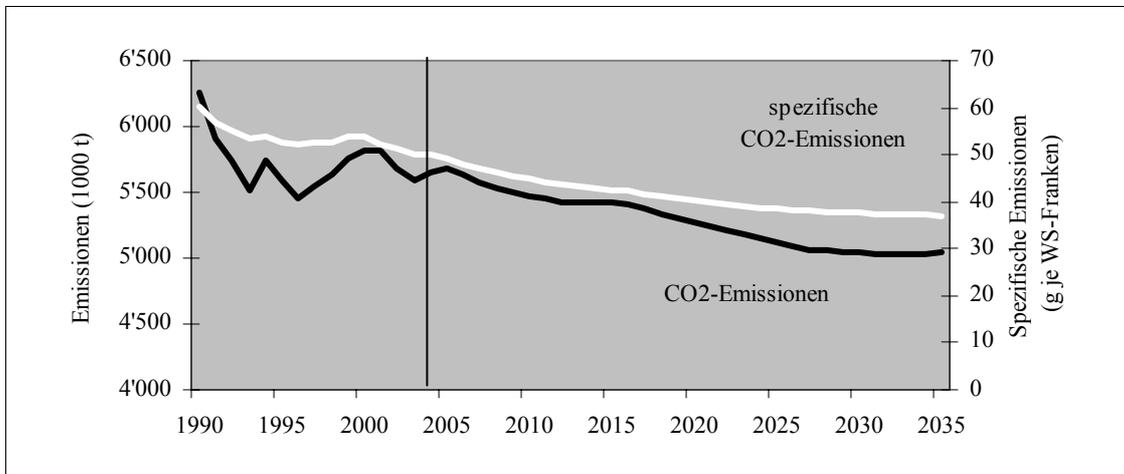
Die CO<sub>2</sub>-Emissionen reduzieren sich in Szenario II im Vergleich 2035 zu 1990 um rund 20 %, von rund 6.3 Mio auf knapp unter 5.0 Mio Tonnen. Die Details zeigen die Abbildung 6-18 und die Tabelle 6-19. Bezogen auf den klimapolitisch wichtigen Zeitraum 1990 bis 2010 ergibt sich eine Reduktion von 12.6 %. Bezogen auf die Wertschöpfung sind die CO<sub>2</sub>-Reduktionen beträchtlich; im Zeitraum 1990 bis 2035 reduzieren sie sich um rund 39 Prozent, d.h. von rund 60 g je Wertschöpfungsfranken auf rund 37 g (vgl. Abbildung 6-20). Abbildung 6-21 zeigt den Vergleich mit Szenario I-Trend.

Abbildung 6-22 und Tabelle 6-23 zeigen schliesslich die Details zu den Stickoxid- und zu den Partikelemissionen. Sie unterscheiden sich tatsächlich nur sehr wenig von jenen im Szenario I-Trend.

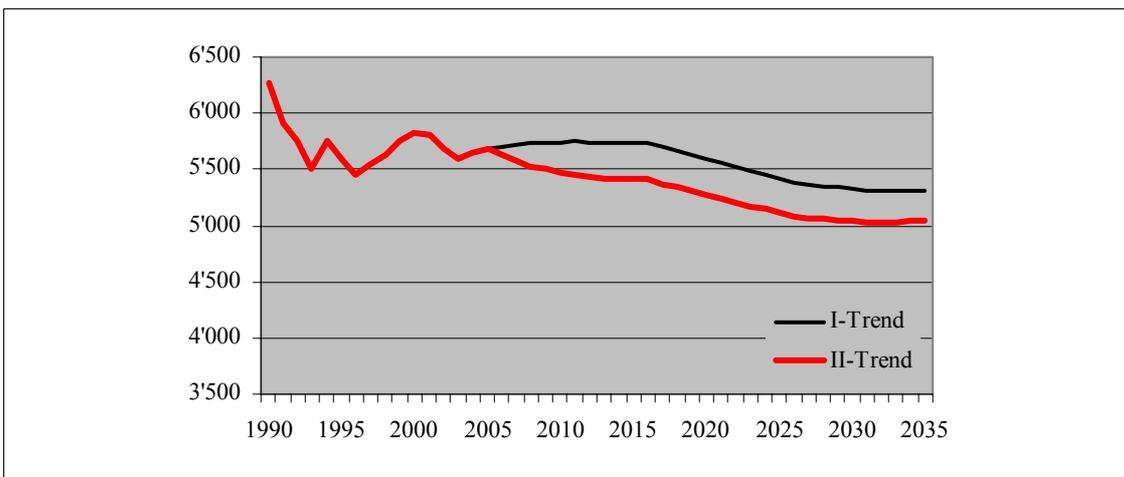
**Abb. 6-18: CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (in 1000 Tonnen)****Tab. 6-19: CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (in 1000 Tonnen)**

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'276	2'249	2'261	2'105	2'048	1'970	1'873	1'838	1'834
HMS	1'459	578	434	440	424	430	434	430	424	419
Petrolkoks	119	50	38	39	32	33	32	32	32	32
Erdgas	1'136	1'983	1'974	2'026	2'046	2'063	2'008	1'952	1'928	1'939
Übrige Gase	268	389	347	360	356	353	340	330	321	317
Kohle	1'288	547	545	563	510	491	493	497	497	498
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Summe</b>	<b>6'263</b>	<b>5'823</b>	<b>5'587</b>	<b>5'688</b>	<b>5'473</b>	<b>5'418</b>	<b>5'277</b>	<b>5'114</b>	<b>5'042</b>	<b>5'039</b>

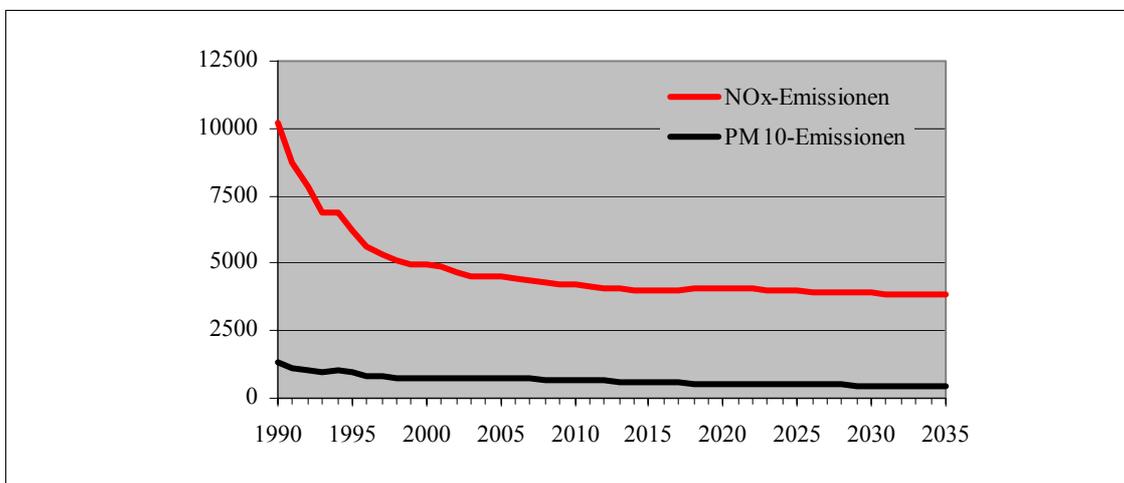
**Abb. 6-20: CO<sub>2</sub>-Emissionen und spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen (man beachte die unterschiedliche Skalierung der Ordinaten)**



**Abb. 6-21: CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zu Szenario I-Trend (in 1000 Tonnen)**



**Abb. 6-22: NO<sub>x</sub>- und PM<sub>10</sub>-Emissionen in Szenario II-Trend (in Tonnen)**



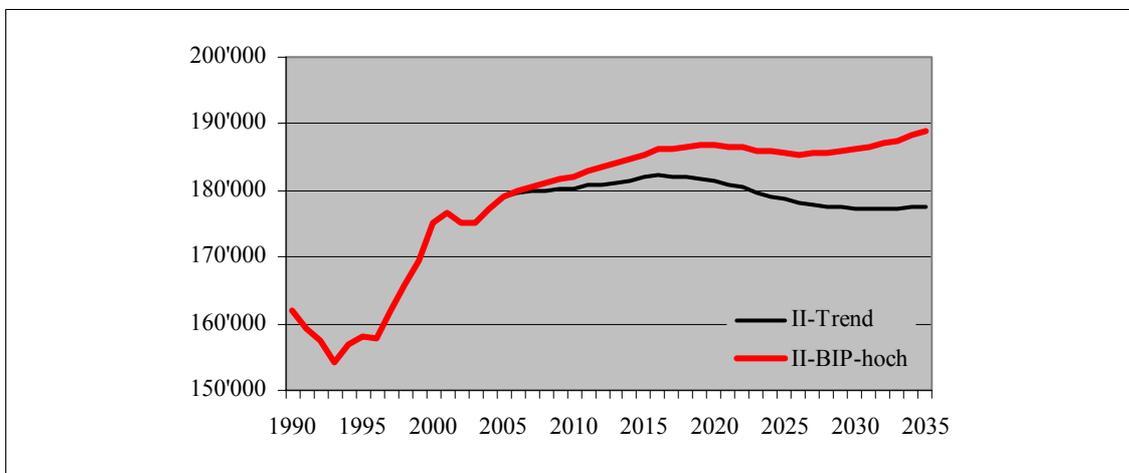
**Tab. 6-23: NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)**

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	10'181	4'937	4'548	4'509	4'185	3'998	4'063	3'977	3'890	3'828
Erneuerbare Energien	1'338	762	750	765	686	626	526	524	517	511

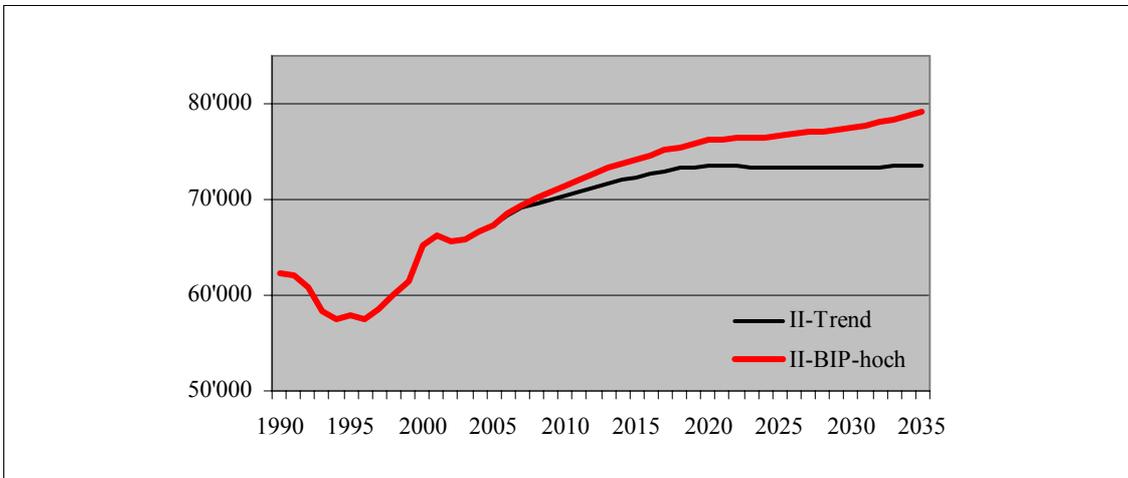
## 6.2.2 BIP hoch

### 6.2.2.1 Energienachfrage

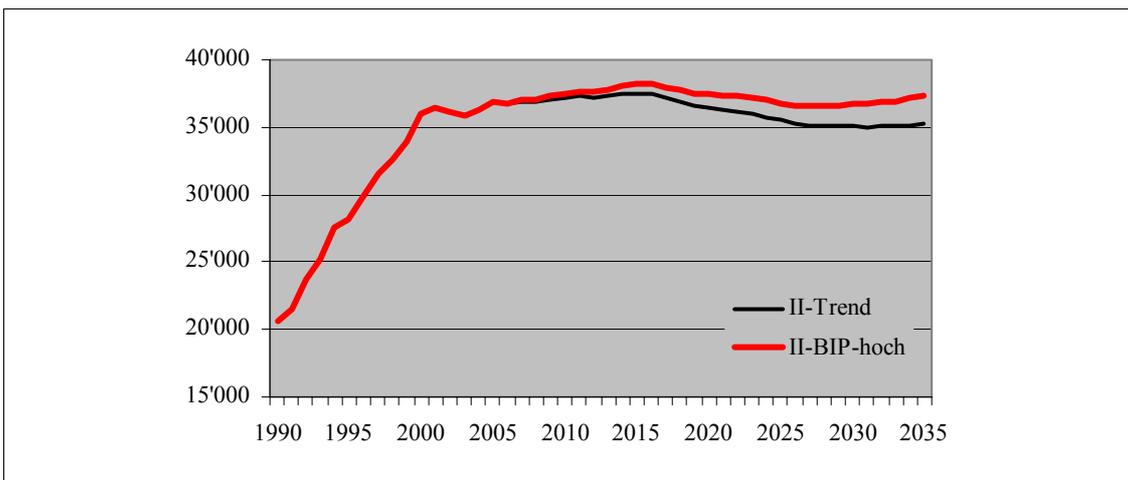
In der Sensitivitätsvariante BIP hoch werden im Jahr 2035 6.4 % bzw. rund 11 PJ mehr Energie verbraucht als in der Trendvariante (vgl. Abbildung 6-24). Praktisch die Hälfte des Mehrverbrauchs wird durch die Elektrizität verursacht, welche damit weiterhin zunimmt (vgl. Abbildung 6-25). Der Gasverbrauch stabilisiert sich auf hohem Niveau (vgl. Abbildung 6-26) und der Abwärtstrend von Heizöl extra leicht wird deutlich abgeschwächt (vgl. Abbildung 6-27) und.

**Abb. 6-24: Endenergieverbrauch in Szenario II-BIP-hoch (in TJ)**

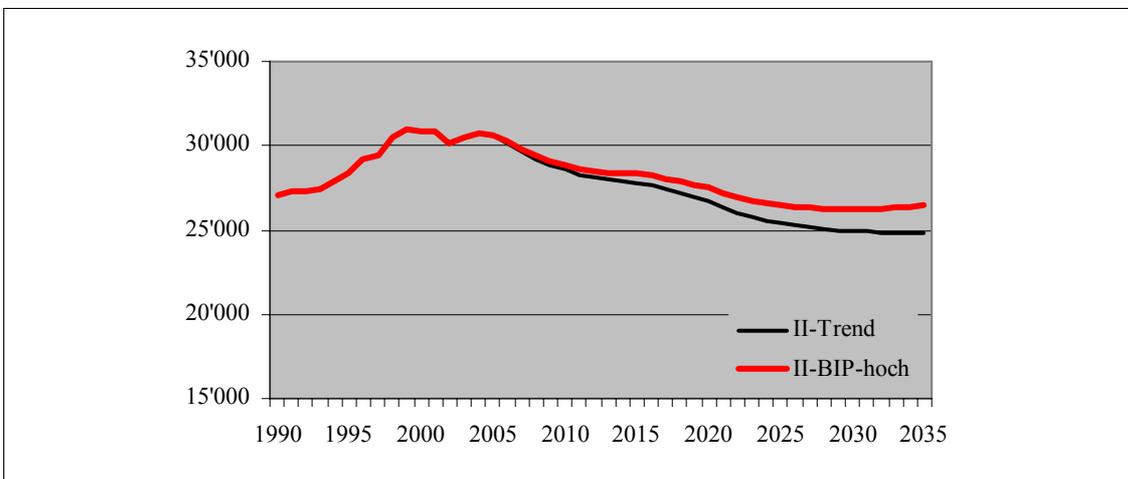
**Abb. 6-25: Elektrizitätsnachfrage in Szenario II-BIP-hoch (TJ)**



**Abb. 6-26: Gasverbrauch in Szenario II-BIP-hoch (TJ)**



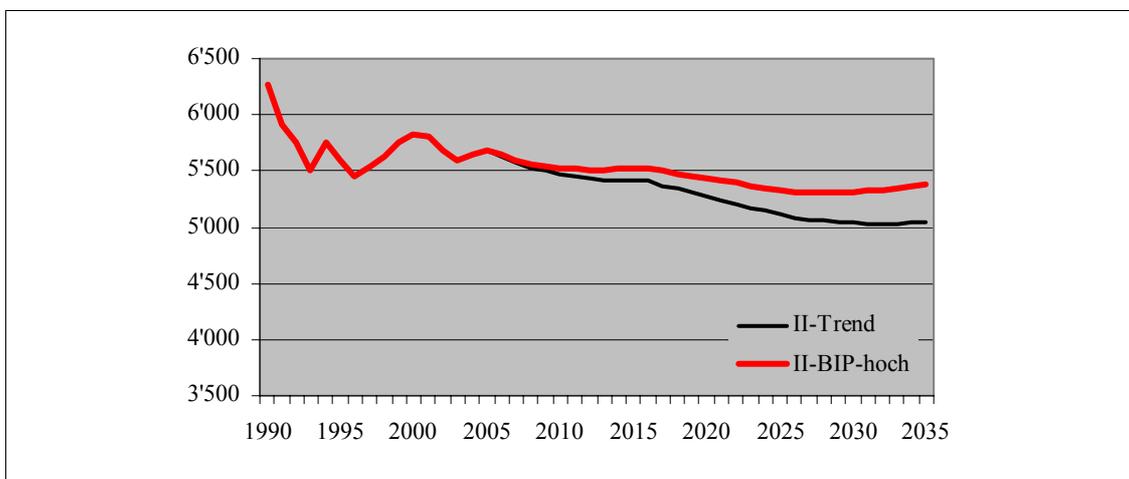
**Abb. 6-27: Verbrauch von Heizöl extra leicht in Szenario II-BIP-hoch (TJ)**



### 6.2.2.2 Emissionen

In der Sensitivitätsvariante BIP hoch ist nicht nur der Energieverbrauch deutlich höher als im Trendfall, auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Diese bleiben im Wesentlichen ab heute konstant, um ab etwa 2015 noch leicht abzusinken (vgl. Abbildung 6-28). Gegenüber dem Trendfall liegen sie 2035 um rund 338'000 t bzw. 6.7 % höher. Auf die Angabe der Stickoxid- und Partikelemissionen wird in den Sensitivitätsvarianten verzichtet.

**Abb. 6-28: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Szenario II-BIP-hoch (in 1000 Tonnen)**

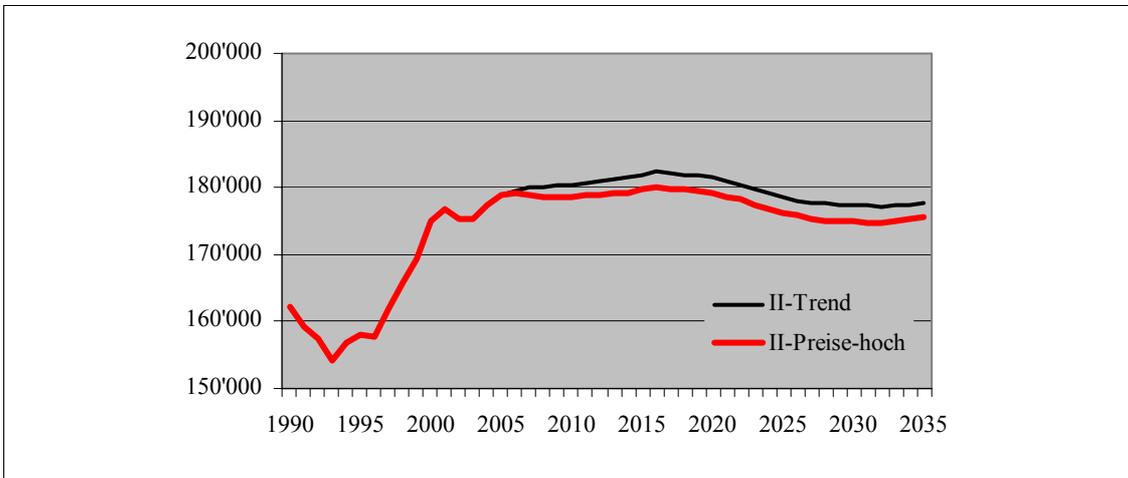


### 6.2.3 Preise hoch

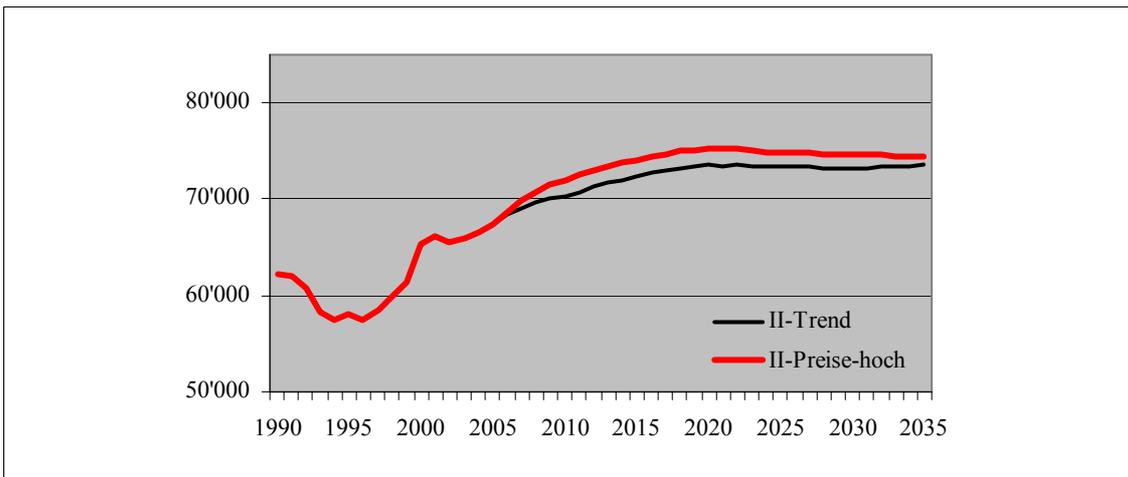
#### 6.2.3.1 Energienachfrage

In der Sensitivitätsvariante Preise hoch werden im Jahr 2035 1.2 % bzw. rund 2 PJ weniger Energie verbraucht als in der Trendvariante (vgl. Abbildung 6-29). Allerdings steht diesem gesamten Minderverbrauch ein Mehrverbrauch bei der Elektrizität von rund 1 PJ gegenüber (vgl. Abbildung 6-30), wobei er in den Jahren 2015 bis 2020 fast doppelt so gross ist. Die Ergebnisse für Gas und Heizöl extra leicht zeigen die Abbildungen 6-31 und 6-32.

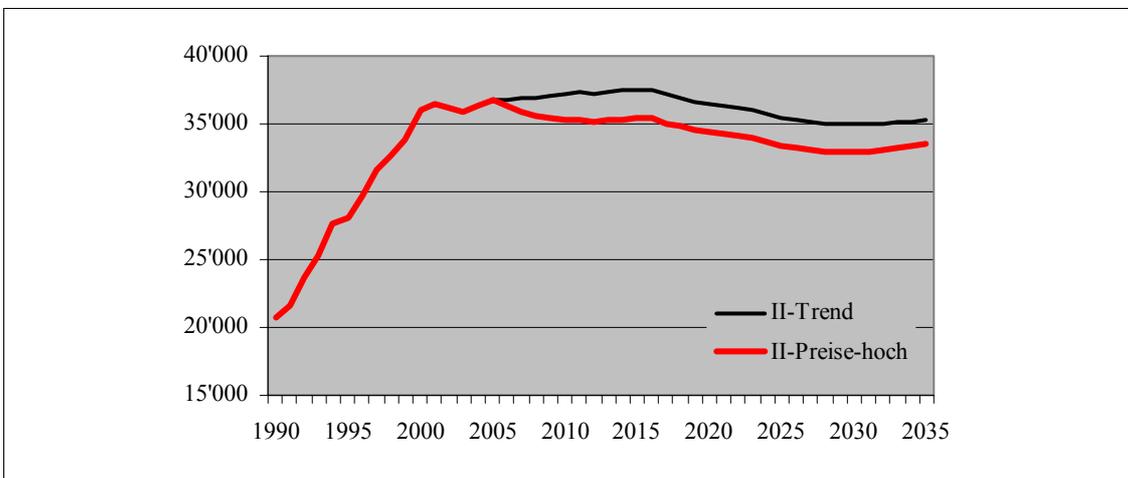
**Abb. 6-29: Endenergieverbrauch in Szenario II-Preise-hoch (TJ)**

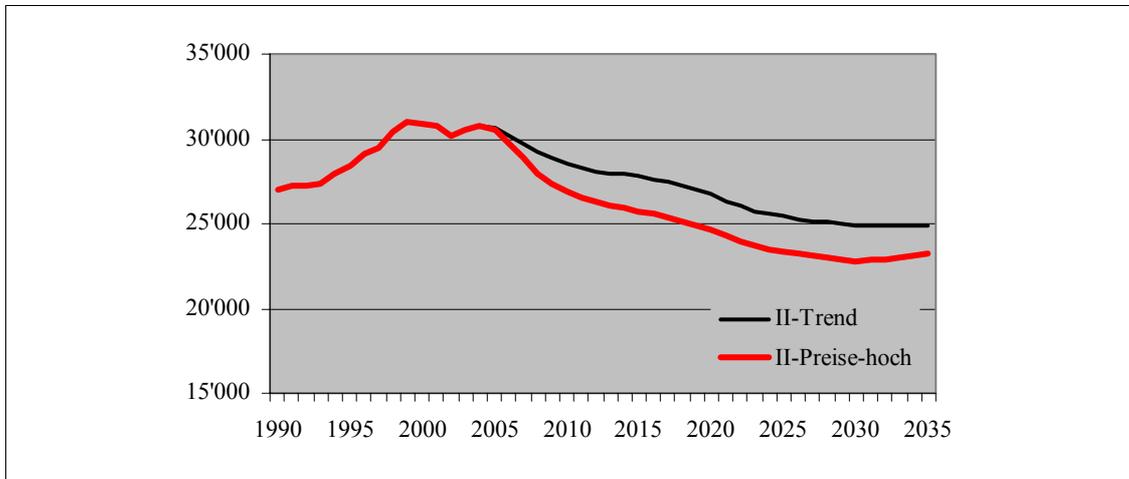


**Abb. 6-30: Elektrizitätsverbrauch in Szenario II-Preise-hoch (TJ)**



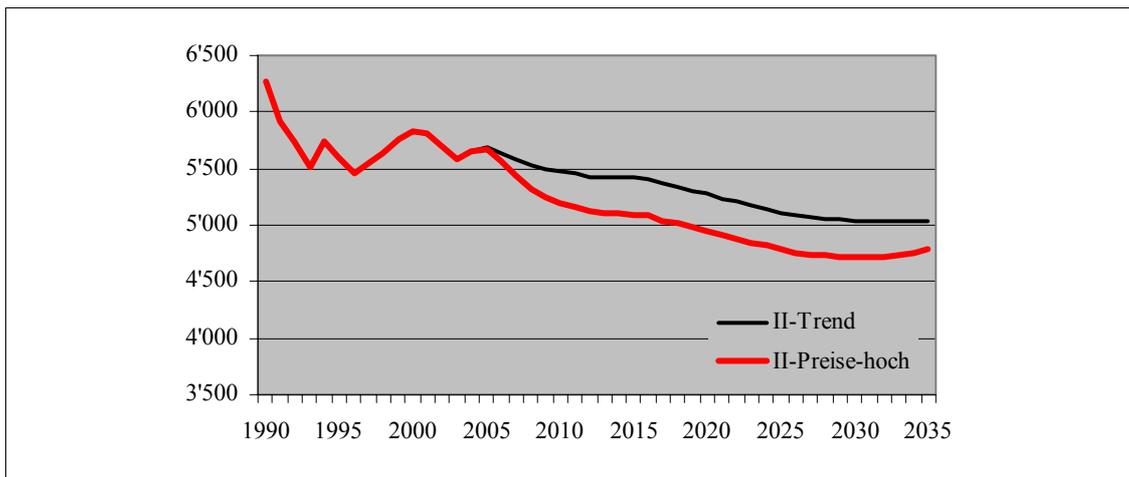
**Abb. 6-31: Gasverbrauch in Szenario II-Preise-hoch (TJ)**



**Abb. 6-32: Verbrauch von Heizöl extra leicht in Szenario II-Preise-hoch (TJ)**

### 6.2.3.2 Emissionen

Die höheren Energiepreise haben im Zeitraum 2015 bis 2020 einen um etwa 330'000 Tonnen tieferen Ausstoss an CO<sub>2</sub> zur Folge (vgl. Abbildung 6-33). Gegen Ende des Betrachtungszeitraumes reduziert sich diese Minderung aber stark, im Jahr 2035 beträgt sie nur noch 260'000 Tonnen. Auf die Angabe der Stickoxid- und Partikelemissionen wird in den Sensitivitätsvarianten verzichtet.

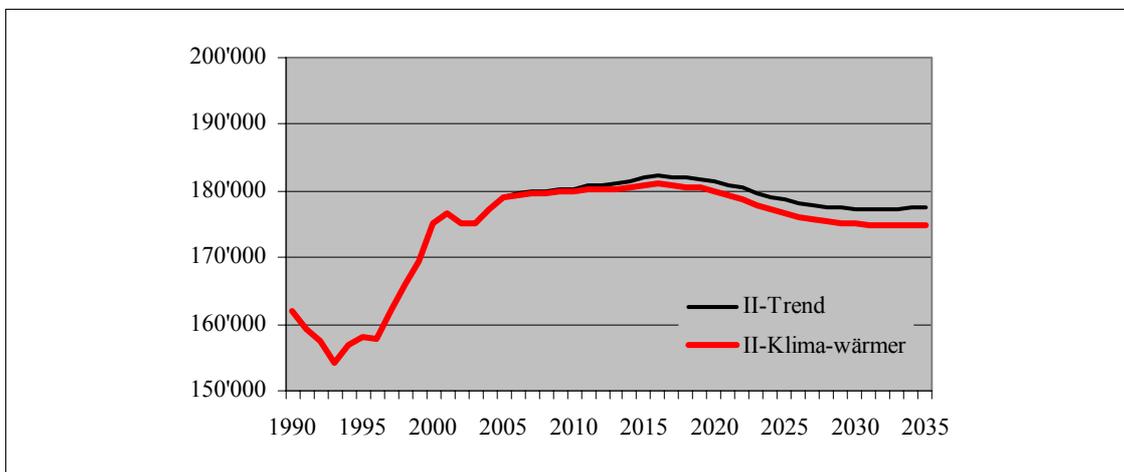
**Abb. 6-33: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Szenario II-Preise-hoch (in 1000 Tonnen)**

### 6.2.4 Klima wärmer

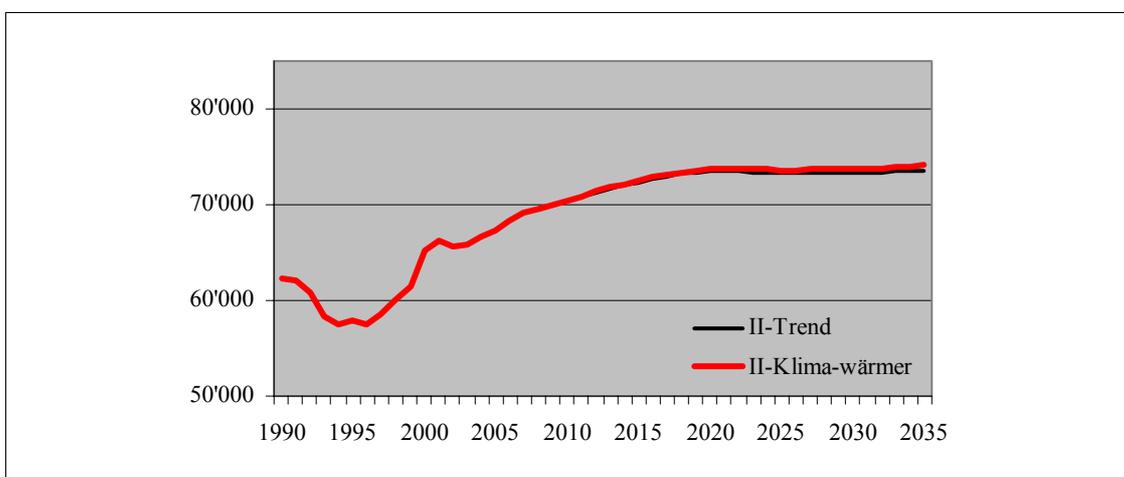
#### 6.2.4.1 Energienachfrage

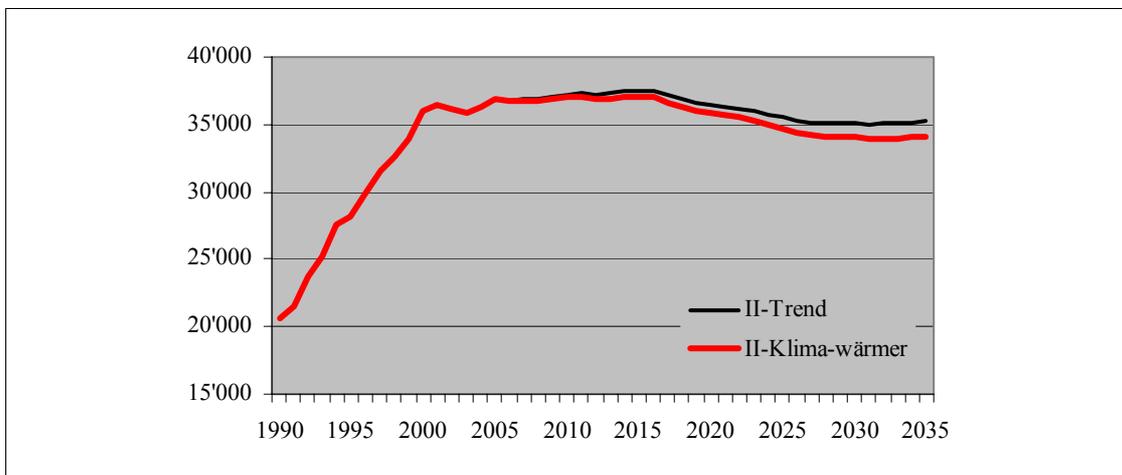
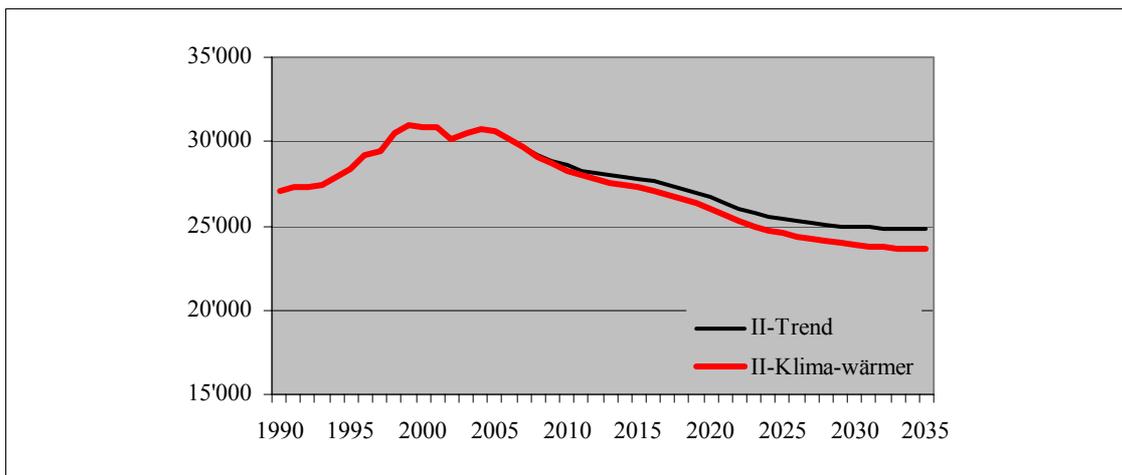
Der Einfluss des wärmeren Klimas ist sehr ähnlich wie in Szenario I-Trend. Abbildung 6-34 zeigt den Effekt für den gesamten Verbrauch, die Abbildungen 6-35, 6-36 und 6-37 für die Energieträger Elektrizität, Gas und Heizöl extra leicht. Gesamthaft nimmt der Energieverbrauch im Ganzen um rund 3 PJ ab, hingegen nimmt der Verbrauch an Elektrizität per saldo (Minderverbrauch Heizung, Mehrverbrauch Kühlung) leicht zu (um etwa 0.5 PJ).

**Abb. 6-34: Endenergieverbrauch in Szenario II-Klima-wärmer (TJ)**



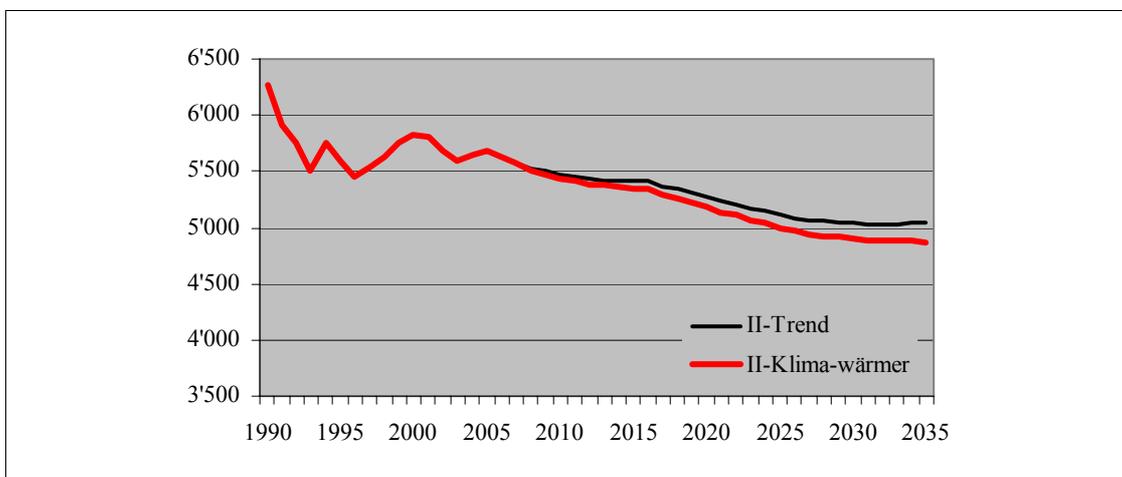
**Abb. 6-35: Elektrizitätsverbrauch in Szenario II-Klima-wärmer (TJ)**



**Abb. 6-36: Gasverbrauch in Szenario II-Klima-wärmer (TJ)****Abb. 6-37: Verbrauch von Heizöl extra leicht in Szenario II-Klima-wärmer (TJ)**

#### 6.2.4.2 Emissionen

Abbildung 6-38 zeigt den Verlauf der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Gegenüber der Trendvariante vermindern sich diese im Jahr 2035 um 168'000 Tonnen.

**Abb. 6-38: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Szenario II-Klima-wärmer (in 1000 Tonnen)**



## 7 Szenario III: Neue Prioritäten

### 7.1 Politikvariante

#### 7.1.1 Szenariengrundsätze

Das Szenario III ist wie in Kapitel 1 angedeutet ein "Zielszenario", bei dem methodisch ein gegenüber den Szenarien I und II anderer Grundansatz gewählt wird. Jetzt geht es darum, ausgehend von vorgegebenen Zielen, jene Politik-Instrumente zu identifizieren, die für deren Erreichung (mutmasslich) notwendig sind.

Als Ziele für die Entwicklung zwischen 2000 und 2035 wurden vorgegeben:

- Reduktion des Endenergieverbrauchs pro Kopf um 20 %
- Reduktion der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen um 20 %
- Anteil Erneuerbarer Energieträger an der Wärmenachfrage in 2035: 20 %
- Anteil Erneuerbarer Energieträger an der Treibstoffnachfrage in 2035: 5 %
- Anteil neuer Erneuerbarer Energien an der Elektrizitätsnachfrage in 2035: 10 %.

Grundsätzlich gelten diese Ziele für die Schweiz als Ganzes; bei der Modellierung wurde aber grundsätzlich davon ausgegangen, dass sie eigentlich auch für die Industrie allein gelten sollten – mit Ausnahme des vorgegebenen Anteils Erneuerbarer Energieträger an der Wärmenachfrage. Dieser Anteil ist – ohne eine völlig andere Art des Produzierens in der Industrie annehmen zu wollen – in den nächsten Jahrzehnten kaum möglich

Im Vergleich mit den Ergebnissen aus den Szenarien I und II wirken die genannten Ziele ambitioniert. Sie erfordern damit einen deutlichen "Paradigmenwechsel", nicht nur in Bezug auf die Wahrnehmung der Klimaproblematik an sich, sondern auch in Bezug auf die Eingriffsstärke der unterstellten Instrumente.

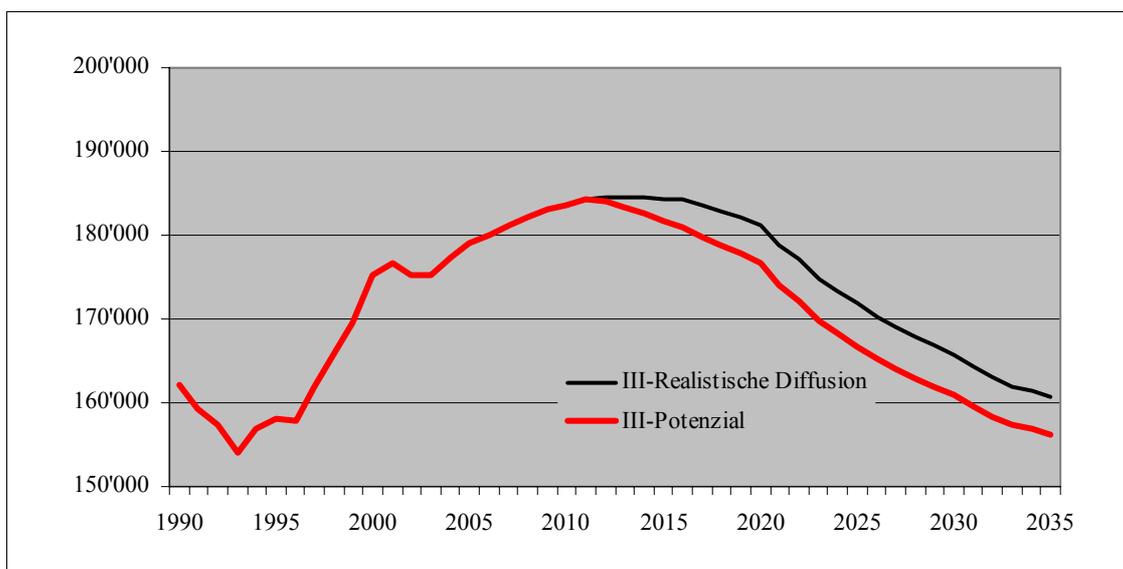
Diese Ziele sind u.E. nur zu erreichen, wenn davon ausgegangen wird, dass sich weltweit die Prioritäten stark zu Gunsten von Fragen des Klimaschutzes, der Energieeffizienz und der Förderung Erneuerbarer Energien verschieben. D.h. es wird von völkerrechtlich verbindlichen, international absegneten CO<sub>2</sub>-Zielen ausgegangen. Energie und Umweltqualität haben damit einen deutlich höheren Stellenwert in der Gesellschaft als heute.

Methodisch wurde in diesem Szenario davon ausgegangen, dass vor allem bekannte, marktbeste Technologien zum Einsatz kommen. Hierbei wurde ein zweistufiges Vorgehen gewählt:

In einem ersten Schritt wurde ein konsequentes "Potenzialszenario" gerechnet, bei dem davon ausgegangen wurde, dass ab dem Jahr 2011 bei jeder Investitionsentscheidung für Geräte, Gebäude, Prozessenergie oder Fahrzeuge die jeweils marktbeste ("best practice") Lösung gewählt wird (quantitative Details im Anhang). Zusätzlich wurde davon ausgegangen, dass sich diese Technologien aufgrund der verstärkten Nachfrage im Zeitablauf im Sinne eines autonomen Fortschritts weiterentwickeln. Eigentliche Technologiesprünge oder eine Entwicklung hin zu ganz anderen technischen Lösungsmöglichkeiten, wurden jedoch nicht unterstellt.

Da ein solches Verhalten von Marktteilnehmern trotz neuer Prioritäten und hoher Energiepreise (s.u.) als unrealistisch eingeschätzt wird, wurde in einem zweiten Schritt die Marktdurchdringung mit einer realistischeren Diffusionsrate abgeschwächt. Der Übergang erfolgt nun nicht mehr abrupt im Jahr 2011 (über einen Knick in der Entwicklung gut sichtbar, vgl. Abbildung 7-1), sondern es entsteht ein allmählicher Übergang.

**Abb. 7-1: Endenergieverbrauch im Szenario III: Potenzialansatz gegen realistische Diffusion (TJ)**



### 7.1.2 Energiepolitische Instrumente

Nach verschiedenen provisorischen Modellruns für Szenario III kristallisierte sich als Hauptinstrument eine Energieabgabe heraus, welche die Endenergiepreise der fossilen Energieträger gegenüber dem Preisszenario "Trend" etwa verdoppeln müsste. Für den Strompreis wäre eine Erhöhung um etwa 50 Prozent nötig, ebenso für den Fernwärmepreis. Weiter muss man davon ausgehen, dass auch das Holz aufgrund seiner Konkurrenz zu Öl und Gas im Bereich der (zentralen und dezentralen) Raumwärmeproduktion ein wenig nachzieht (plus 30 Prozent). Diese Abgabe ist wie in Szenario II (und I-Ab-

gabe) als reine Lenkungsabgabe konzipiert, die über einen analogen Mechanismus an die privaten Haushalte und die Unternehmen zurückverteilt wird.

Zusätzlich werden einige ordnungsrechtliche Massnahmen unterstellt, so u.a.:

- Die Anforderungen an Neubauten und Sanierungen werden ab 2011 um 60 bis 70 Prozent erhöht. Ab 2016 gilt eine weitere Verschärfung um 20 Prozent, danach mit einer im Zeitablauf weiteren moderaten Absenkung.
- Geräte der Klassen schlechter als B werden ab 2011 vom Markt genommen, die Anforderungen an die energieeffizienten Klassen werden kontinuierlich verschärft.
- Bei Elektromotoren gelten ab 2011 Effizienzvorschriften, die die Verluste im Motor selber im Durchschnitt halbieren.

### 7.1.3 Modellierung

Um in der Einschätzung des technischen Fortschritts genügend realistisch zu bleiben, wird, wie schon erwähnt, ein Ansatz über "Best-Practice-Technologien" gewählt, deren energetische Güte im Zeitablauf aber nicht gleich bleibt, sondern sich trendmässig weiter verbessert. "Best Practice" heisst, dass die entsprechende Technologie im kommerziellen Zusammenhang sich bereits bewährt hat. Abbildung 7-1 zeigt die im Zusammenhang mit verschiedenen Gütestufen für einen Produktionsprozess verwendeten Begriffe. In aller Regel ist das physikalische Minimum für die Herstellung eines Stoffes oder einer Anlage sehr klein. Dieses kann aber mit vernünftigen Aufwand grosstechnologisch nicht erreicht werden, auch wenn in Einzelfällen (etwa in der Grundstoffherstellung) innovative Technologie-Konzepte durchaus in die Nähe der physikalischen Grenze vorstossen können.

**Abb. 7-1: Gütestufen von Produktionsanlagen**

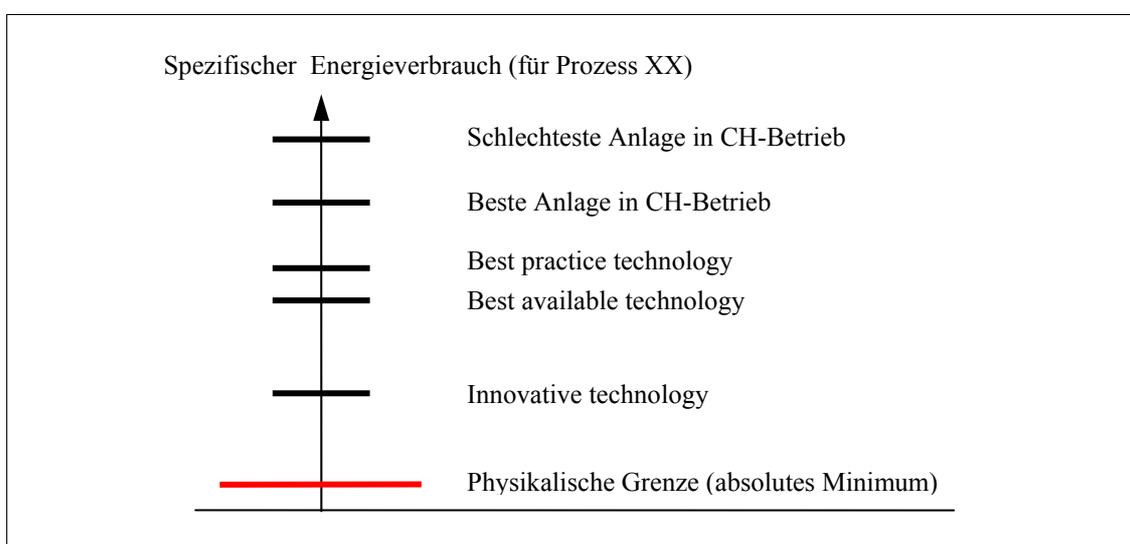


Tabelle 7-2 zeigt als Beispiel einige Daten für das so genannte "Klinkerbrennen", für den bei der Zementproduktion energetisch absolut dominierenden Prozess. Sie zeigen eine für viele Industrieprozesse typische Situation. Mit klassischen Massnahmen (hier etwa: Abwärmenutzung, Vorwärmung) liegen die aktuellen Werte nahe der technischen Grenze im Sinne der "besten Praxis". Werden aber neue Technologien unterstellt, wie etwa die "kalte" Zementherstellung, dann sind deutlich grössere Einsparungen denkbar. Wir gehen in Szenario III aber nicht davon aus, dass sich solche innovative Technologien im Betrachtungszeitraum so sehr durchsetzen, dass sie im Mix der Produktionsanlagen energetisch sichtbar würden.

**Tab. 7-2: Kenngrössen für das Klinkerbrennen**

Item	Spezifischer Energiebedarf
Aktueller CH-Wert	3.46 GJ / t Klinker
Best-Practice-Wert	2.9 GJ / t Klinker
Innovative-technology-Wert	1.4 GJ / t Klinker
Physikalische Grenze	0.8 GJ / t Klinker
Durchschnittswert im Szenario III für 2035	2.7 GJ / t Klinker

Wie in Kapitel 2 erläutert, wird der Energieverbrauch mit einem Kohortenansatz ermittelt. Dies bedeutet, dass bestimmte Technologien für eine gewisse Zeit in bestimmten Anlagen eingesetzt werden und erst, wenn die technisch-ökonomische Lebensdauer dieser Anlagen erreicht wird und Ersatzbedarf besteht, neue, in der Regel dann auch energetisch bessere, Technologien zum Zug kommen. Von Ertüchtigungs-, Nach- und Umrüstaktionen abgesehen ergibt sich *ceteris paribus* die energetische Verbesserung also primär durch den Ersatz alter Anlagen durch neue bessere Anlagen. Eine Beschleunigung des energietechnischen Fortschritts beruht damit ganz wesentlich auf der Verfügbarkeit besserer *neuer* Anlagen im Vergleich zum Trendszenario und ist damit durch eine grosse zeitliche Trägheit charakterisiert.

Für die Modellierung bedeutet dies, dass für sämtliche im Modell unterschiedenen Produktionsprozesse unter den in Abschnitt 2.2 erwähnten Voraussetzungen die jeweils im Sinne der Best-practice verfügbaren Anlagen neu definiert wurden. Gegenüber dem bisherigen Niveau sind für Neuanlagen im Jahr 2035 eher vorsichtig spezifische Reduktionen zwischen 5 und 15 % angenommen worden, je nach Prozess und Branche allerdings ziemlich unterschiedlich und zum Teil weniger oder gar mehr. Tabelle 7-3 zeigt die entsprechenden Daten für den in Kapitel 2 schon erwähnten Pumpprozess in der Nahrungsmittelindustrie.

**Tab. 7-3: Einige Eckdaten für die acht unterschiedenen Anlagengenerationen im Prozess "Pumpen, fördern u.a." in der Nahrungsmittelindustrie in Szenario III**

Anlagengeneration	Kapazitätsanteile 1990 (%)	Durchschnittlicher spezifischer Elektrizitätsverbrauch	Lebensdauer (Jahre)	neu ab	neu bis
1	20	100	20	-	1990
2	60	96	20	-	1990
3	20	91	20	-	2000
4		88	20	1995	2010
5		85	20	2005	2020
6		79	18	2010	2030
7		73	18	2020	2040
8		71	18	2030	2045

Eigentliche Technologieschübe (wie zum Teil in Szenario IV) werden aber ausdrücklich nicht angenommen. Dass international die Energieeffizienz ein wichtiges Thema ist, muss hier deshalb vorausgesetzt werden, weil sonst nicht nur die Annahmen zu den Best-Practice-Technologien zu optimistisch wären, sondern auch zu ihrer Verbreitung: Was im Produktionsbereich technisch möglich und wirtschaftlich sinnvoll ist, ist aus schweizerischer Optik eine international vorgegebene Konstante.

Im Übrigen wird davon ausgegangen, dass nach einer Übergangsphase rund 85 Prozent der Neuanlagen im Produktionsbereich tatsächlich diesen verbesserten Best-Practice-Anlagen entsprechen (im Haustechnikbereich werden lediglich 50 Prozent angenommen<sup>24</sup>). Der Übergang zu einem konsequenten Einbauen von Best-Practice-Technologien wird über einen logistischen Diffusionsansatz ab 2010, d.h. ab jenem Jahr, ab dem sich Szenario III von Szenario Ia unterscheiden soll, über einige Jahre "verschmiert".

Die Wärme-Kraft-Kopplung (WKK) weist in der Industrie grundsätzlich ein grosses Potenzial auf. Gerade in den Szenarien III und IV, bei denen ambitionöse CO<sub>2</sub>-Ziele gelten, könnte der dezentralen Stromproduktion mittels industrieller WKK-Anlagen eine grosse Bedeutung zukommen. Tabelle 7-4 zeigt die Potenziale in Form einer nach Quartalen differenzierten (industriellen) Wärmenachfrage bis 300 Grad Celsius bei mindestens 2500 Vollbenutzungsstunden (einmal für 2005, einmal für 2035). Zum Ver-

<sup>24</sup> Der Unterschied erklärt sich dadurch, dass im Haustechnikbereich "Best-Practice" schon heute sehr viel besser ist als "durchschnittlich neu" (Stichwort: Minergie-Standard). Einen industriellen Minergie-Standard gibt es aber nicht; und zwar aus zwei Gründen: Erstens ist der Minergie-Standard nicht wirklich wirtschaftlich (selbst unter Berücksichtigung der langen Lebensdauer) und zweitens wird dieser Standard über eine traditionelle, aber wenn man so will im Übermass angewandte Technologie erreicht. Beides kommt in der Industrie nicht vor: Weder werden (stark) unwirtschaftliche Massnahmen realisiert, noch gibt es diese Technologien, die man einfach deutlich stärker anwenden müsste ...

gleich: Im ganzen Jahr 2005 wurde in der Industrie lediglich eine Wärmenachfrage von rund 5 PJ mit WKK-Anlagen gedeckt (ohne Raffinerien).

**Tab. 7-4: Für WKK grundsätzlich geeignete Wärmenachfrage in der Industrie (ohne Raffinerien, nach Quartalen [I, II, III, IV] differenziert, in TJ, oben für 2005, unten für 2035)**

Nr.	Branche	I	II	III	IV
1	Nahrung, Getränke, Tabak	1'048	959	707	1'114
2	Bekleidung	295	243	128	299
3	Papier und Karton	831	784	701	800
4	Chemie	846	707	429	825
5	Glas	35	24	3	36
6	Keramik und Ziegel	90	103	82	110
7	Zement	0	0	0	0
8	Übrige NE-Mineralien	187	219	182	223
9	Metalle, Giessereien	65	48	14	67
10	NE-Metalle	34	25	7	35
11	Metallerzeugnisse	378	273	61	391
12	Maschinenbau, Fahrzeugbau	729	499	53	743
13	Geräte	904	622	73	922
14	Energie, Wasser	78	53	6	79
15	Baugewerbe	356	244	26	363
16	Übrige	781	585	172	813
Total		6'657	5'390	2'645	6'819

Nr.	Branche	I	II	III	IV
1	Nahrung, Getränke, Tabak	585	511	333	616
2	Bekleidung	236	193	98	240
3	Papier und Karton	646	608	538	622
4	Chemie	659	548	326	643
5	Glas	27	18	2	27
6	Keramik und Ziegel	69	78	62	84
7	Zement	0	0	0	0
8	Übrige NE-Mineralien	138	159	128	164
9	Metalle, Giessereien	50	37	10	51
10	NE-Metalle	25	19	5	26
11	Metallerzeugnisse	282	202	43	291
12	Maschinenbau, Fahrzeugbau	560	384	41	571
13	Geräte	519	358	42	530
14	Energie, Wasser	53	36	4	54
15	Baugewerbe	224	154	16	229
16	Übrige	448	338	104	466
Total		4'521	3'642	1'753	4'614

Auch wenn sich diese WKK-Potenziale von 2005 bis 2035 wegen der Einsparungen um rund 30 Prozent reduzieren, stellen diese nach Abzug der bereits installierten WKK-Anlagen immer noch ein erhebliches Potenzial dar. Dieses Potenzial dürfte vor allem dann interessant sein, wenn etwaige Deckungslücken beim Stromangebot fossil-thermisch gedeckt werden soll(t)en. In den nachfolgend dargestellten Resultaten werden diese Potenziale aber nur trendmässig ausgeschöpft. Dies bedeutet, dass die erreichten Energieverbräuche und CO<sub>2</sub>-Emissionen im Sinne einer Gesamtoptimierung nicht optimal sind. So könnte man unter Ausnützung der Übererfüllung der CO<sub>2</sub>-Ziele (vgl. Tabelle 7-25) durch vermehrten WKK-Einsatz den Gesamtenergieverbrauch in der Industrie noch etwas absenken. Die oben ausgewiesenen Potenziale sind aber nicht "verloren"; sie werden in den dezentralen Elektrizitätsangebotsvarianten ausgeschöpft.

Auch bei den Substitutionsrelationen gibt es eine gewisse Suboptimalität, allerdings auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen bezogen. Wenn die CO<sub>2</sub>-Emissionen tatsächlich unter allen Umständen reduziert werden sollen, dann müsste beispielsweise das Heizöl extra leicht gegenüber dem Erdgas in stärkerem Masse Marktanteile abgeben. Tatsächlich haben wir in den Szenariorechnungen die in der jüngeren Vergangenheit beobachteten Substitutionsbewegungen etwas verstärkt, aber keinen eigentlichen Trendbruch angenommen.

Die Modellierung der Sensitivitätsvarianten erfolgt wie im Szenario I. Allerdings wird für Szenario III keine Variante Preise hoch durchgerechnet. Denn dies macht angesichts einer Lenkungsabgabe, die *so* angesetzt ist, dass gesamtschweizerisch die gesteckten Verbrauchs- und Emissionsziele erreicht werden können, keinen Sinn.

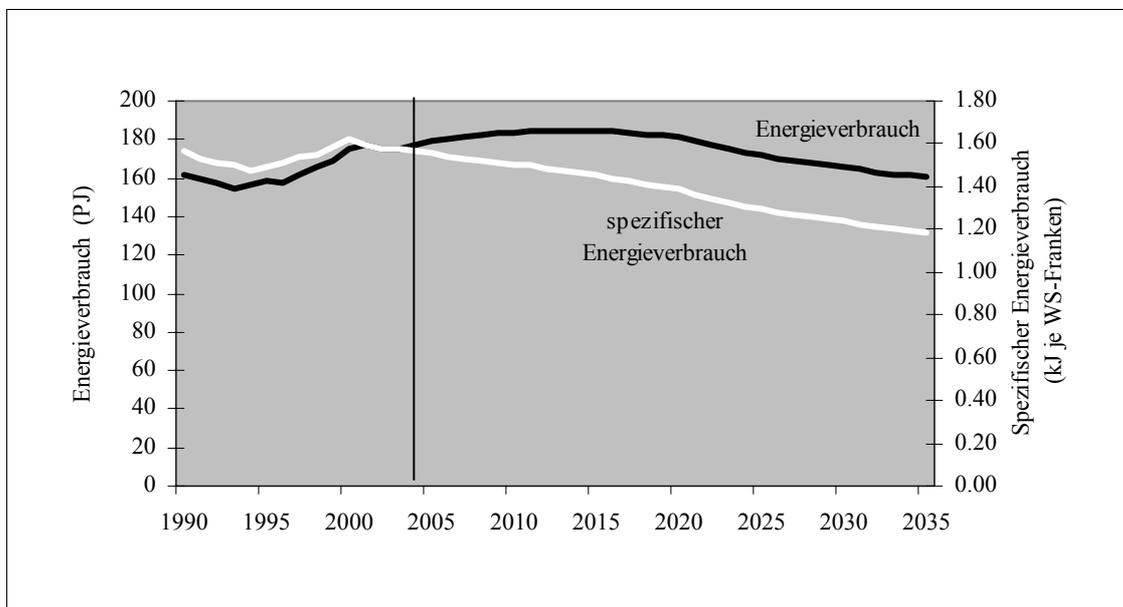
## 7.2 Ergebnisse

### 7.2.1 Trend

#### 7.2.1.1 Energienachfrage

Abbildung 7-5 zeigt den resultierenden Gesamtenergieverbrauch in Szenario III. Nach einer knapp 10-jährigen Periode (2010 bis 2020) mit praktisch gleich bleibendem Verbrauch sinkt er deutlich bis gegen Ende des Betrachtungszeitraumes. Im Jahr 2035 liegt er um rund 1.5 PJ tiefer als 1990 – trotz einer Wertschöpfung, die im gleichen Zeitraum um 31 % wächst. Entsprechend reduziert sich der spezifische Energieverbrauch sehr stark, von 1.56 kJ pro Wertschöpfungsfranken auf 1.18.

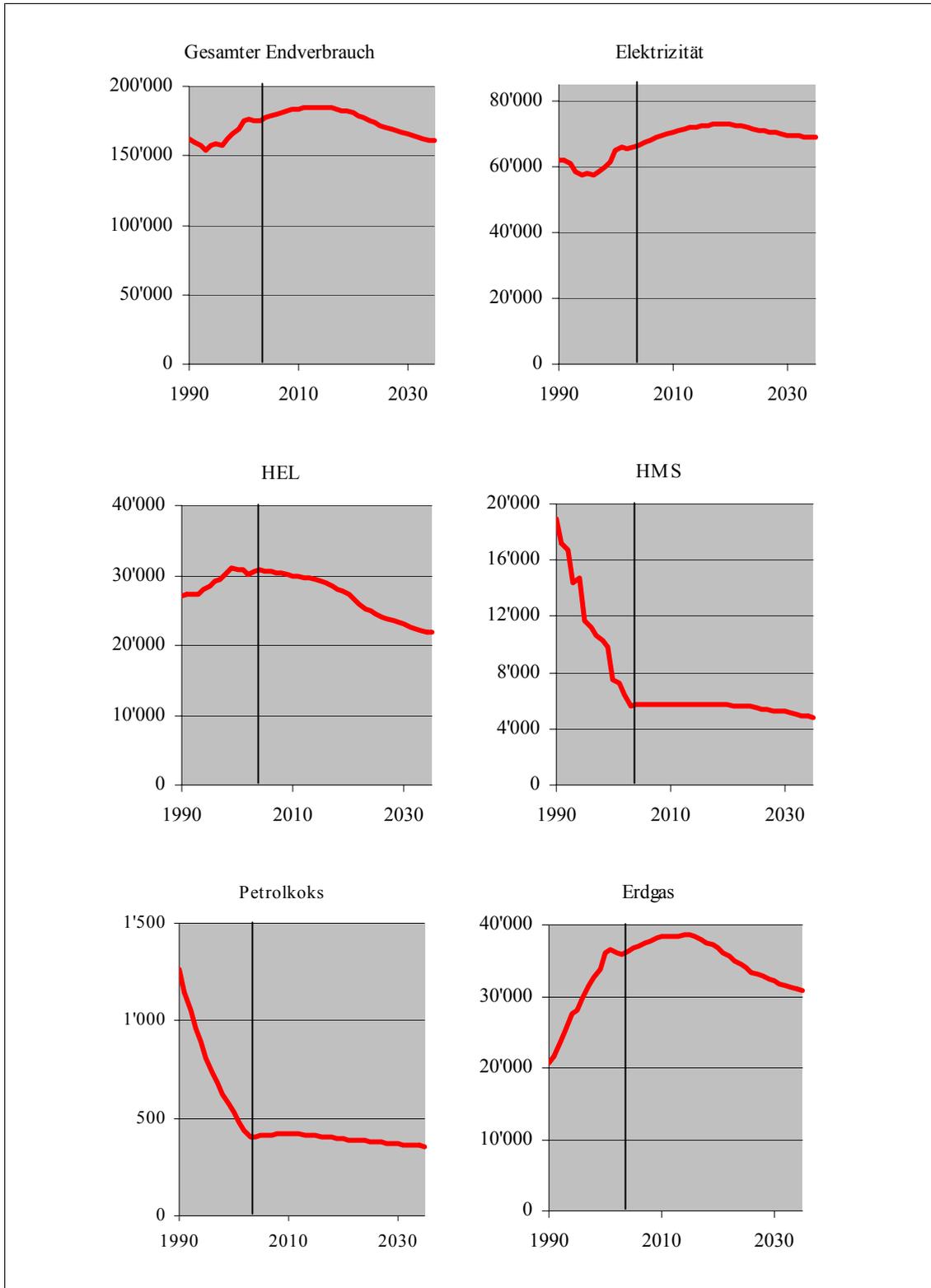
**Abb. 7-5: Energieverbrauch und spezifischer Energieverbrauch (Energieverbrauch bezogen auf die Wertschöpfung)**



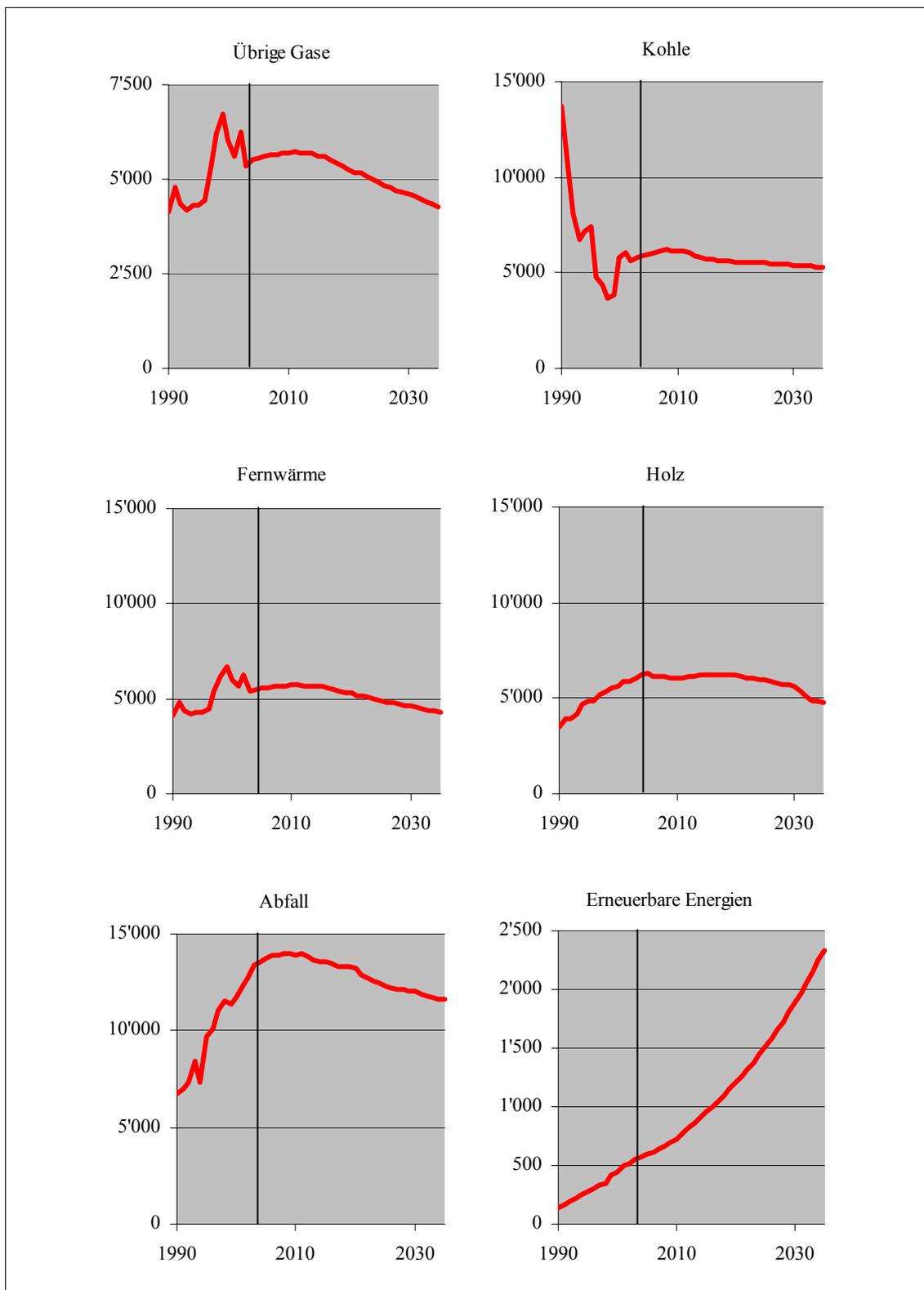
In Abbildung 7-6 wird die resultierende Energienachfrage nach einzelnen Energieträgern differenziert dargestellt, in Abbildung 7-7 der Energieträgersplit im Zeitablauf. Tabelle 7-8 gibt für einige Schlüsseljahre die quantitativen Energieverbrauchsdaten, Tabelle 7-9 liefert die Differenzierung nach den 16 Branchen. In den Tabellen 7-10 und 7-11 ist die Aufteilung nach den sechs im Modell unterschiedenen Verwendungszwecken zu finden, in der ersten Tabelle für die Elektrizität, in der zweiten für die Brennstoffe. Schliesslich zeigen die Abbildungen 7-12, 7-13, 7-14 und 7-15 den Vergleich mit Szenario I-Trend.

Gegenüber Szenario I-Trend liegt der Energieverbrauch im Jahr 2035 um rund 22 PJ tiefer. Mehr noch: Der Gradient der Verbrauchskurve ist gegen Ende des Betrachtungszeitraumes immer noch deutlich negativ, so dass ceteris paribus in den darauf folgenden Jahren der Energieverbrauch noch weiter absinken dürfte, also das Minimum trotz weiter wachsender Wirtschaft noch nicht erreicht ist. Die sich abzeichnende Abflachung der Verbrauchskurve ist "modelltechnisch" übrigens weniger eine Folge der beschränkten technischen Möglichkeiten, als vielmehr eine Folge der anhaltenden Ausdehnung der Mengenkomponente in der Produktion. Ein analoges Muster findet man auch beim Heizöl extra leicht um beim Gas, nicht aber bei der Elektrizität. Für sie zeichnet sich bereits gegen Ende des Betrachtungszeitraumes eine Stabilisierung ab – knapp über dem heutigen Verbrauchsniveau. Dass die relative Reduktion bei der Elektrizität deutlich geringer als beim Heizöl und beim Gas ist, hat u.a. damit zu tun, dass die Elektrizität ihren relativen Preisvorteil trotz der angenommenen Abgabe im Szenario III noch vergrößert.

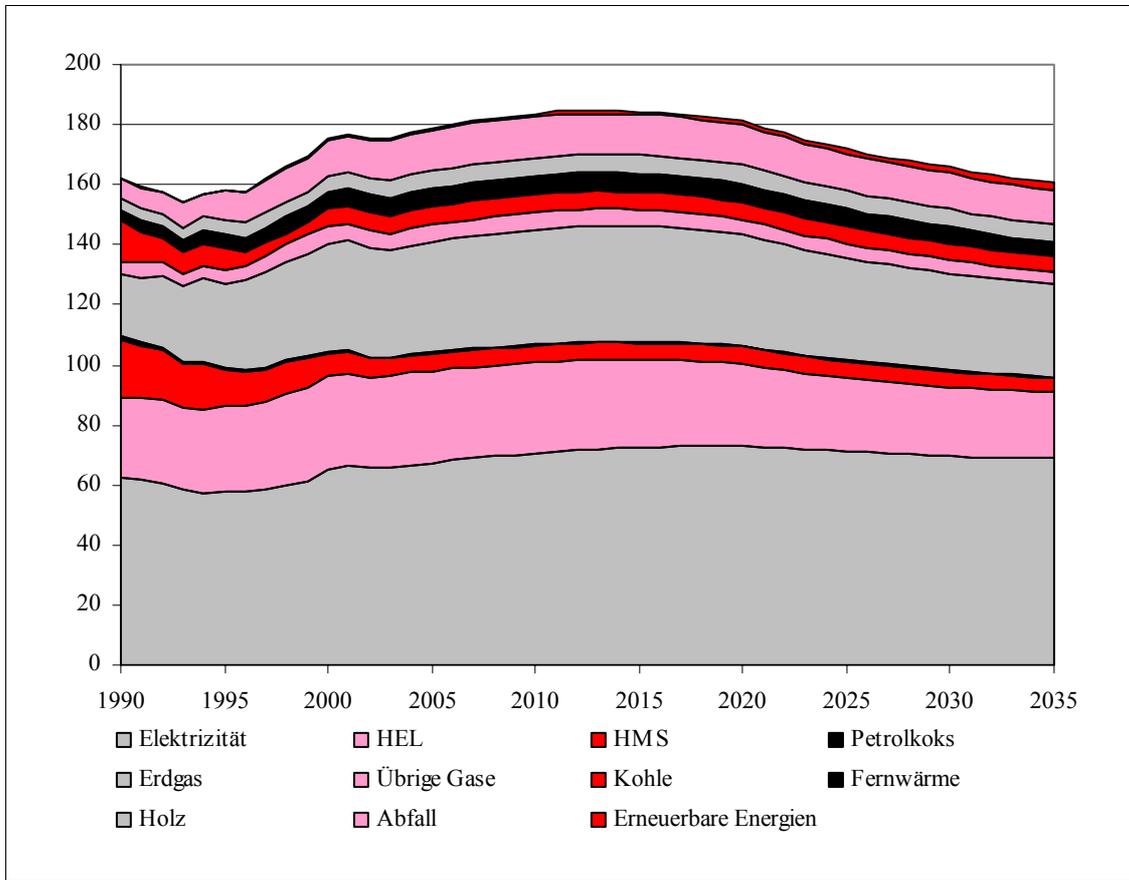
**Abb. 7-6: Entwicklung der Endenergienachfrage im Szenario III-Trend nach Energieträgern (TJ). Man beachte die unterschiedliche Skalierung der Ordinate.**



**Abb. 7-6: Entwicklung der Endenergienachfrage im Szenario III-Trend nach Energieträgern (TJ). Man beachte die unterschiedliche Skalierung der Ordinate.**



**Abb. 7-7: Endenergieverbrauch nach Energieträgern in Szenario III-Trend (PJ)**



**Tab. 7-8: Energienachfrage nach Energieträgern in Szenario III-Trend (PJ)**

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.3	70.7	72.4	73.0	71.2	69.6	69.1
HEL	27.0	30.9	30.5	30.7	30.0	29.1	27.3	24.5	23.0	21.8
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.7	5.7	5.7	5.5	5.2	4.8
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.8	38.3	38.5	36.8	34.0	32.2	30.8
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.7	5.6	5.3	4.9	4.6	4.3
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	6.1	5.7	5.6	5.5	5.4	5.3
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	6.0	6.2	6.2	5.9	5.6	4.8
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	6.0	6.1	6.5	6.1	5.8	5.6
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	13.9	13.5	13.2	12.3	12.0	11.6
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.7	1.0	1.2	1.5	1.9	2.3
<b>Summe</b>	<b>162.1</b>	<b>175.1</b>	<b>175.2</b>	<b>179.0</b>	<b>183.6</b>	<b>184.4</b>	<b>181.2</b>	<b>171.8</b>	<b>165.8</b>	<b>160.7</b>

**Tab. 7-9: Energienachfrage nach Branchen in Szenario III-Trend (PJ)**

Nr.	Branche	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
1	Nahrung	11.8	15.3	14.8	14.6	14.0	13.5	12.8	11.0	10.5	10.1
2	Bekleidung	8.1	7.6	6.2	6.4	6.8	6.5	6.6	6.5	6.4	6.3
3	Papierindustrie	18.4	22.2	23.0	24.2	24.7	25.7	25.9	25.1	24.0	21.9
4	Chemie	30.5	32.0	32.0	32.6	33.9	34.4	33.6	31.3	30.9	31.5
5	Glas	6.8	4.5	4.1	4.1	4.2	4.1	3.9	3.7	3.5	3.2
6	Keramik	4.0	4.4	4.1	4.3	4.5	4.6	4.6	4.3	4.2	3.9
7	Zement	18.2	12.5	12.4	12.9	13.1	12.1	11.9	11.9	11.7	11.5
8	NE-Mineralien	2.2	3.3	3.8	3.9	3.8	3.7	3.6	3.6	3.5	3.4
9	Metalle	9.2	10.0	10.9	11.0	11.3	11.5	11.3	11.2	10.4	9.9
10	NE-Metalle	6.0	5.1	6.0	6.1	6.5	6.7	6.5	6.3	6.1	5.7
11	Metallerzeugnisse	5.1	6.4	6.3	6.6	7.0	7.2	7.0	6.6	6.3	6.0
12	Maschinenbau	10.0	12.3	11.7	12.0	12.5	12.8	12.5	12.0	11.7	11.4
13	Elektrotechnik	8.2	11.2	10.8	10.9	10.9	10.8	10.1	9.4	8.9	8.5
14	Energie	2.1	2.4	2.4	2.4	2.5	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5
15	Bau	7.0	7.2	7.7	7.8	8.0	8.1	7.9	7.7	7.4	7.3
16	Übrige	14.5	18.9	19.2	19.4	20.0	20.2	20.3	18.8	17.9	17.5
	Summe	162.1	175.1	175.2	179.0	183.6	184.4	181.2	171.8	165.8	160.7

**Tab. 7-10: Aufteilung des Elektrizitätsverbrauchs nach Verwendungszwecken in Szenario III-Trend (PJ)**

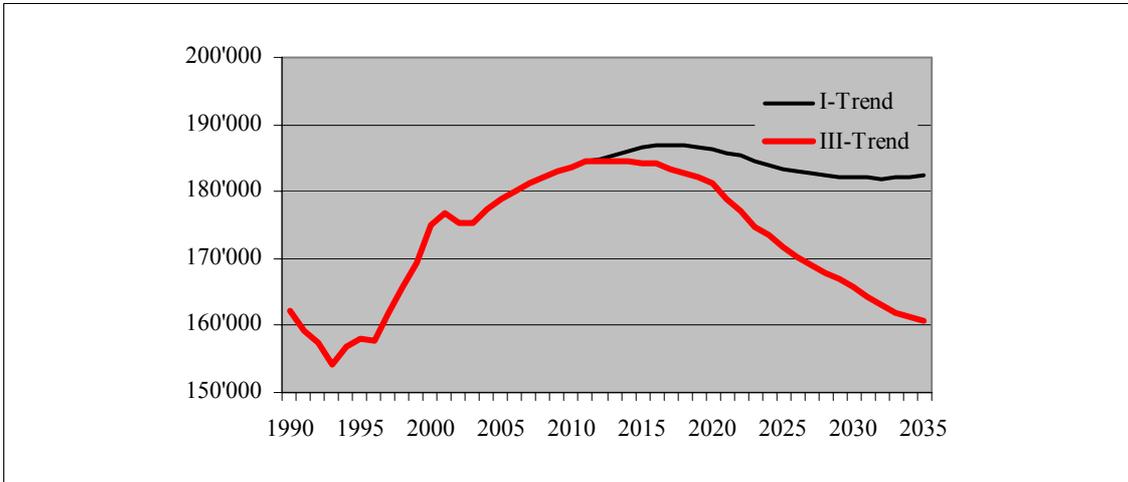
	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Heizung	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2
Mech. Prozesse	32.8	36.3	35.9	36.8	38.8	39.5	40.2	39.2	38.4	38.4
Wärmeprozesse	21.2	21.1	22.3	22.6	23.7	24.4	24.4	23.9	23.5	23.1
Licht, EDV	6.5	6.3	6.2	6.4	6.7	6.9	6.9	6.7	6.5	6.3
Fahrzeuge, stat. Motoren	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
WKK	-1.5	-2.6	-2.6	-2.7	-2.9	-3.1	-3.2	-3.3	-3.3	-3.4
Summe*	62.2	65.2	65.9	67.3	70.7	72.4	73.0	71.2	69.6	69.1

\* Die Elektrizitätsproduktion der WKK-Anlagen ist in der Summe nicht berücksichtigt.

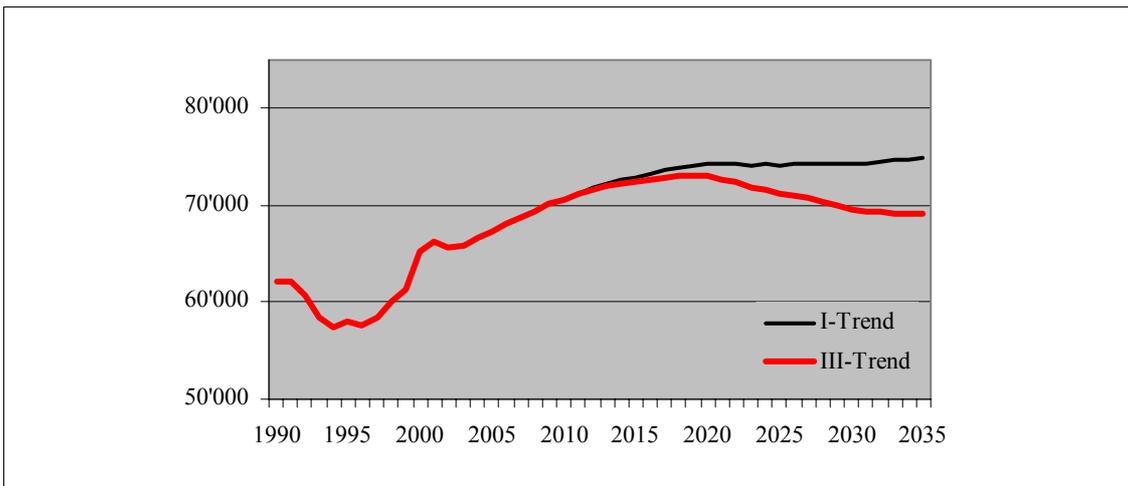
**Tab. 7-11: Aufteilung des Brennstoffverbrauchs nach Verwendungszwecken in Szenario III-Trend (PJ)**

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Heizung	32.9	29.3	28.0	27.9	27.8	27.3	26.0	24.3	23.0	21.9
Mech. Prozesse	1.5	1.9	1.8	1.9	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6
Wärmeprozesse	60.8	71.3	72.7	74.7	75.6	74.8	72.3	66.5	63.4	59.7
Licht, EDV	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fahrzeuge, stat. Motoren	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
WKK	4.7	7.4	6.9	7.1	7.6	7.9	8.1	8.0	8.1	8.3
Summe	99.9	109.9	109.3	111.6	113.0	112.0	108.2	100.6	96.2	91.6

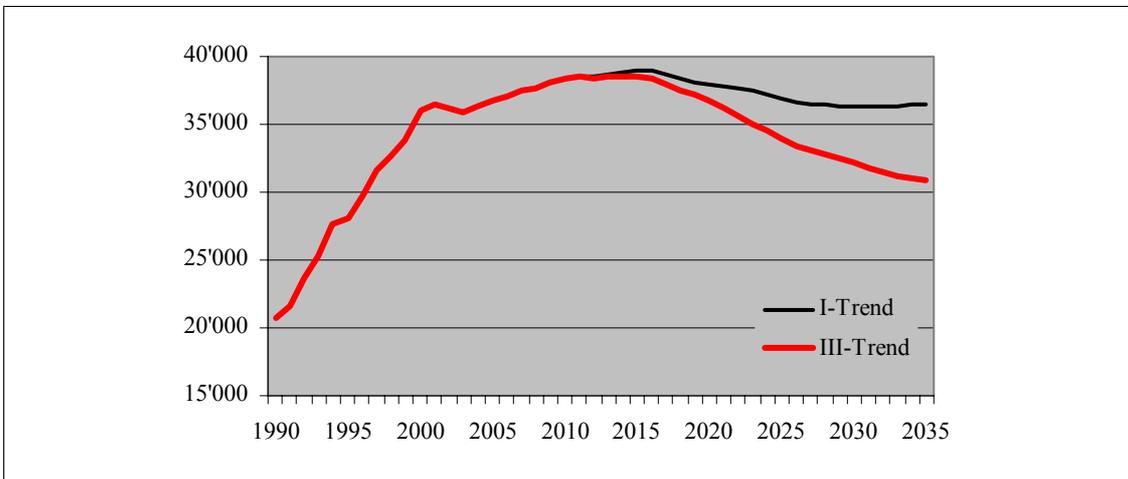
**Abb. 7-12: Endenergieverbrauch in Szenario III-Trend (TJ)**

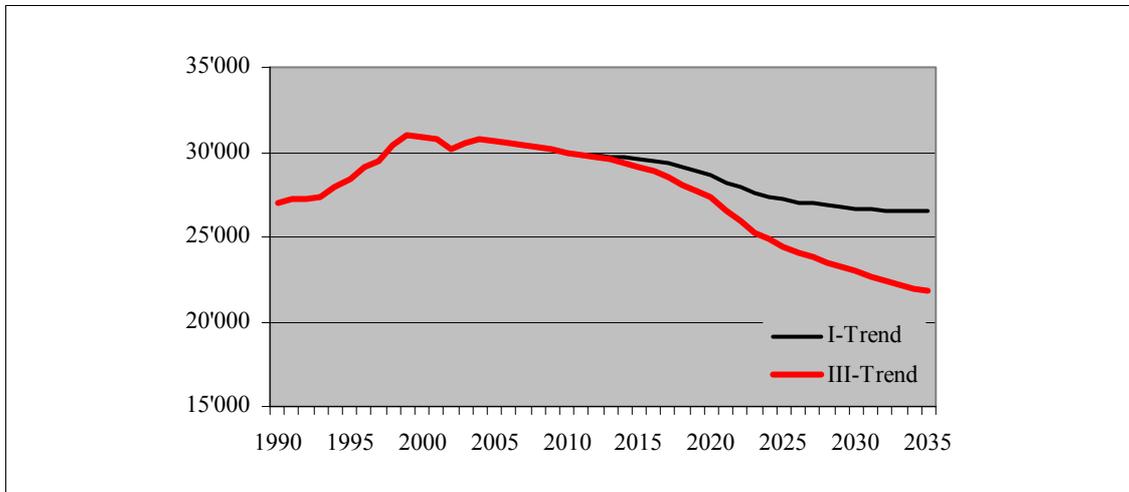


**Abb. 7-13: Elektrizitätsverbrauch in Szenario III-Trend (TJ)**



**Abb. 7-14: Gasverbrauch in Szenario III-Trend (TJ)**



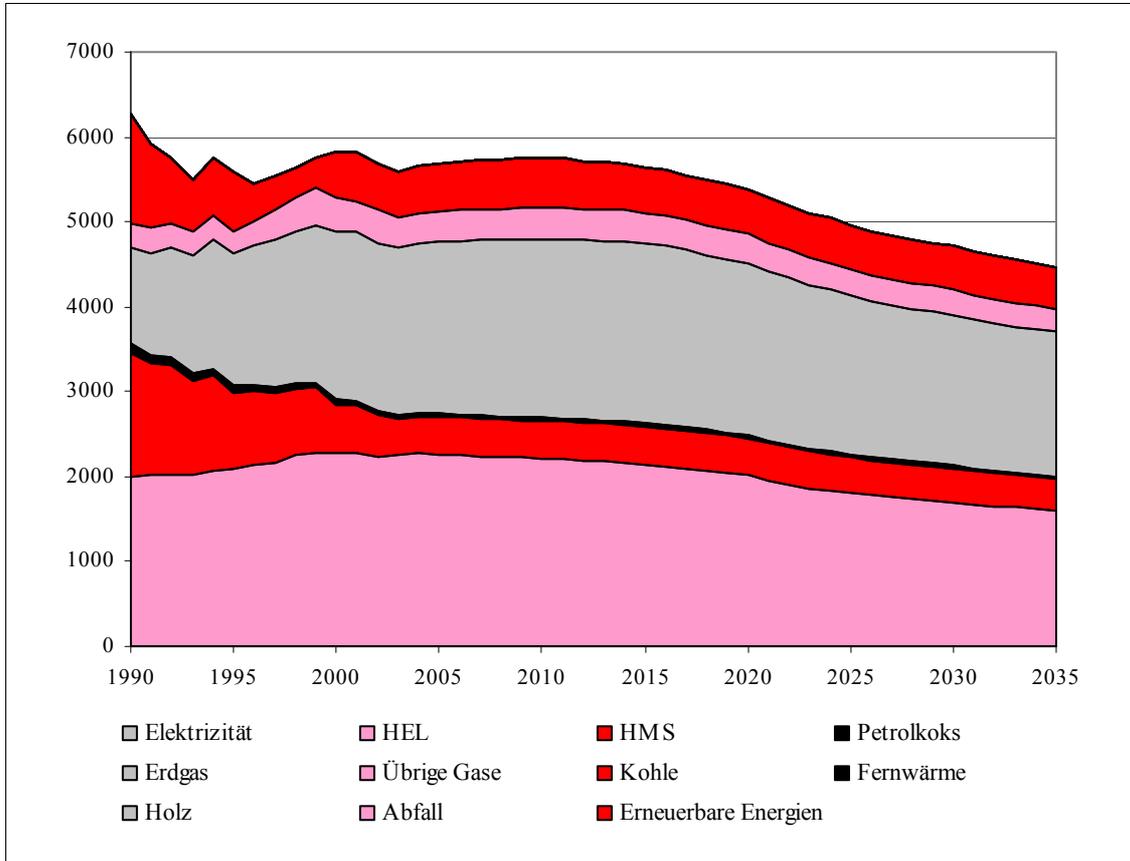
**Abb. 7-15: Verbrauch von Heizöl extra leicht in Szenario III-Trend (TJ)**

### 7.2.1.2 Emissionen

Deutlich grösser als bei der Energie ist die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich 2035 zu 1990. Gegenüber dem Wert für 1990 haben sich Emissionen um rund 29 % vermindert. Die Details zeigen die Abbildung 7-16 und die Tabelle 7-17. Bezogen auf die Wertschöpfung sind die CO<sub>2</sub>-Reduktionen noch beeindruckender; im Zeitraum 1990 bis 2035 reduzieren sich die spezifischen Emissionen um rund 46 Prozent, d.h. von rund 60 g je Wertschöpfungsfranken auf rund 33 g (vgl. Abbildung 7-18). Abbildung 7-19 zeigt den Vergleich mit Szenario I-Trend. Im Jahr 2035 liegen diese um rund 830'000 Tonnen tiefer. Es ist zu betonen, dass dieses "gute" CO<sub>2</sub>-Resultat für die Industrie nur auf *Endverbrauchsstufe* gilt. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die aus der Bereitstellung der Energie entstehen, sind darin nicht enthalten, insbesondere etwaige Emissionen aus der Elektrizitätserzeugung.

Abbildung 7-20 und Tabelle 7-21 zeigen schliesslich die Details zu den Stickoxid- und zu den Partikelemissionen.

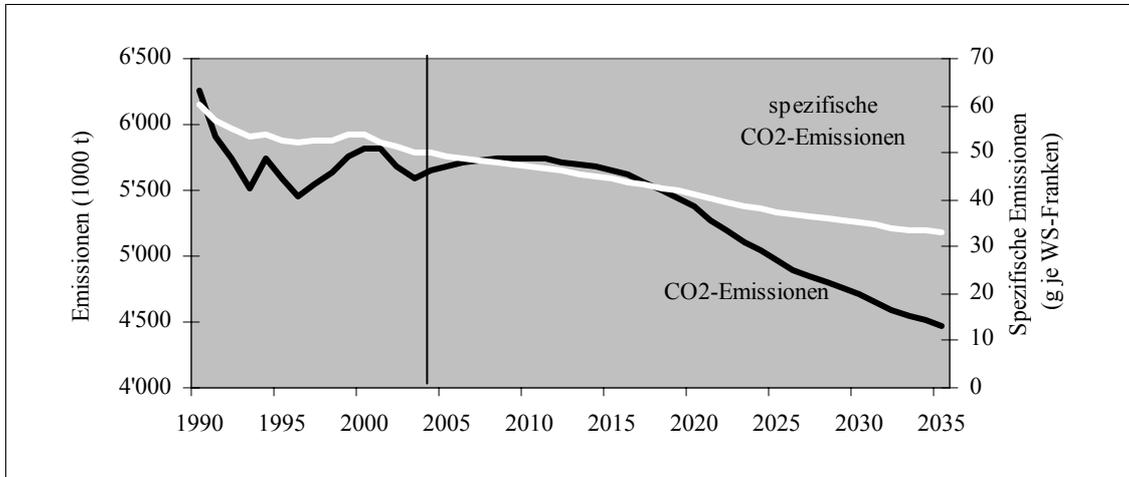
**Abb. 7-16: CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern in Szenario III-Trend (in 1000 Tonnen)**



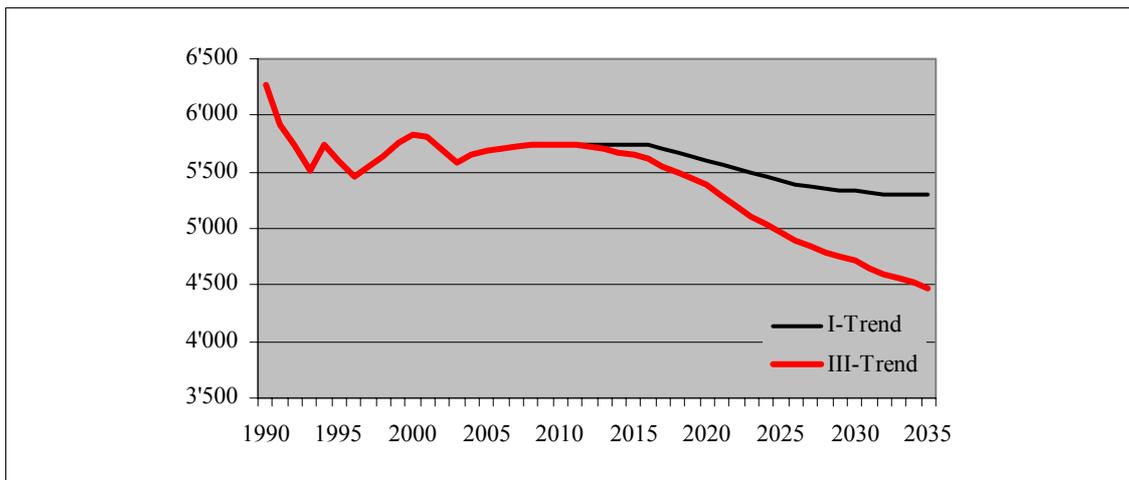
**Tab. 7-17: CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (in 1000 Tonnen)**

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'276	2'249	2'261	2'210	2'147	2'013	1'803	1'693	1'604
HMS	1'459	578	434	440	442	441	439	423	404	368
Petrolkoks	119	50	38	39	39	39	37	36	35	34
Erdgas	1'136	1'983	1'974	2'026	2'109	2'119	2'026	1'868	1'774	1'695
Übrige Gase	268	389	347	360	369	363	342	317	299	276
Kohle	1'288	547	545	563	574	540	525	518	507	497
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Summe</b>	<b>6'263</b>	<b>5'823</b>	<b>5'587</b>	<b>5'688</b>	<b>5'744</b>	<b>5'649</b>	<b>5'382</b>	<b>4'966</b>	<b>4'710</b>	<b>4'474</b>

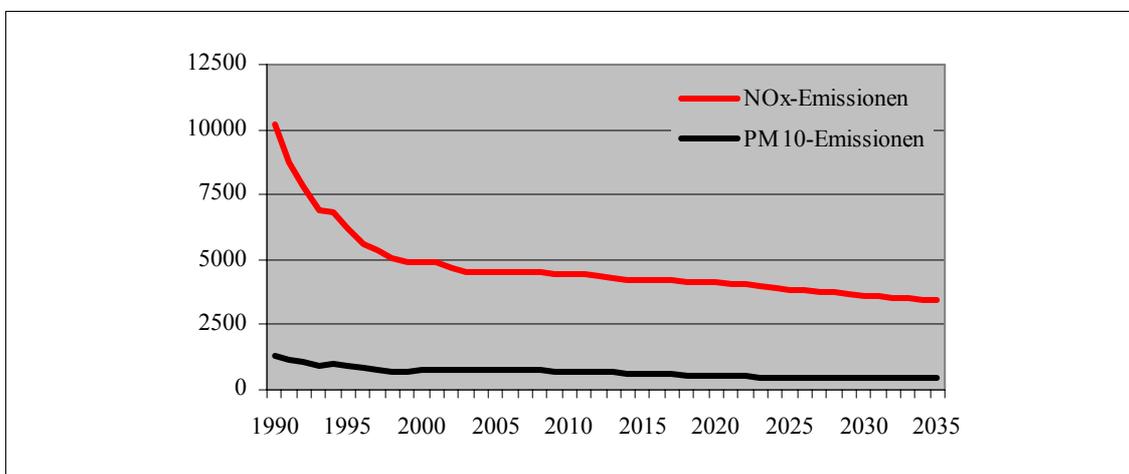
**Abb. 7-18: CO<sub>2</sub>-Emissionen und spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen (man beachte die unterschiedliche Skalierung der Ordinaten)**



**Abb. 7-19: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Szenario III-Trend (in 1000 Tonnen)**



**Abb. 7-20: NO<sub>x</sub>- und PM<sub>10</sub>-Emissionen in Szenario III-Trend (in Tonnen)**



**Tab. 7-21: NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen in Szenario III-Trend (Tonnen)**

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	10'181	4'937	4'548	4'509	4'441	4'203	4'162	3'863	3'641	3'416
Erneuerbare Energien	1'338	762	750	765	729	659	543	520	500	477

### 7.2.1.3 Kosten

Szenario III modelliert in Bezug auf den Energieverbrauch eine konsequente "Best-practice-Strategie". Dabei wird unterstellt, dass die einzelnen Unternehmen nur wirtschaftliche Massnahmen ergreifen (müssen), dass also bezüglich der für dieses Szenario indikativ angenommen Energiepreise nur Massnahmen getroffen werden, die sich im üblichen betriebswirtschaftlichen Kalkül "rechnen". Um diesen Szenario-Ansatz 1:1 modellieren zu können, bräuchte man aber relativ detaillierte Vorstellungen darüber, was die einzelnen Best-Practice-Technologien tatsächlich kosten werden. Da schon ihre energetische Positionierung mit grossen Unsicherheiten behaftet ist, wäre der Versuch, sie auch von der Kostenseite her zu definieren, mit noch viel grösseren Unsicherheiten behaftet.

Das Vorgehen war deshalb wie folgt: Man überlegt sich, was technisch – im Sinne einer Trendfortschreibung – einigermaßen realistisch scheint, nimmt an, dass diese technische Möglichkeiten im Rahmen der üblichen Investitionszyklen auch realisiert werden und schätzt *im Nachhinein* ein dazu passendes Energiepreisniveau ab. "Passend" meint: Die Energiepreise müssten etwa das damit angesprochene Niveau erreichen, damit tatsächlich die Best-Practice-Technologien eingesetzt werden. Damit ist gewissermaßen definitionsgemäss "garantiert", dass nur wirtschaftliche Massnahmen getroffen bzw. Technologien eingesetzt werden.

Eher im Sinne einer Konsistenzprüfung als im Sinne einer Zusatzinformation kann man sich daher fragen, mit welchen Investitionen und mit welchen (Netto-)kosten für den konsequenten Einsatz von Best-Practice-Technologien im Vergleich zu einer Referenzentwicklung zu rechnen ist. Auf Vorschlag des CEPE wurde hierfür der Ansatz der "anlegbaren Kosten" verwendet, "eine Methode, um ohne detaillierte Kosten-Daten eine Aussage zu Mehrkosten von Effizienzverbesserungen zu machen".<sup>25</sup>

Die Grundidee der Quantifizierung liegt im Vergleich mit einem Referenzszenario, das wirtschaftlich gesehen als in sich stimmig betrachtet wird. Im vorliegenden Fall ist dies die Trendvariante des Szenario I. Formelmässig lässt sich dies (weitgehend in der Notation des CEPE) wie folgt darstellen:

<sup>25</sup> vgl. das (zur Zeit noch interne) Papier des CEPE vom 10. September 2006

Sei  $E(r, t)$  die Energienachfrage im Jahre  $t$  im Referenzszenario  $r$ ,  $E(n, t)$  die Energienachfrage im Jahre  $t$  im Szenario  $n$  mit verstärkten Massnahmen für eine rationellere Energienutzung. Dann gilt für  $t > t_0$

$$E(n, t) < E(r, t).$$

Dabei meint  $t_0$  das erste Jahr mit den verstärkten Massnahmen (in Szenario III also das Jahr 2011). Dann ist

$$\Delta E(x, t) = E(x, t) - E(x, t-1)$$

die Veränderung der Energienachfrage im Jahre  $t$  gegenüber dem Vorjahr  $t-1$  im Szenario  $x$ . Damit ergibt sich als *zusätzliche* Energieeinsparung im Szenario  $n$  relativ zum Referenzszenario  $r$

$$\Delta E(n, r, t) = -(\Delta E(n, t) - \Delta E(r, t)).$$

Im Allgemeinen ist zu erwarten, dass diese Differenz für  $t > t_0$  positiv ist

$$\Delta E(n, r, t) > 0,$$

indem in einem Szenario mit verstärkten Sparanstrengungen, diese in jedem Jahr nach dem Start des verstärkten "Sparregimes" relativ mehr Wirkung zeigen sollten als die bereits im Referenzszenario unterstellten Sparanstrengungen. In sämtlichen für die Industrie gerechneten Szenarien trifft dies tatsächlich zu.

Sei weiter  $I(r, t)$  die Investitionen im Jahre  $t$  für Effizienzverbesserungen im Referenzszenario  $r$ ,  $I(n, t)$  jene im Szenario  $n$  mit verstärkten Massnahmen. Dann sind

$$\Delta I(n, r, t) = I(n, t) - I(r, t)$$

die *zusätzlichen* Investitionen im Szenario  $n$  relativ zum Referenzszenario  $r$  im Jahre  $t$ , um die *zusätzlichen* Energieeinsparungen  $\Delta E(n, r, t)$  für die Jahre  $t > t_0$  zu erreichen.

Die Annahme ist nun nicht unplausibel, die zusätzlichen Energieeinsparungen  $\Delta E(n, r, t)$  und die zusätzlichen Investitionen  $\Delta I(n, r, t)$  *auf Jahresbasis* multiplikativ zu verbinden (mit einer noch zu bestimmenden Funktion  $f$ ):

$$\Delta I(n, r, t) = f(n, r, t) \cdot \Delta E(n, r, t).$$

Für ein einzelnes Jahr mag diese Gleichsetzung durchaus mit grösseren Fehlern behaftet sein, bei einem viele Jahre andauernden Sparprogramm (was für Szenario III ja der

Fall ist), bei relativ stabilen Energiepreisen und bei einer Mittlung über mehrere Jahre hinweg liefert sie aber durchaus brauchbare Resultate.

Auf Eberhard Jochem und Harald Bradke (1996) geht nun die Idee zurück, für die Funktion  $f$  den folgenden Ansatz zu wählen:

$$f(n, r, t) = P(n, t) \cdot R(n, t)$$

wobei  $P(n, t)$  den (gewichteten) Energiepreis meint und  $R(n, t)$  eine durchschnittliche "Refinanzierungszeit", die statische "Pay-Back-Zeit".

Damit ist es grundsätzlich möglich, den bottom-up-mässig ermittelten  $\Delta E(n, r, t)$  ein jährliches Investitionsbetreffnis zuzuordnen. Allerdings muss dabei beachtet werden, dass sich die  $\Delta I(n, r, t)$  als *inkrementelle* Zusatzinvestitionen verstehen. Das bedeutet, dass nach Ablauf der (technischen) Lebensdauer einer mit Investitionen verbundenen Massnahme im Prinzip die gleiche Investition wieder getätigt werden muss, um zu verhindern, dass man auf den Referenzpfad zurückfällt. Mit andern Worten: Wir gehen davon aus, dass es in einer *Differenzbetrachtung* keine "ewig" wirkenden Massnahmen gibt. Dabei wird im Übrigen auch vorausgesetzt, dass jede Massnahme mit Investitionen verbunden ist.

In den Kostenrechnungen für die Szenarien III (und auch IV) haben wir im Elektrizitätsbereich energiegewichtet eine durchschnittliche Lebensdauer von 12 Jahren und im Wärmebereich<sup>26</sup> eine solche von 15 Jahren angenommen. Abbildung 7-22 für den Wärmemebereich die angenommene Verteilung der Lebensdauern<sup>27</sup>. Massnahmen mit kleinen Lebensdauern kreisen in der Regel um Reinigungs- und Betriebsoptimierungsarbeiten, Massnahmen mit grösseren Lebensdauern bedeuten eher Ersatzmassnahmen.

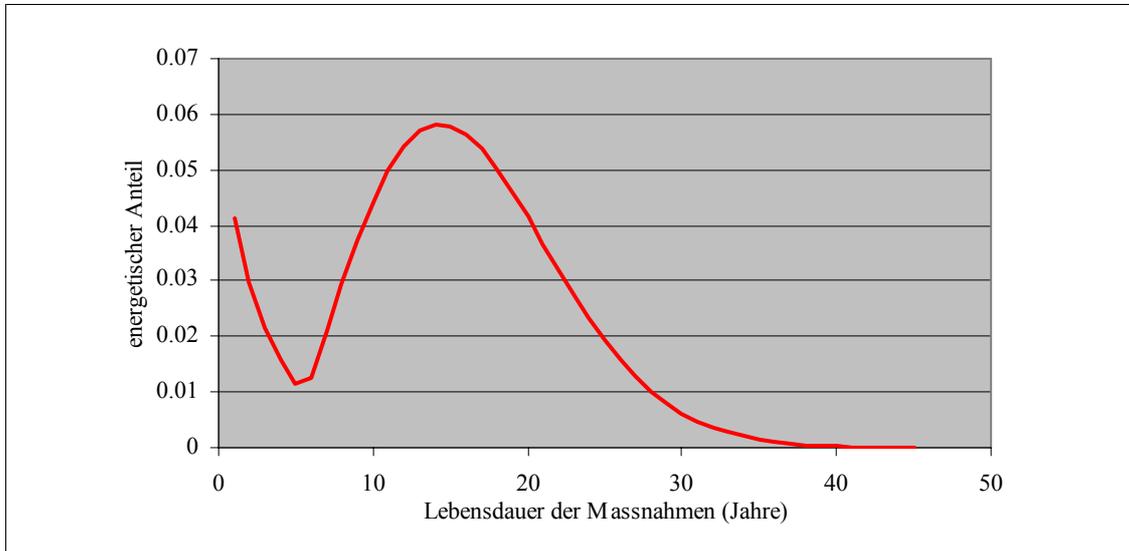
Anders als im zitierten Papier von CEPE, indem keine Reinvestitionen berücksichtigt werden, wird für die Industrie im Durchschnitt nach 12 bzw. 15 Jahren eine Reinvestition angenommen. Dabei wird für jeden Zyklus das Investitionsbetreffnis im Vergleich zum Vorgänger um 10 Prozent erhöht. Dies soll die gegenüber der Vorgängerinvestition relativ grössere Sparanstrengung abbilden. Von der reinen Wirtschaftlichkeit her gesehen, macht dies die Massnahme aber nicht unattraktiver, da im gleichen Zeitraum die Energiepreise um etwa denselben Betrag zunehmen.

---

26 "Wärmebereich" meint den Verbrauch aller Brennstoffe sowie den Verbrauch von Nah- und Fernwärme, ohne den Verbrauch von Erneuerbaren Energien, die hier als Sparmassnahme fungieren, "Elektrizitätsbereich" meint den gesamten Elektrizitätsverbrauch (inkl. des Verbrauchs der eigenerzeugten Elektrizität).

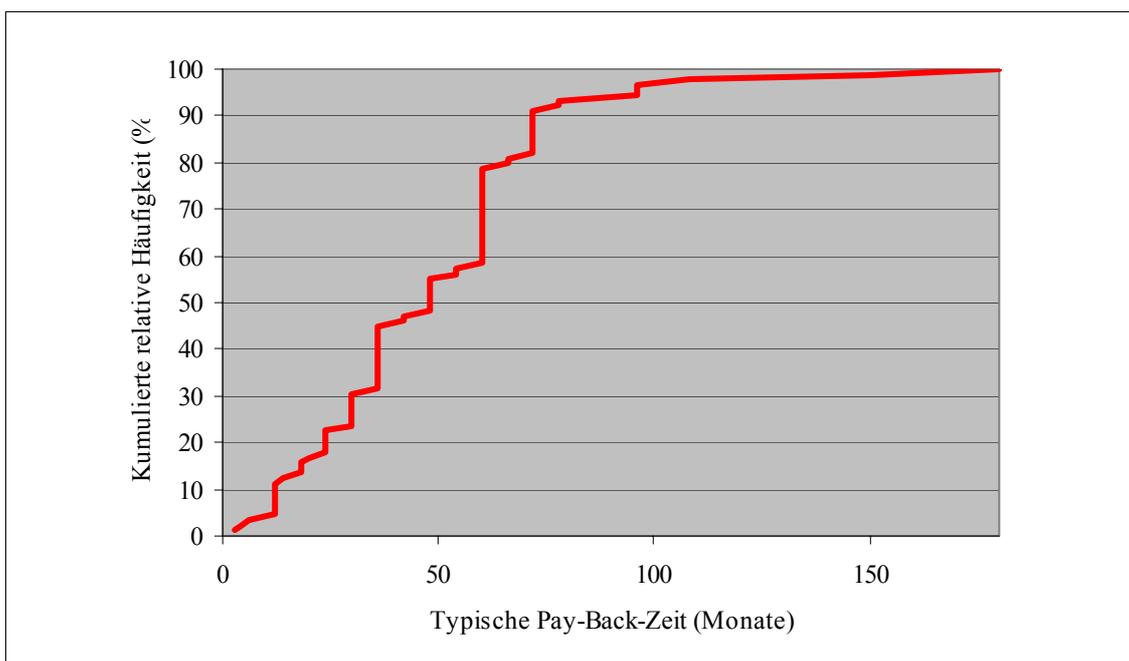
27 Diese Verteilung unterscheidet sich über den Szenariokontext etwas von derjenigen, die für Szenario II angenommen wurde.

**Abb. 7-22: Energiegewichtete Verteilung der Lebensdauern von Energiesparmassnahmen im Wärmebereich (Modellannahme)**



In Bezug auf die Refinanzierungszeit gehen wir für den Elektrizitätsbereich von einem linearen Anwachsen von 4 Jahren (im Jahr 2010) auf 8 Jahre im Jahr 2035 aus. Zur Zeit liegt die typische Refinanzierungszeit (Median) gemäss einer von uns selbst kürzlich durchgeführten Industriebefragung bei recht genau 4 Jahren (bzw. 50 Monaten, vgl. Abbildung 7-23)

**Abb. 7-23: Kumulierte relative Häufigkeiten von Pay-Back-Zeiten in der Industrie (Umfrageresultat; Quelle: Basics 2006a)**



Zur Abschätzung der jährlichen Nettokosten werden die jährlichen Kapitalkosten (zu einem Zinssatz von  $p = 6\%$ ) ermittelt und mit den jährlich eingesparten Energiekosten verrechnet. Etwaige (zusätzliche) Betriebs- oder Transaktionskosten werden also nicht angenommen. Für eine einzelne inkrementelle Investition (also ohne Reinvestition) bedeutet dies für die Nettokosten im Jahr  $t$ , wenn die Investition im Jahr  $t_1$  getätigt wurde:

$$\Delta K(n, r, t_1, t)_{\text{ohne Reinvestition}} = \Delta I(n, r, t_1) \cdot p \cdot \frac{(1+p)^L}{(1+p)^L - 1} - \Delta E(n, r, t_1) \cdot p(n, r, t)$$

wobei  $t_1 \leq t < t_1 + L$  und  $L = \begin{cases} 12 \text{ Jahre im Elektrizitätsbereich} \\ 15 \text{ Jahre im Wärmebereich} \end{cases}$ .

Durch Aufsummierung über alle  $t_1$  sowie Berücksichtigung aller Reinvestitionen erhält man so schliesslich die jährlichen Nettokosten.

Tabelle 7-24 zeigt die Rechenresultate. Man erkennt, dass im Jahr 2035 gesamthaft grössenordnungsmässig 500 Mio Franken als Investition ins Energiesparen nötig sind, um die Verbrauchswerte von Szenario III-Trend im Vergleich zum Szenario I-Trend zu erreichen. Diese Investitionen sind aber wirtschaftlich, indem durchwegs negative Nettokosten resultieren. Dies ist allerdings eine unmittelbare Folge der oben referierten Annahmen, indem unter anderem die unterstellten Pay-Back-Zeiten deutlich kleiner als die effektiv ausgenutzten Lebensdauern der Massnahmen sind ("goldene Enden" der Investitionen). Die Rechnung zeigt darüber hinaus ein in sich stimmiges Bild aller Annahmen: Szenario III ist aus ökonomischer Sicht realisierbar, indem zwar erhebliche Investitionen in den Energiebereich fliessen müssen, diese aber im Vergleich zur industriellen Wertschöpfung (rund 131 Mia Fr. im Jahr 2035<sup>28</sup>) nur einige Promille ausmachen und damit wirtschaftspolitisch irrelevante Grössenordnung erreichen.

Bei der Beurteilung der in nachstehender Tabelle zusammengefassten Grössen ist zu beachten, dass diese nur indikative Grössenordnungen fixieren. Die quantitativen Details sind eher zufällig. Dies hat damit zu tun, dass das Iterieren von Differenzen (wie es z.B. für die Bestimmung der inkrementalen Investitionen nötig war) meist zu "verzackten Ergebnissen" führt (was bei einer Berichterstattung in Fünfjahresschritten nicht so auffällt). Tatsächlich beinhaltet der oben skizzierte Rechengang eine hier nicht dargestellte ökonometrische Glättung, um dieses Phänomen einigermaßen im Griff zu behalten.

<sup>28</sup> Im Gegensatz zu Abschnitt 3.1 wird hier die Wertschöpfung in Franken des Jahres 2003 angegeben, deflationiert mit dem Produktions- und Importpreisindex.

**Tab. 7-24 Energieeinsparungen, Investitionsvolumina, Kapitalkosten sowie weitere Kenngrössen für Szenario III-Trend (Monetäre Angaben in Fr. des Jahres 2003, Deflationierung mit dem Produktions- und Importpreisindex)**

Item	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Energieeinsparung Wärme (TJ)	0	-1'743	-4'256	-9'265	-12'611	-17'330
Energieeinsparung Elektrizität (TJ)	0	-549	-1'284	-2'960	-4'663	-5'763
Wärmepreis (Energieträgermix, Fr. / GJ)	9	18	19	19	21	23
Elektrizitätspreis (Fr. / GJ)	27	43	46	48	49	49
Investitionsvolumen Wärme (Mio Fr.)	0	51	100	141	228	296
Kapitalkosten Wärme (Mio Fr.)	0	16	57	123	212	304
Einsparung Wärme (Mio Fr.)	0	32	81	178	265	398
Nettokosten Wärme (Mio Fr.)	0	-16	-24	-55	-53	-94
Investitionsvolumen Elektrizität (Mio Fr.)	0	35	68	115	162	190
Kapitalkosten Elektrizität (Mio Fr.)	0	13	46	96	157	219
Einsparung Elektrizität (Mio Fr.)	0	24	59	141	230	282
Nettokosten Elektrizität (Mio Fr.)	0	-11	-13	-46	-73	-64

#### 7.2.1.4 Zielerreichung

Ausgangspunkt des Szenarios ist eine gesamtschweizerische Zielvorgabe (vgl. Abschnitt 7.1). Tabelle 7-25 zeigt den Beitrag der Industrie *allein* zu diesen Zielen. Während bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen das Ziel für das Jahr 2035 gut erreicht wird, ist die pro Kopf gemessene Verbrauchsreduktion deutlich zu klein.

**Tab. 7-25 Zielerreichung im Szenario III-Trend**

	Industrieergebnis 2035	Gesamtschweizerische Vorgabe 2035 im Vergleich zu 2000
Energieverbrauch	-12 % pro Kopf	-20 % pro Kopf
CO <sub>2</sub> -Emissionen	-23 %	-20 %

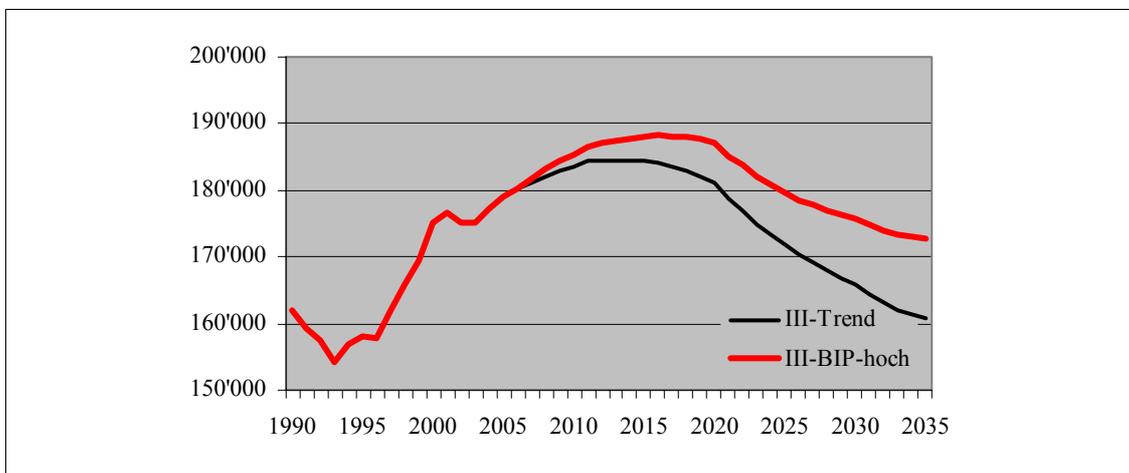
## 7.2.2 BIP hoch

### 7.2.2.1 Energienachfrage

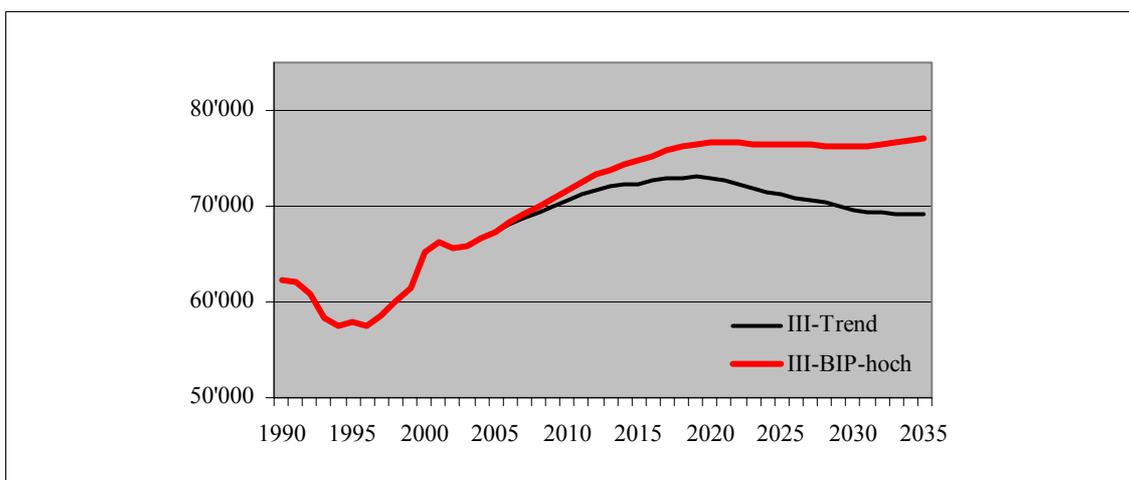
In der Sensitivitätsvariante BIP hoch werden im Jahr 2035 7.5 % bzw. rund 12 PJ mehr Energie verbraucht als in der Trendvariante (vgl. Abbildung 7-26). Das deutlich höhere

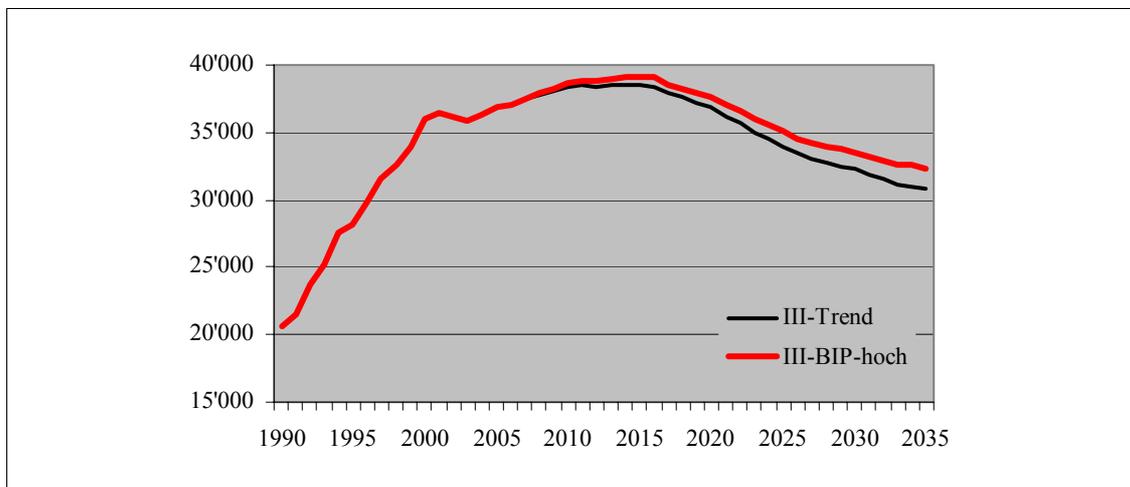
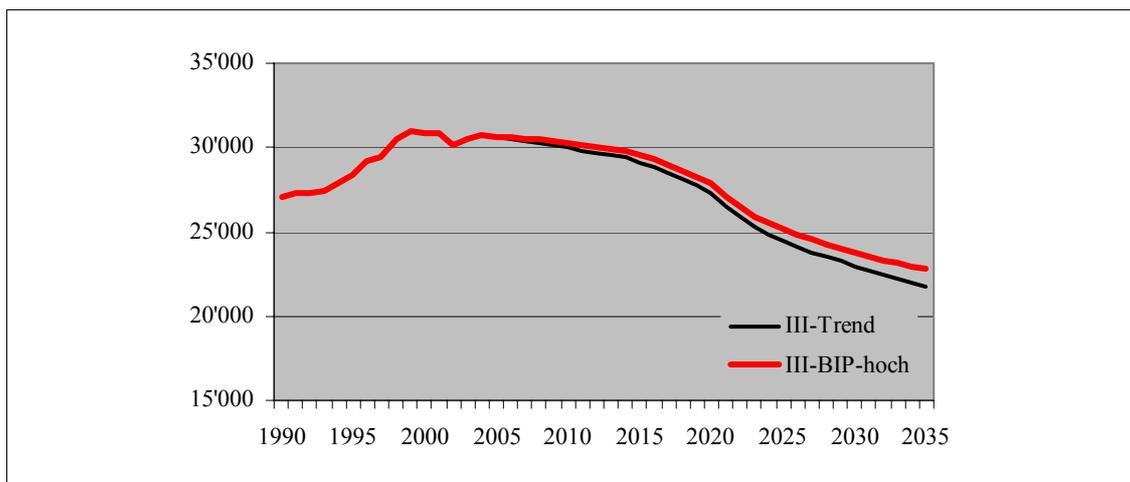
Wirtschaftswachstum hat zur Folge, dass der gesamte Energieverbrauch bis etwa 2020 noch ansteigt, dann aber relativ stark zurückgeht und um 2035 das heutige Niveau wieder erreicht. Aufgrund des erreichten Gradienten gegen Ende des Betrachtungszeitraumes ist eine weitere Abnahme in den folgenden Jahren nicht mehr zu erwarten. Der Elektrizitätsverbrauch (vgl. Abbildung 7-27) steigt zunächst deutlich an, stabilisiert sich dann für rund zehn Jahre auf dem Niveau von etwas über 75 PJ um gegen das Ende des Betrachtungszeitraumes wieder (wachstumsbedingt) zuzunehmen. Die Energieträger Gas und Heizöl extra leicht reagieren eher wenig auf das höhere Wirtschaftswachstum (vgl. die Abbildungen (7-28 und 7-29); der starke Verbrauchsrückgang bleibt erhalten.

**Abb. 7-26: Endenergieverbrauch in Szenario III-BIP-hoch (TJ)**



**Abb. 7-27: Elektrizitätsverbrauch in Szenario III-BIP-hoch (TJ)**

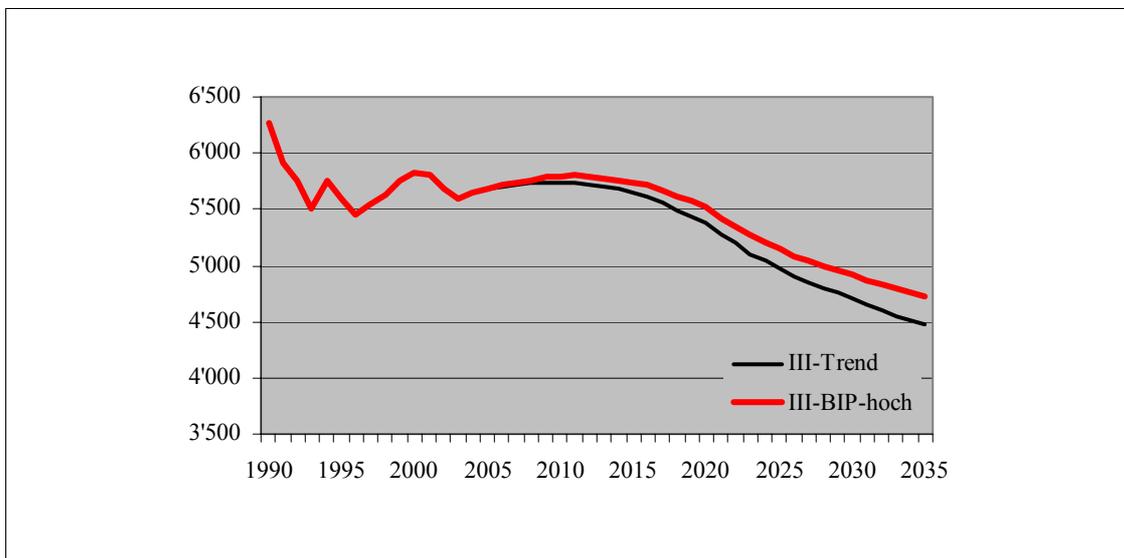


**Abb. 7-28: Gasverbrauch in Szenario III-BIP-hoch (TJ)****Abb. 7-29: Verbrauch von Heizöl extra leicht in Szenario III-BIP-hoch (TJ)**

### 7.2.2.2 Emissionen

Abbildung 7-30 zeigt die im Szenario III-BIP-hoch resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen. Trotz der deutlich grösseren industriellen Wertschöpfung nehmen diese immer noch stark ab – Ausdruck davon, dass die grössere Wertschöpfung "elektrizitätslastig" ist.

**Abb. 7-30: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Szenario III-BIP-hoch (in 1000 Tonnen)**



### 7.2.2.3 Zielerreichung

Ausgangspunkt des Szenarios ist eine gesamtschweizerische Zielvorgabe (vgl. Abschnitt 7.1). Tabelle 7-31 zeigt den Beitrag der Industrie *allein* zu diesen Zielen. Im Gegensatz zur Trendvariante von Szenario III wird das Ziel bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen nun nicht mehr erreicht; es wird allerdings nur knapp verfehlt. Erst recht wird aber das pro Kopf gemessene Verbrauchsziel verpasst.

**Tab. 7-31 Zielerreichung im Szenario III-BIP-hoch**

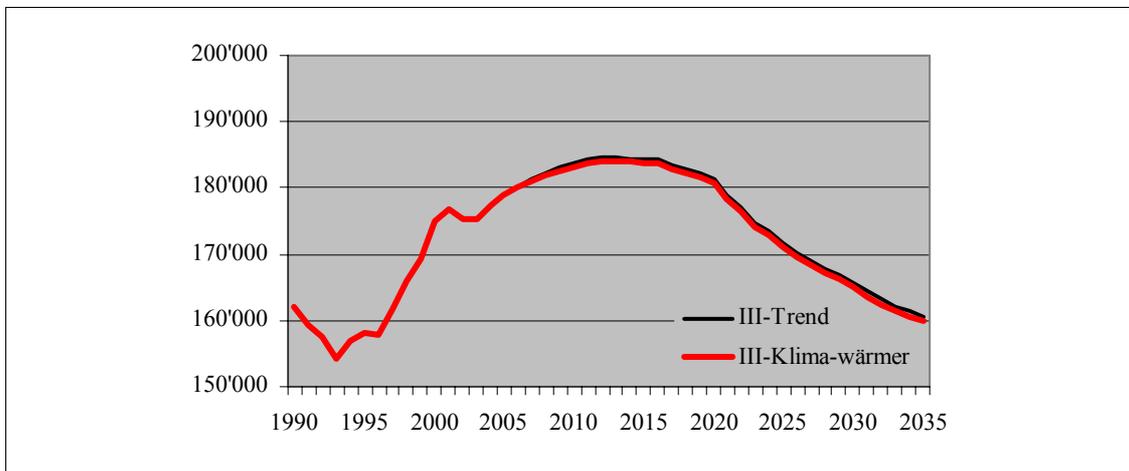
	Industrieergebnis 2035	Gesamtschweizerische Vorgabe 2035 im Vergleich zu 2000
Energieverbrauch	-5 % pro Kopf	-20 % pro Kopf
CO <sub>2</sub> -Emissionen	-19 %	-20 %

## 7.2.3 Klima wärmer

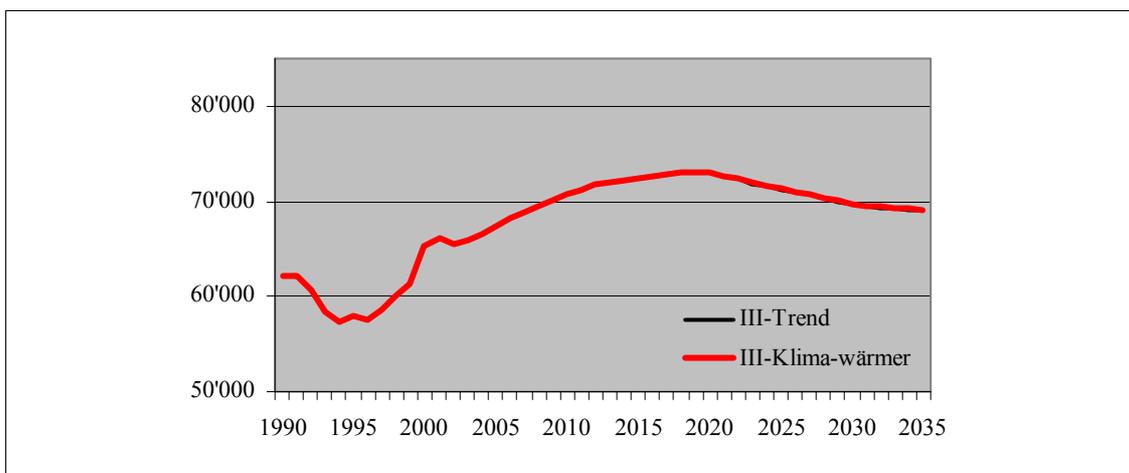
### 7.2.3.1 Energienachfrage

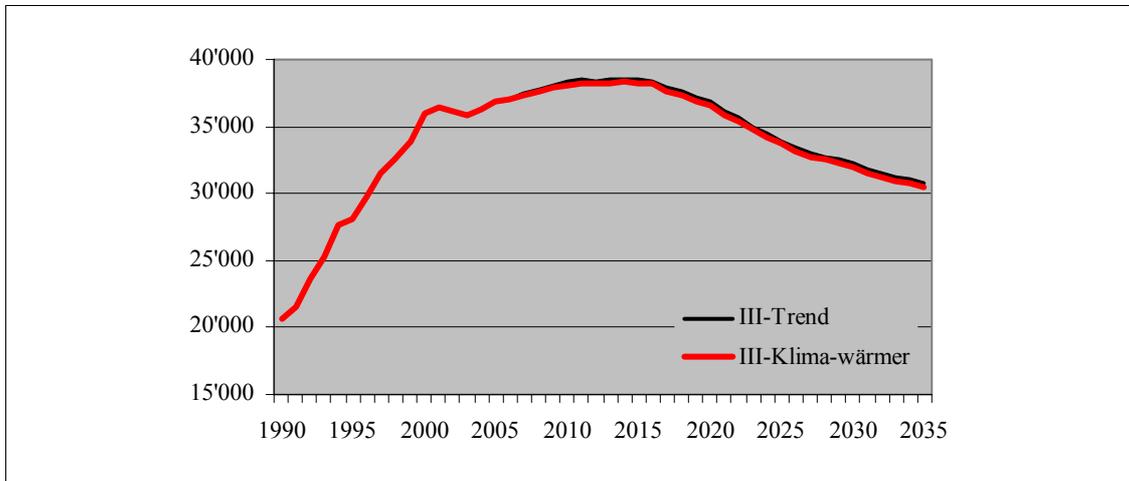
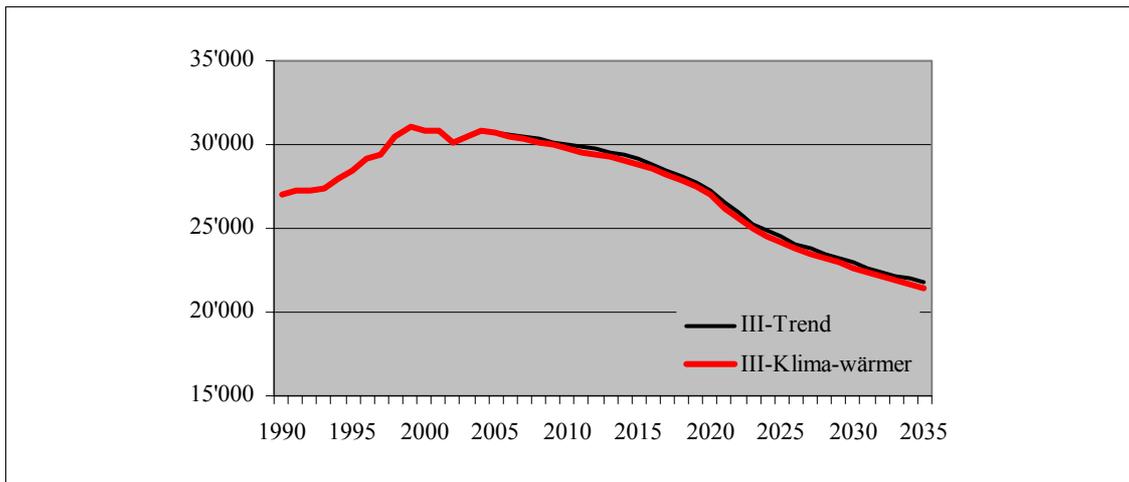
Der Einfluss des wärmeren Klimas in Szenario III ist vernachlässigbar (die gute Haustechnik dämpft den Einfluss des Klimas überproportional). Der Gesamtverbrauch nimmt bloss noch um 0.7 PJ ab (vgl. Abbildung 7-32), der Elektrizitätsverbrauch reagiert netto praktisch gar nicht (vgl. Abbildung 7-33), Gas und Heizöl extra leicht nehmen nur wenig ab (vgl. Abbildungen 7-34 und 7-35).

**Abb. 7-32: Endenergieverbrauch in Szenario III-Klima-wärmer (TJ)**



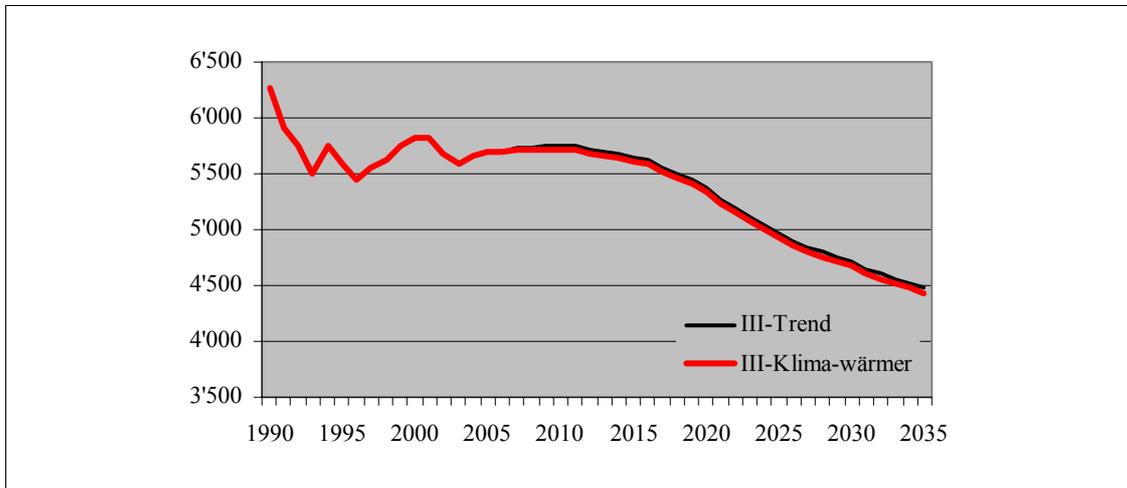
**Abb. 7-33: Elektrizitätsverbrauch in Szenario III-Klima-wärmer (TJ)**



**Abb. 7-34: Gasverbrauch in Szenario III-Klima-wärmer (TJ)****Abb. 7-35: Verbrauch von Heizöl extra leicht in Szenario III-Klima-wärmer (TJ)**

### 7.2.3.2 Emissionen

Passend zu nur kleine Reaktion beim Energieverbrauch nehmen auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen nur unwesentlich ab (um 40'000 Tonnen, vgl. Abbildung 7-36).

**Abb. 7-36: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Szenario III-Klima-wärmer (in 1000 Tonnen)**

### 7.2.3.3 Zielerreichung

Da das wärmere Klima energetisch nur einen vernachlässigbaren Einfluss hat, ändert sich an der Zielerreichung gegenüber dem Fall von Szenario III-Trend nichts.

## 8 Szenario IV: Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft

### 8.1 Politikvariante

#### 8.1.1 Szenariengrundsätze

Das Szenario IV soll aufzeigen, wie allenfalls ein Weg in eine 2000-Watt-Gesellschaft aussehen könnte. 2000 Watt meint damit jenes durchschnittliche Verbrauchsniveau pro Kopf, das unter Berücksichtigung der energetischen Vorleistungen maximal erreicht werden darf. Heute liegt die entsprechende Zahl für den Durchschnittsschweizer rund dreimal höher (für Details zur 2000-Watt-Gesellschaft: Jochem 2004b).

Damit eine 2000-Watt-Gesellschaft einigermaßen realistisch wird, müssen die energiepolitischen Ziele gegenüber Szenario III deutlich verstärkt werden. Gesamtschweizerisch soll im Vergleich zu 2000 der CO<sub>2</sub>-Ausstoss bis 2035 um 35 Prozent reduziert werden, genau so wie der Pro-Kopf-Energieverbrauch. Dieses Ziel wird für die Industrie (wie in Szenario III) aber nicht streng übernommen, sondern bloss im Sinne einer allgemeinen technologisch und produktionsmässig dazu passenden Entwicklung.

Anders als in Szenario III gelten die wirtschaftlichen Rahmenvorgaben (Entwicklung der Bevölkerung, der Produktion, der Zahl der Beschäftigten) nur in Bezug auf die Totale, nicht in Bezug auf die Branchenaufteilung. Dies bedeutet, dass im Rahmen des Modellierungsprozesses z.B. die branchenbezogenen Wertschöpfungen nicht konstant gehalten werden müssen, sondern nur deren Gesamttotal. Damit entsteht "modelltechnisch" die Möglichkeit, die Struktur der Produktion zu ändern – passend zu den energiepolitischen Vorgaben, zu den Voraussetzungen und insbesondere zur angenommenen Technologieentwicklung (s.u.). Dabei wird allerdings darauf geachtet, dass die gesamte Wertschöpfung im Wesentlichen konstant bleibt. Analoges gilt für die Zahl der Beschäftigten, nicht hingegen für die Energiebezugsflächen. Diese werden sowohl nach dem Total wie auch nach der Branchenaufteilung variiert. Gesamthaft ergibt sich so die Möglichkeit, ein in sich stimmiges Szenario zu schaffen, in sich stimmiger als es Szenario III ist.

Die "2000-Watt-Gesellschaft" könnte gegen Ende des einundzwanzigsten Jahrhunderts Wirklichkeit werden. Im Sinne einer (im Wesentlichen linearen) Interpolation bis zum Jahr 2035 ergibt sich daraus für Szenario IV die folgende Zieldefinition:

- Reduktion des Endenergieverbrauchs pro Kopf um 35 %
- Reduktion der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen um 35 %
- Anteil Erneuerbarer Energieträger an der Wärmenachfrage in 2035: 30 %
- Anteil Erneuerbarer Energieträger an der Treibstoffnachfrage in 2035: 10 %
- Anteil neuer Erneuerbarer Energien an der Elektrizitätsnachfrage in 2035: 20 %

Diese Ziele sind deutlich ambitionierter als jene von Szenario III. Wie die Resultate von Szenario III gezeigt haben, sind zwar erhebliche Einsparpotenziale realisierbar, aber letztlich sind sie doch sehr begrenzt, vor allem dann, wenn man voraussetzt, dass keine Einbussen an Komfort, keine Änderungen der Wirtschaftsstruktur, keine Technologie(durch)brüche unterstellt werden. Daher müssen für Szenario IV gegenüber Szenario III auf mehreren Ebenen gleichzeitig deutlich andere Ansätze gewählt werden, um die oben referierten Ziele erreichbar zu machen. Es sind dies:

- Technologische (Weiter)entwicklungen
- Anpassung der Wirtschaftsstruktur bzw. Produktion
- Höhere Lenkungsabgabe

Eine eigentliche Einschränkung des Komforts wird also nicht unterstellt. Dennoch muss hier die *Generalvoraussetzung* für das Szenario IV unmissverständlich klar gemacht werden: Die Klimaerwärmung von allen Staaten als *das* globale Problem akzeptiert. Der ursächliche Zusammenhang mit den Treibhausgasen (vor allem CO<sub>2</sub> und Methan) ist unbestritten. Entsprechend genießen der Klimaschutz, die Verbesserung der Energieeffizienz (für alle Energieträger) und der sparsame Umgang mit Rohstoffen weltweit oberste Priorität.<sup>29</sup>

Weiter werden für alle Staaten verbindliche CO<sub>2</sub>-Ziele festgelegt sowie bei Nichterreichen Sanktionen verhängt. Der Zertifikate-Handel für Treibhausgase wird international institutionalisiert und überwacht. Weltweit werden auf allen Energieträgern hohe Abgaben erhoben.

### 8.1.2 Technologiewelten für Szenario IV

Dieser Abschnitt versteht sich als unvollständiger Exkurs zu jenen Technologien, die im Szenario IV einen besonderen Stellenwert genießen. Unsere Darstellung und vor allem die wichtigsten Annahmen für die Modellierung basieren wesentlich auf dem Kompakt-Delphi, das von Prognos im vergangenen Winter durchgeführt wurde und auf einem in diesem Zusammenhang erfolgten Expertentreffen (Prognos 2006). Darüber hinausgehen weitere Quellen ein, nicht zuletzt auch eine von Basics selbst im Zusammenhang mit der Nanotechnologie durchgeführte Technologiefolgenabschätzung (Baumgartner 2003).

---

<sup>29</sup> Pro memoria: 2005 war seit (mindestens) 1880 weltweit das wärmste Jahr. Seit 1970 steigt die durchschnittliche Oberflächentemperatur mit knapp 0.02 Grad je Jahr an (vgl. die Abbildung 3-26). Fast überall ist es auf der Erde in den letzten 30 Jahren wärmer geworden. Die ausgeprägtesten Temperaturerhöhungen werden aber ausgerechnet im hohen Norden beobachtet, mit möglicherweise dramatischen Folgen für den Golfstrom.  
(Quelle: <http://data.giss.nasa.gov/gistem/2005/>).

Wir greifen die folgenden vier Technologiebereiche heraus, die gemeinhin als Schlüsseltechnologien gelten:

- (1) Biotechnologie (neue Produktionsverfahren)
- (2) Informationstechnologien (Steuerung, Automatisierung, Simulation, KI usw.)
- (3) Mikrosystemtechnik (Integration, Interfaces usw.)
- (4) Nanotechnologie (Oberflächen, Membranen usw.)

Um Missverständnissen vorzubeugen: Diese Technologien sind natürlich keine Exklusivität von Szenario IV. Wir gehen aber davon aus, dass durch die vorausgesetzte Technologieoffensive sich gerade in diesen Bereichen besonders viel tut.

### **Biotechnologie**

Mit biotechnologischen Verfahren können viele chemische Prozesse, die bei hohen Temperaturen und grossem Druck ablaufen, unter Einsatz von geeigneten Organismen (z.B. Pilzen, Bakterien oder Algen, z.T. gentechnisch verändert) bei energetisch weniger aufwändigen Umgebungsbedingungen ablaufen (Biokatalyse), etwa in so genannten Bioreaktoren oder Fermentern. Bei einigen Prozessen sind Einsparpotenziale von 75 bis 95 Prozent möglich. Besonders wichtige (neue) Anwendungen liegen in der Pharmazie. Vor allem in Verbindung mit der Nano(bio)technologie (s.u.) sind – bei entsprechenden Forschungsanstrengungen – erhebliche Fortschritte zu erwarten.

Gegenüber den Annahmen für Szenario III wurden die spezifischen Einsparungen bis 2035 in der Pharmazie um rund 15 Prozent erhöht.

### **Informations- und Kommunikationstechnologie (IuK)**

Diese Technologien erlauben es schon heute, in vielen Produktionsprozessen über ausgefeilte Steuerungsmechanismen z.T. beträchtliche Effizienzsteigerungen zu realisieren. Zunehmend "intelligenter" werdende Steuerungen werden es erlauben, bis an die technologischen Grenzen zu gehen. Die Fortschritte der Informationstechnologie werden auch die Simulationsmöglichkeiten so sehr erhöhen, dass der Entwicklungs- und Optimierungsaufwand bei Neuentwicklungen massiv gesenkt werden kann. Neue Produktionsprozesse werden von Beginn weg energetisch im Rahmen der jeweils angenommenen technischen Möglichkeiten (nahezu) optimal ausgelegt sein.

Auch die Automatisierung/Roboterisierung wird im Produktionsprozess weiter zunehmen (Stichwort: menschenleere Fabrik), aber auch in den Konsumbereich vorstossen (Stichwort: Putzroboter).

Gegenüber den Annahmen zu Szenario III gehen wir von einem deutlich erhöhten Informatik-Einsatz in der Produktion aus. Gesamthaft wird mit einer Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs zwischen 5 und 10 Prozent gegenüber Szenario III bei neuen Anlagen bis 2035 gerechnet.

### **Mikrosystemtechnik**

In der Mikrosystemtechnik weisen die funktionsbestimmenden technischen Strukturen Abmessungen im Mikrometerbereich auf. Die Mikrosystemtechnik kombiniert u.a. Methoden und Strukturen aus den Bereichen der Mikroelektronik, der Mikromechanik, der Mikrofluidik und der Mikrooptik. Damit werden völlig neue Systeme möglich, mit Sensoren, Aktoren und (zumeist) lokaler Intelligenz. Aktuelle Beispiele stellen die Druckköpfe der Bubble-Jet-Printer dar, die Beschleunigungs-Sensoren zur Auslösung von Airbags, die Instrumente der minimal-invasiven Chirurgie oder chemische Sensoren für Überwachungsaufgaben in der Lebensmittelindustrie. Viele moderne bzw. sich in Entwicklung befindliche Displaytechniken basieren auf mikrosystemischen Ansätzen (bis hin zum flexiblen Bildschirm).

Direkte quantitativ bedeutsame energetische Wirkungen dürften in den üblichen Produktionsprozessen aber kaum zu erwarten sein, wohl aber indirekte, indem z.B. billige und qualitativ hoch stehende Displays das Papier als Informationsträger substituieren können.

Gegenüber den Annahmen für Szenario III wird u.a. den Anwendungen in der Display-Technik in einer sich virtualisierenden Gesellschaft grosses Gewicht gegeben – mit den eben angesprochenen Substitutionswirkungen (z.B. Minderproduktion beim Papier um 50 Prozent).

### **Nanotechnologie**

Nach Ansicht vieler ExpertInnen ist die Nanotechnologie die Technologie des 21. Jahrhunderts. Unter Nanotechnologie wird gemeinhin eine Vielzahl von (möglichen) Technologien und (möglichen) Produkten verstanden, deren gemeinsames Charakteristikum in der ausserordentlichen Kleinheit der massgeblichen Grössenverhältnisse besteht. Die Nanotechnologie zielt auf die konstruktive Beherrschung von Grössenordnungen, die den kleinsten (funktionellen) biologischen Strukturen entsprechen, d.h. nur noch Dimensionen von einigen Nanometern aufweisen. Damit will die Nanotechnologie bis an die Grenzen des (deterministisch) Konstruierbaren vorstossen. Dass damit technisch ungeahnte Möglichkeiten erschlossen werden, ist offensichtlich und dass die möglichen Auswirkungen auf fast alle Bereiche unseres Lebens enorm sind, genau so.

Die Nanotechnologie steht heute aber erst am Anfang. Zwar gibt es bereits eine ganze Reihe von realen Produkten und Produktionsverfahren, die mit diesem Begriff in Zusammenhang gebracht werden, aber noch ist deutlich mehr Spekulation als gesicherte Erkenntnis im Spiel, selbst wenn es "nur" um die nächsten 10 oder 20 Jahre der nanotechnologischen Möglichkeiten geht.

Dennoch ist absehbar, dass die Nanotechnologie eine grosse Zukunft haben wird, etwa in der Medizin, aber auch bei Anwendungen im Zusammenhang mit hocheffizienten Membranen, der massgeschneiderten Oberflächenveredelung (Stichwort: Lotuseffekt), der Sensorik und Analytik, aber auch in der Informatik. Hier dürfte sie es erlauben, das Moore'sche "Gesetz", welches eine Verdopplung der Integrationsdichte bei der Chip-Herstellung alle 18 Monate konstatiert, über viele weitere Jahre aufrechtzuerhalten, obwohl die klassische Siliziumtechnologie allmählich an ihre (quantenmechanischen) Grenzen stösst.

Mit den Fortschritten der Nanotechnologie entstehen aber gleichzeitig neue, toxikologisch noch kaum absehbare Risiken, die bereits heute eine leidenschaftliche Debatte ausgelöst haben. Ob die "nanotechnologischen Risiken" wirklich beherrscht werden können, ist zur Zeit ziemlich unklar.

Gegenüber den Annahmen für Szenario III wird davon ausgegangen, dass dieses Risikoproblem so gelöst werden kann, dass eine gedeihliche Entwicklung möglich ist. Im Zeitfenster bis 2035 dürfte die Nanotechnologie in der Industrie energetisch u.a. beim Auftrennen von Fluiden in seine Komponenten (Membrane) eine grössere Rolle spielen, aber auch bei thermischen Isolationsprozessen und Oberflächenbeschichtungen (etwa schmutzabweisende Oberflächen in Wärmetauschern). Bei "passenden" Prozessen rechnen wir bis 2035 mit bis zu 20 Prozent Verbesserungen für neue Anlagen.

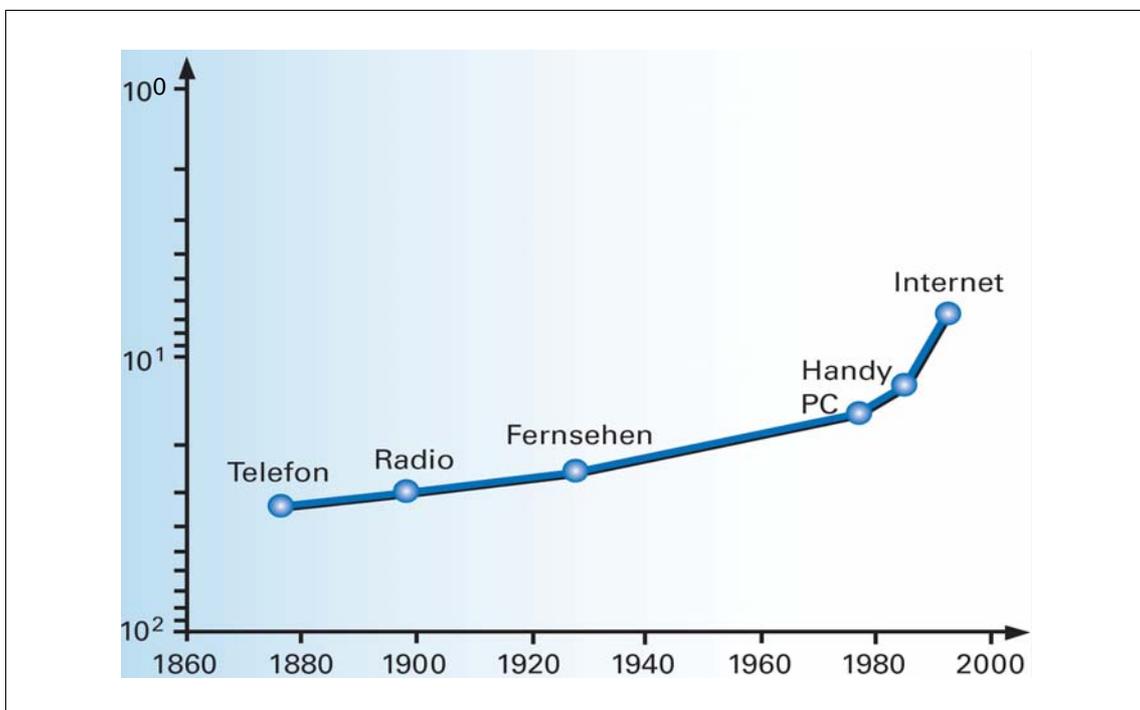
### **8.1.3 Veränderungen in den sozioökonomischen Rahmenbedingungen**

Die Durchdringung aller Lebens- und Arbeitsbereiche mit IuK-Technologien verändert auch das Verhältnis zwischen Leben und Arbeiten: Arbeitsplätze werden immer weniger an einen konkreten Standort gebunden sein, die Arbeitszeiten werden sich immer weniger an fixen Schemata orientieren; kurz: eine klare Trennlinie zwischen Leben und Arbeiten wird immer schwieriger aufrecht zu erhalten sein – auch in der Industrie.

Mehr noch: Die schon heute zu beobachtende Tendenz zur Virtualisierung der Gesellschaft wird unter dem Gesichtspunkt der Ressourcenschonung speziell gefördert und damit noch stärker durchschlagen. So wird – als plakatives Beispiel verstanden – die elektronische Online-Zeitung die traditionelle Papierzeitung praktisch vollständig ersetzen. Dass dies mit erheblichen Folgen nicht nur für die Papier- und Druckindustrie verbunden ist, liegt auf der Hand.

Die Denkfigur ist klar: Je virtueller eine Gesellschaft funktioniert, desto weniger Energie benötigt sie<sup>30</sup>. Dass die Virtualisierung der Gesellschaft tatsächlich ein langfristiger und sich immer mehr beschleunigender Prozess darstellt, macht Abbildung 8-1 deutlich. So zeigt sich, dass die Massenanwendung von Erfindungen im Telekommunikationsbereich ab dem Zeitpunkt der Erfindung immer weniger Zeit benötigt. Mit andern Worten: Das elektronische Papier könnte (als ein Beispiel unter anderen) sehr viel schneller eine breite Massenanwendung erfahren, als wir dies uns heute vorstellen können.

**Abb. 8-1: Massenanwendungen von Erfindungen (Zahl der Jahre bis zur Anwendung bei 25 Prozent der US-Bevölkerung; Quelle: R. Kurzweil, Spektrum der Wissenschaft, Januar 2006)**



#### 8.1.4 Energiepolitische Instrumente

Wie in Szenario III wird eine Lenkungsabgabe auf sämtlichen Energieträger angenommen, die bei den fossilen Energieträgern zwar nur um rund 10 Prozent höher liegt als in Szenario III, dafür aber den bisher bestehenden relativen Preisvorteil der Elektrizität aufhebt. Die Abgabe wird im Wesentlichen staatsquotenneutral erhoben. Die Ein-

<sup>30</sup> Natürlich gibt es gegenläufige Effekte. Der energetisch zunächst günstige virtuelle Arbeitsplatz könnte ausgerechnet auch zur Folge haben, dass man als Arbeitnehmer physisch noch mobiler werden muss als schon bisher. Man kann ja "überall" arbeiten.

schränkung betrifft die Finanzierung von Transaktionskosten, die mit der Abgabe verknüpft wird (s.u.). Weiter wird angenommen, dass eine international abgestimmte Energieforschung und Technologieentwicklung stattfindet, die speziell die Effizienzpotenziale der neuen Schlüsseltechnologien entwickeln und ihre Umsetzung beschleunigen soll.

Ähnlich wie in Szenario II wird die Zusammenarbeit zwischen den Akteuren Energiewirtschaft, Branchenverbände, Staat etc. gefördert, um Hemmnisse zu überwinden. Insbesondere wird vorausgesetzt, dass Energie- und Umweltaudits für alle Unternehmen obligatorisch werden.

### 8.1.5 Modellierung

Im Kohortenmodell bilden die Best-Practice-Technologien gemäss Szenario III die Ausgangslage für die 143 abgebildeten Produktionsprozesse. Die im Modell unterschiedenen Produktionstechnologien werden durch die erwähnten Schlüsseltechnologien und die konsequente Ausrichtung auf Energieeffizienz weiter verbessert (bis 2035 in der Regel um 5 bis 20 Prozent gegenüber den Bestwerten von Szenario III). Bei den hierfür getroffenen Detail-Annahmen werden die Ergebnisse des Kompakt-Delphis (Prognos (2006)) berücksichtigt. In keinem Fall werden aber Effizienzannahmen getroffen, die über das hinausgehen, was grundsätzlich heute schon im Labor machbar oder absehbar wäre. Absolut neue, heute noch gar nicht einschätzbare Entwicklungen werden ausgeklammert. Für die Haustechnikprozesse (Licht, Raumwärme und Warmwasser, Bürogeräte) werden die Resultate des CEPE übernommen – unter Berücksichtigung des von Branche zu Branche recht unterschiedlichen Energieträger-Mixes.

Ein entscheidender Unterschied zu Szenario III besteht, wie schon erwähnt, darin, dass für Szenario IV die MengenkompONENTEN angepasst wurden. In allen früheren Szenarien wurden diese, von Ausnahmen abgesehen, mit einem fixen, an der Vergangenheit geeichten Algorithmus aus den branchenbezogenen Wertschöpfungsvorgaben von Eco-plan abgeleitet. Jetzt wurden diese MengenkompONENTEN so angepasst, dass sie besser mit dem Gesamtbild des Szenarios verträglich sind. Dabei geht es z.B. darum, dass eine ökonomisch bestimmte Zunahme der Papierproduktion von 1990 bis 2035 um rund 45 Prozent angesichts einer annahmegemäss auf Ressourcenschonung fokussierten Entwicklung keinen Sinn macht (bei tendenziell schrumpfender Bevölkerung!). Es wurden deshalb exogene Korrekturfaktoren geschätzt, die basierend auf den Resultaten des Kompakt-Delphis und zusätzlichen Experteneinschätzungen eine in sich plausible Entwicklung der MengenkompONENTEN darstellen müssten (vgl. Tabelle 8-2).

Die Tabelle zeigt für alle produktionsbezogenen Hochrechnungsfaktoren die angenommenen Veränderungen gegenüber den entsprechenden Werten in der Trendentwicklung des BIP. Die Prozentsätze beziehen sich auf die Situation des Jahres 2035.

Für den Zeitraum 2010 bis 2035 wird eine bei 0 Prozent startende lineare Interpolation "logistisch" überlagert.

**Tab. 8-2: Für 2035 in Szenario IV-Trend gegenüber Szenario I-Trend angenommene prozentuale Abweichungen bei den Hochrechnungsfaktoren (Mengenkomponente) und Bezug zu den betroffenen Thesen im Delphi**

Nr.	Hochrechnungsfaktor	$\Delta$ (%)	Betroffene Delphi-Thesen (Nr.)	Bemerkungen
1	Bier	-10	Senkung vom Energieaufwand durch bio-katalytische Verfahren (3.6), Designer Food (3.11)	Substitution durch "Hightech-Getränke"
1	Schokolade	0		Keine Veränderung
1	Zucker	0		Keine Veränderung
1	Nahrungsmittel Rest	5	Senkung vom Energieaufwand durch bio-katalytische Verfahren (3.6), Designer Food (3.11), Biotech-Verfahren zur Lebensmittelherstellung (3.14)	Functional Food ab 2025, Individualisierung von Lebensmitteln, gegenläufige Energieeffekte
2	Textil	5	Funktionstextilien (1.7) Energiearme Reinigung von Funktionstextilien (1.8)	Hightech-Stoff/Materialien
2	Bekleidung, Schuhe	2	Funktionstextilien (1.7), Energiearme Reinigung von Funktionstextilien (1.8)	Hightech-Stoff/Materialien
3	Zellstoff	-50	Papierloses Büro (2.4)	Sinkt parallel mit Papierproduktion
3	Papier und Karton	-50	Papierloses Büro (2.4)	Elektronisches Papier
3	andere Papierwaren	0		Verpackungsmaterial bleibt
4	Chem. Grundstoffe	10	Senkung vom Energieaufwand durch bio-katalytische Verfahren (3.6), Biotechnologische Verfahren (3.13)	Neue Produkte
4	Pharma	-5	Verfeinerung der Medikamente, Dosierung ohne Verluste möglich (3.15)	Effizientere Pharmazeutika lassen Produktion mengenmässig schrumpfen
4	übrige Chemie	10	Lotuseffekt, Fensterbeschichtung (1.4), Hightech Produktionsverfahren bringt Produktion wieder in CH (3.9), Biotechnologische Verfahren (3.13)	Neue Produkte
4	Chemiefaser	10	Wasser / Energiearme Reinigungs-Verfahren durch Funktionstextilien (1.8)	Neue Produkte

**Tab. 8-2: Für 2035 in Szenario IV-Trend gegenüber Szenario I-Trend angenommene prozentuale Abweichungen bei den Hochrechnungsfaktoren (Mengenkomponente) und Bezug zu den betroffenen Thesen im Delphi**

Nr.	Hochrechnungsfaktor	$\Delta$ (%)	Betroffene Delphi-Thesen (Nr.)	Bemerkungen
5	Glas-Herstellung	0		Keine Veränderung
5	Glas-Verarbeitung	2	Vakuumdämmung (1.6), Automatische Verschattung (1.9), Reaktive Beschichtungen (2.5)	Neue Produkte, Glasfaserleitungen
6	Ziegel, Backsteine	-5		Substitution durch neue/andere Baumaterialien
6	Keramik	2		Neue Keramik-Produkte durch diversifizierte Funktionen
7	Zement	-25		Substitution durch neue/andere Baumaterialien
8	Rest NE-Mineralien	5		Neue Schleif-, Isolier- und Schutzmaterialien
9	Metallbearbeitung	-2		Substitution durch Kunststoffe
9	Stahl	-8	Ersatz von Stahl in Nischenanwendungen bis 2050 (3.5)	Substitution durch neue/andere Materialien
10	Rohaluminium	-30	Entwicklung neuer Leichtbauwerkstoffe (4.6)	Substitution durch Kunststoffe
10	Halbzeuge	-30		Substitution durch Kunststoffe
10	Alufolie	-30		Substitution durch Kunststoffe
11	Metallerzeugnisse	5		Neue Produkte: Nanotechnologie, Oberflächenbeschichtung
12	Maschinen, Fahrzeugbau	0		Keine Veränderung
13	Geräte	5	Papierloses Büro (2.4), Optoelektronische Bauteile (2.6), Neue medizinische Techniken (2.9)	Neue Produkte (Medizinaltechnik), Einfluss von Nanotechnologie und Mikrosystemtechnik
14	Energie, Wasser	10	Biogene Brenn- und Treibstoffe (2.11, 5.1, 5.2), Erzeugung von Wasserstoff (5.3, 5.4, 5.5), Minimikro Gasturbinen (5.8), Brennstoffzellen (5.9, 5.10, 5.11)	Zunahme der Engineeringleistungen, Wasserstoff spielt kaum eine Rolle
15	Bauhauptgewerbe	-20		Bauen wird grundsätzlich weniger materialintensiv

**Tab. 8-2: Für 2035 in Szenario IV-Trend gegenüber Szenario I-Trend angenommene prozentuale Abweichungen bei den Hochrechnungsfaktoren (Mengenkomponente) und Bezug zu den betroffenen Thesen im Delphi**

Nr.	Hochrechnungsfaktor	$\Delta$ (%)	Betroffene Delphi-Thesen (Nr.)	Bemerkungen
15	Rest Bau	-5	Vakuumdämmung (1.6)	Sanierung wird Hightech-orientierter, modularisierte Haus-technik
16	Druck	-50	Papierloses Büro (2.4)	Printprodukte werden durch elektronische Gadgets substituiert, Branche wird zu DL-Branche
16	Kautschuk/Kunststoff	5	Neue Beschichtungsverfahren (3.12)	Neue Produkte
16	Rest	15		Lifestyle, Recycling
16	Holzbearbeitung	-10		Alternative Verwendungen in andern Branchen (Möbel u.a.)

Mittels der erwähnten ökonomischen Zusammenhänge wurde dabei sichergestellt, dass die gesamte Wertschöpfung in etwa konstant bleibt. Die angegebenen Korrekturfaktoren verstehen sich als Saldo: So würde nach unserer Ansicht das Druckgewerbe durch die virtuelle und damit papierärmere Gesellschaft (inkl. Printing on Demand) stärker zurückgehen müssen, aber das Druckgewerbe kann einen Teil durch Hightech-Printing (bis hin zum Chip-Printing) wieder gut machen. Zu betonen ist dabei, dass die Veränderung der Mengenkomponente nicht zwingend mit einer gleichsinnigen Veränderung der Wertschöpfung einhergehen muss, indem etwa die Reduktion des physischen Outputs durch qualitativ hochwertigere Produkte wertschöpfungsmässig mehr als wett gemacht werden kann (etwa nach unsere Annahme in der Druckindustrie). Die resultierenden Hochrechnungsfaktoren für die Produktion sind in Tabelle 8-3 zusammengefasst.

Nebst den Mengenkomponenten werden auch die Energiebezugsflächen branchenspezifisch gegenüber Szenario III angepasst. Während die Produktionsflächen gesamthaft schrumpfen (um ca. 3 Mio m<sup>2</sup>), nehmen die Büroflächen um etwa 1 Mio m<sup>2</sup> zu. Da die benötigten Büroflächen modellmässig mit den Beschäftigten verkoppelt sind (die Produktionsflächen sind mit der Produktion verkoppelt), wir aber die Auswirkungen der Produktionsänderungen auf die Beschäftigtenverteilung nicht verlässlich abschätzen können, sind diese Veränderungen mit gewisse Vorbehalten zu versehen.

**Tab. 8-3: Produktionsorientierte Hochrechnungsfaktoren Szenario IV (1990 bis 2003 Statistik, ab 2004 Fortschreibung passend zur Wertschöpfungs- und Beschäftigten-Entwicklung)**

Nr.	Hochrechnungsfaktor	Dimension	1990	2003	2005	2010	2015	2025	2035
1	Bier	Mio hl	4.17	3.65	3.42	3.11	2.80	2.35	2.00
1	Schokolade	Mio t	0.11	0.14	0.15	0.17	0.18	0.20	0.21
1	Zucker	Mio t	0.14	0.19	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
1	Nahrungsmittel Rest	PI	97.50	89.85	86.70	80.77	76.73	71.50	67.31
2	Textil	PI	103.99	58.43	60.89	65.61	70.26	76.66	80.33
2	Bekleidung, Schuhe	PI	145.24	77.16	78.53	80.77	82.51	83.62	82.24
3	Zellstoff	Mio t	0.12	0.13	0.14	0.14	0.12	0.07	0.05
3	Papier und Karton	Mio t	1.51	1.82	1.93	2.11	1.92	1.47	1.10
3	andere Papierwaren	PI	95.73	84.75	87.13	90.97	93.39	94.80	93.23
4	Chem. Grundstoffe	MI	88.91	135.13	138.40	145.02	154.27	173.27	198.37
4	Pharma	MI	76.17	132.32	135.68	142.47	147.02	155.30	167.31
4	übrige Chemie	MI	87.90	126.30	128.72	133.60	140.99	156.16	175.89
4	Chemiefaser	Mio t	0.12	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06
5	Glas-Herstellung	Mio t	0.27	0.18	0.18	0.19	0.20	0.20	0.20
5	Glas-Verarbeitung	PI	121.67	148.53	150.57	156.74	161.09	164.08	163.10
6	Ziegel, Backsteine	Mio t	1.30	0.72	0.78	0.89	0.96	1.02	1.05
6	Keramik	PI	121.67	148.53	151.46	155.98	159.34	161.89	161.53
7	Zement	Mio t	5.18	3.70	3.82	4.01	3.87	3.44	2.97
8	NE-Mineralien	PI	121.67	148.53	151.46	155.98	160.35	165.00	166.75
9	Metallbearbeitung	PI	116.58	114.80	118.46	124.38	127.54	128.31	124.35
9	Stahl	Mio t	1.13	1.14	1.18	1.24	1.25	1.22	1.15
10	Rohaluminium	Mio t	0.07	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.03
10	Halbzeuge	Mio t	0.18	0.19	0.19	0.20	0.19	0.17	0.14
10	Alufolie	Mio t	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
11	Metallerzeugnisse	PI	103.15	115.65	125.50	141.44	153.11	161.79	157.07
12	Maschinen	PI	96.08	101.50	106.28	114.95	121.58	128.87	131.71
13	Geräte	PI	97.49	103.83	107.63	114.59	121.29	130.15	135.35
14	Energie, Wasser	PI	88.03	109.70	115.31	125.90	137.41	155.93	173.36
15	Bau	Index	114.85	95.61	98.90	104.58	103.50	97.47	90.26
16	Druck	PI	95.25	109.03	119.04	137.93	130.76	108.15	86.37
16	Kautschuk/Kunststoff	PI	107.20	115.98	120.02	127.20	133.95	142.72	147.98
16	Rest	PI	101.49	94.55	99.13	107.66	118.01	134.24	147.13
16	Holzbearbeitung	PI	109.63	107.75	109.45	112.40	111.87	108.77	104.44

PI = Produktionsindex (im Sinne des BFS)

MI = Mengenindex

Die Wärme-Kraft-Kopplung (WKK) weist, wie schon bei Szenario III erwähnt, in der Industrie grundsätzlich ein grosses Potenzial auf. Im Szenario IV ist dieses aber deutlich geringer als in Szenario III (bezogen auf ein ganzes Jahr um rund 26 %). Tabelle 8-

4 zeigt die Potenziale in Form einer nach Quartalen differenzierten (industriellen) Wärmenachfrage bis 300 Grad Celsius bei mindestens 2500 Vollbenutzungsstunden im Jahr 2035.

**Tab. 8-4: Für Wärme-Kraft-Kopplung grundsätzlich geeignete Wärmenachfrage in der Industrie (ohne Raffinerien, nach Quartalen [I, II, III, IV] differenziert, in TJ, Daten für 2035)**

Nr.	Branche	I	II	III	IV
1	Nahrung, Getränke, Tabak	500	456	335	531
2	Bekleidung	194	166	99	196
3	Papier und Karton	346	324	285	333
4	Chemie	559	485	334	540
5	Glas	17	12	1	18
6	Keramik und Ziegel	59	71	60	74
7	Zement	0	0	0	0
8	Übrige NE-Mineralien	128	155	133	154
9	Metalle, Giessereien	34	26	8	35
10	NE-Metalle	16	12	3	17
11	Metallerzeugnisse	193	142	38	201
12	Maschinenbau, Fahrzeugbau	365	250	27	372
13	Geräte	345	239	30	352
14	Energie, Wasser	36	25	3	37
15	Baugewerbe	152	104	11	155
16	Übrige	307	239	90	321
	Total	3'252	2'705	1'457	3'336

Bei der Modellierung der Sensitivitätsvarianten wurde analog zu den andern Szenarien vorgegangen. Für Szenario IV macht die Variante Preise hoch aus den gleichen Gründen keinen Sinn wie in Szenario III.

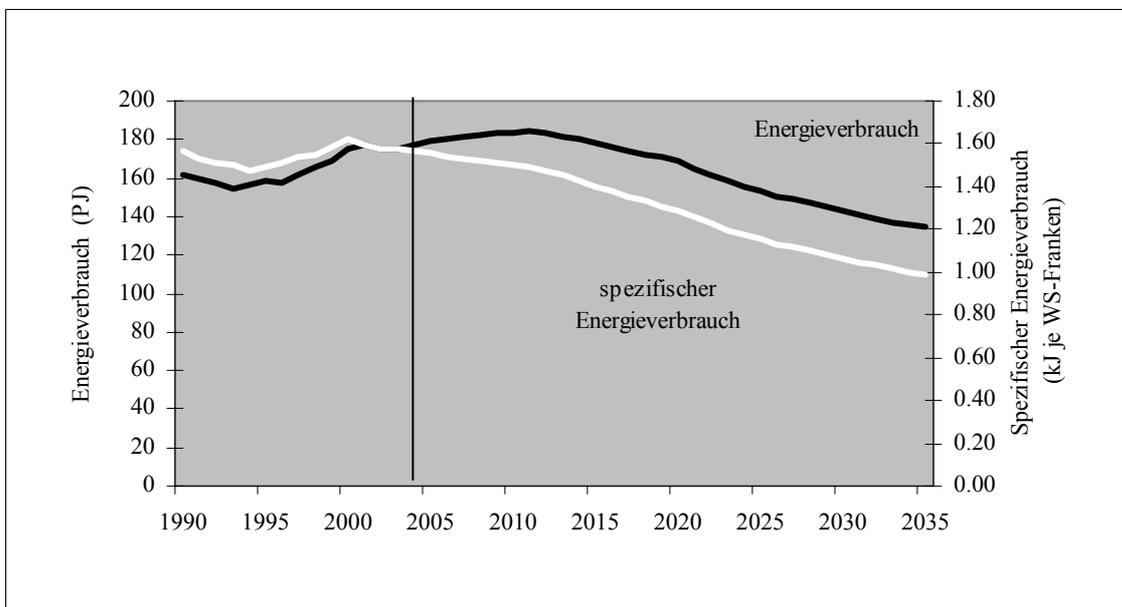
## 8.2 Ergebnisse

### 8.2.1 Trend

#### 8.2.1.1 Energienachfrage

Abbildung 8-5 zeigt den resultierenden Gesamtenergieverbrauch in Szenario IV. Schon kurz nach dem "Start" von Szenario IV beginnt der Energieverbrauch zu sinken. Im Jahr 2035 liegt er um rund 28 PJ tiefer als 1990. Entsprechend reduziert sich der spezifische Energieverbrauch sehr stark, von 1.56 kJ pro Wertschöpfungsfranken auf 0.99 kJ.

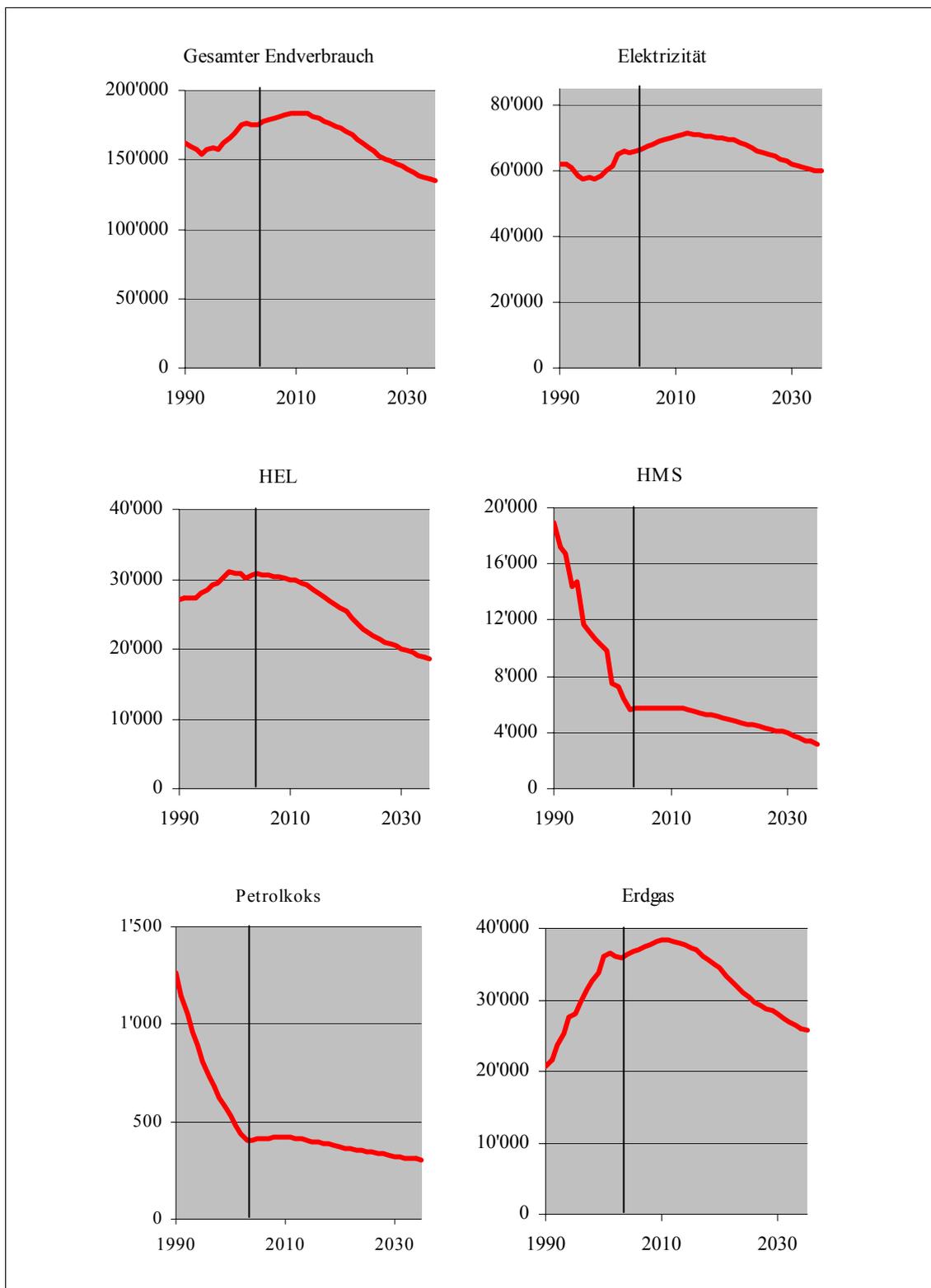
**Abb. 8-5: Energieverbrauch und spezifischer Energieverbrauch (Energieverbrauch bezogen auf die Wertschöpfung)**



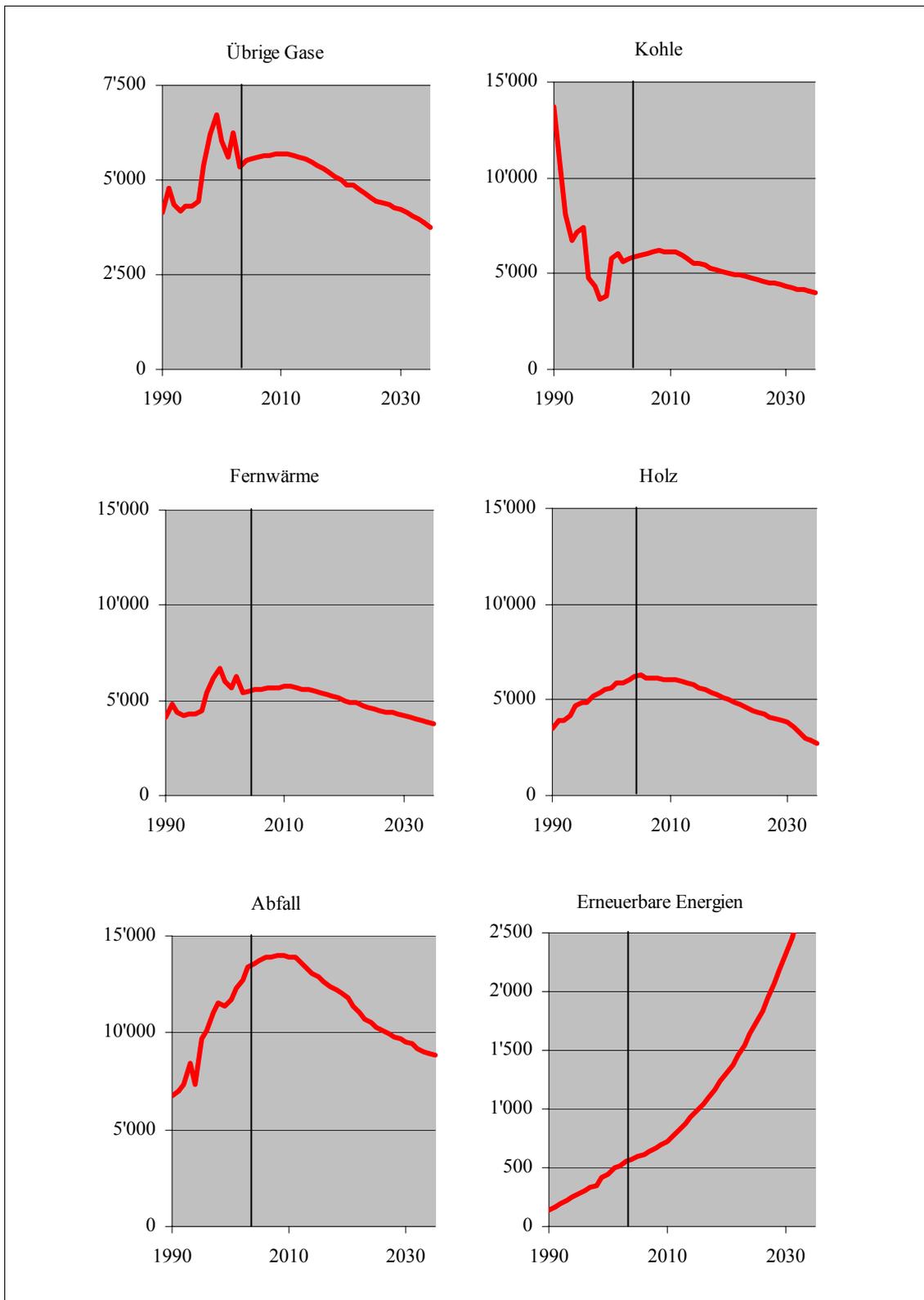
In Abbildung 8-6 wird die resultierende Energienachfrage nach einzelnen Energieträgern differenziert dargestellt. In Abbildung 8-7 ist der Energieträgersplit im Zeitablauf wiedergegeben. Tabelle 8-8 zeigt für einige Schlüsseljahre die quantitativen Energieverbrauchsdaten, Tabelle 8-9 liefert die Differenzierung nach den 16 Branchen. In den Tabellen 8-10 und 8-11 ist die Aufteilung nach den sechs im Modell unterschiedenen Verwendungszwecken zu finden, in der ersten Tabelle für die Elektrizität, in der zweiten für die Brennstoffe. Schliesslich zeigen die Abbildungen 8-12, 8-13, 8-14 und 8-15 den Vergleich mit Szenario I-Trend.

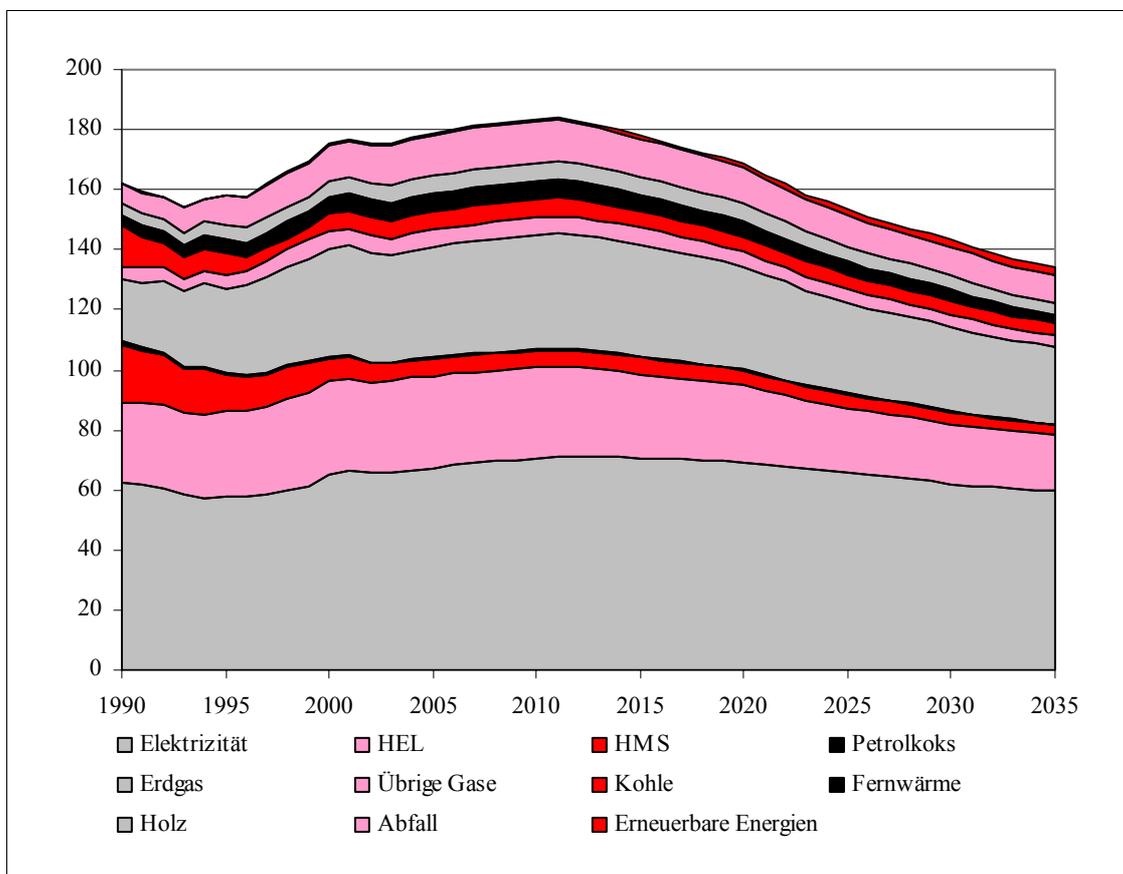
Gegenüber Szenario I-Trend liegt der Energieverbrauch im Jahr 2035 um fast 50 PJ tiefer – mit deutlich weiter wachsender Tendenz.

**Abb. 8-6: Entwicklung der Endenergienachfrage im Szenario IV-Trend nach Energieträgern (TJ). Man beachte die unterschiedliche Skalierung der Ordinate.**



**Abb. 8-6: Entwicklung der Endenergienachfrage im Szenario IV-Trend nach Energieträgern (TJ). Man beachte die unterschiedliche Skalierung der Ordinate.**



**Abb. 8-7: Energienachfrage nach Energieträgern (TJ)****Tab. 8-8: Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)**

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.3	70.7	70.6	69.3	65.5	61.9	59.8
HEL	27.0	30.9	30.5	30.7	30.0	28.0	25.4	21.8	20.1	18.7
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.7	5.4	4.9	4.4	4.0	3.2
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.8	38.3	37.3	34.4	30.3	28.0	25.6
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.7	5.5	5.0	4.5	4.2	3.8
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	6.1	5.5	5.0	4.7	4.3	4.0
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	6.0	5.7	5.0	4.3	3.8	2.7
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	6.0	5.8	5.9	5.1	4.7	4.3
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	13.9	12.9	11.8	10.3	9.5	8.8
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.7	1.0	1.3	1.7	2.3	3.1
<b>Summe</b>	<b>162.1</b>	<b>175.1</b>	<b>175.2</b>	<b>179.0</b>	<b>183.6</b>	<b>178.0</b>	<b>168.5</b>	<b>153.2</b>	<b>143.3</b>	<b>134.4</b>

**Tab. 8-9: Energienachfrage nach Branchen (PJ)**

Nr.	Branche	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
1	Nahrung	11.8	15.3	14.8	14.6	14.0	13.5	12.8	10.5	10.1	9.7
2	Bekleidung	8.1	7.6	6.2	6.4	6.8	6.5	6.4	6.4	6.2	6.2
3	Papierindustrie	18.4	22.2	23.0	24.2	24.7	22.5	19.6	16.4	13.8	9.9
4	Chemie	30.5	32.0	32.0	32.6	33.9	35.0	34.4	31.8	31.2	31.9
5	Glas	6.8	4.5	4.1	4.1	4.2	4.1	3.9	3.6	3.5	3.1
6	Keramik	4.0	4.4	4.1	4.3	4.5	4.6	4.6	4.2	4.1	3.5
7	Zement	18.2	12.5	12.4	12.9	13.1	11.5	10.6	9.9	9.1	8.5
8	NE-Mineralien	2.2	3.3	3.8	3.9	3.8	3.7	3.7	3.7	3.6	3.5
9	Metalle	9.2	10.0	10.9	11.0	11.3	11.5	11.0	10.7	9.6	8.8
10	NE-Metalle	6.0	5.1	6.0	6.1	6.5	6.3	5.6	5.0	4.4	3.8
11	Metallerzeugnisse	5.1	6.4	6.3	6.6	7.0	7.0	6.7	6.2	5.9	5.5
12	Maschinenbau	10.0	12.3	11.7	12.0	12.5	12.3	11.7	11.0	10.5	10.1
13	Elektrotechnik	8.2	11.2	10.8	10.9	10.9	10.3	9.4	8.5	8.0	7.6
14	Energie	2.1	2.4	2.4	2.4	2.5	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6
15	Bau	7.0	7.2	7.7	7.8	8.0	7.6	7.0	6.5	6.0	5.5
16	Übrige	14.5	18.9	19.2	19.4	20.0	19.2	18.5	16.1	14.7	14.0
	Summe	162.1	175.1	175.2	179.0	183.6	178.0	168.5	153.2	143.3	134.4

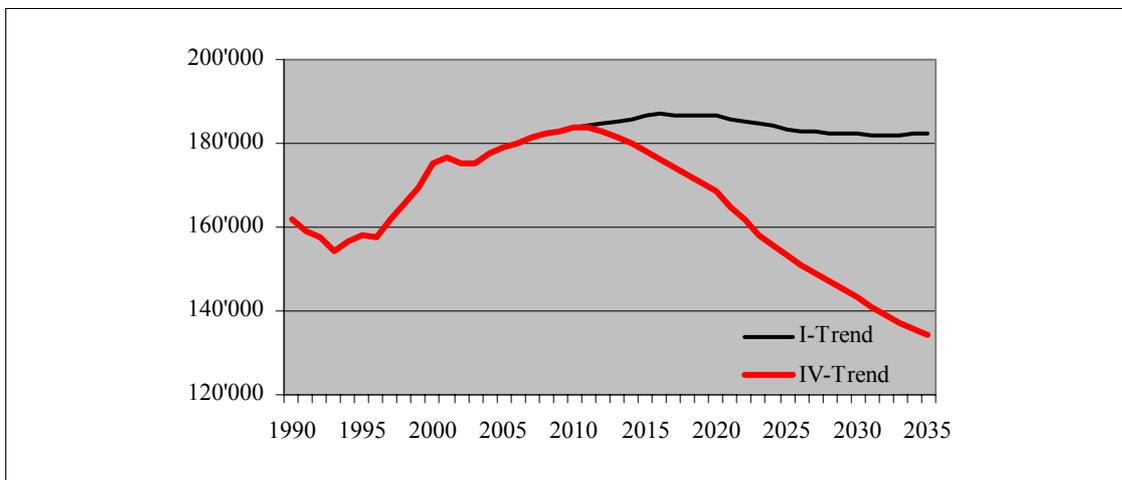
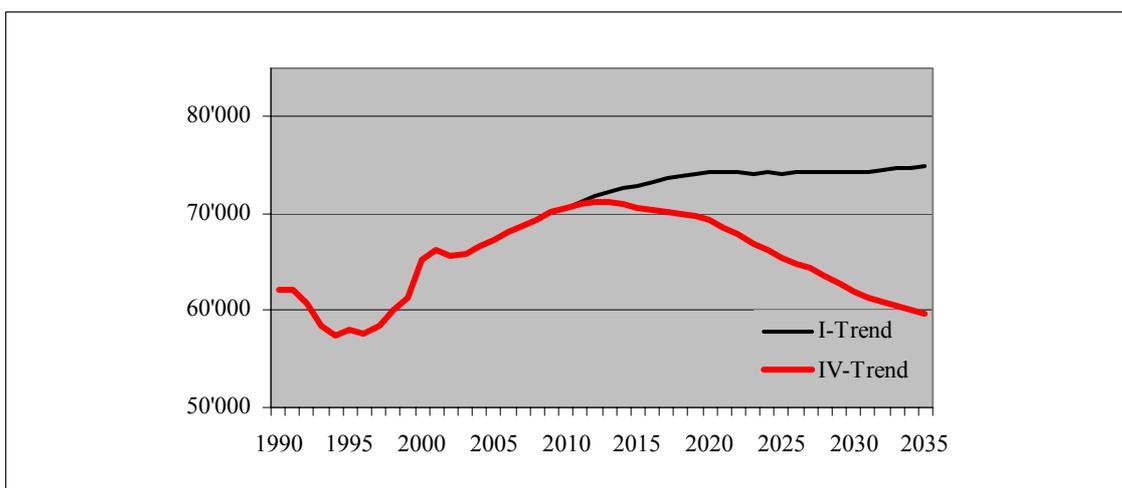
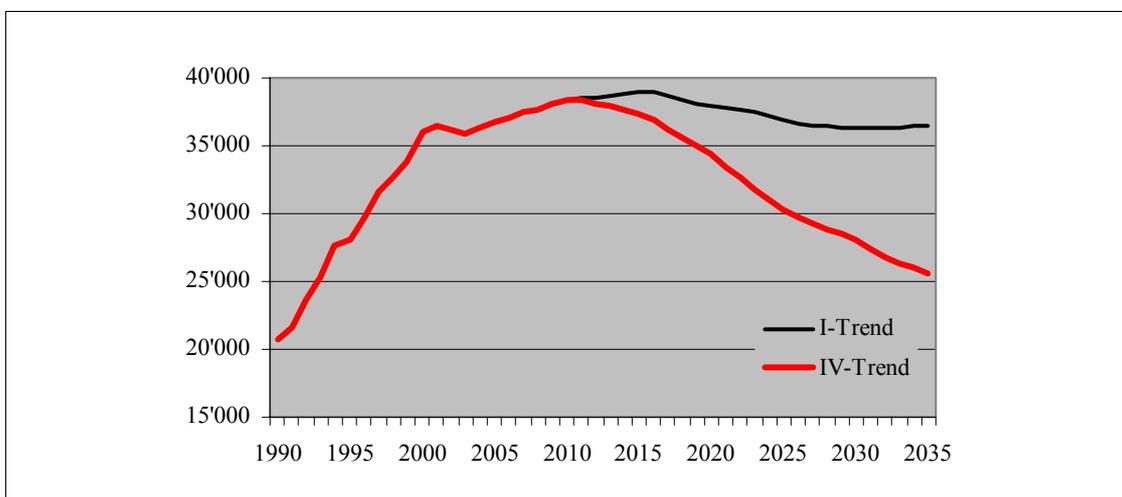
**Tab. 8-10: Aufteilung des Elektrizitätsverbrauchs nach Verwendungszwecken (PJ)**

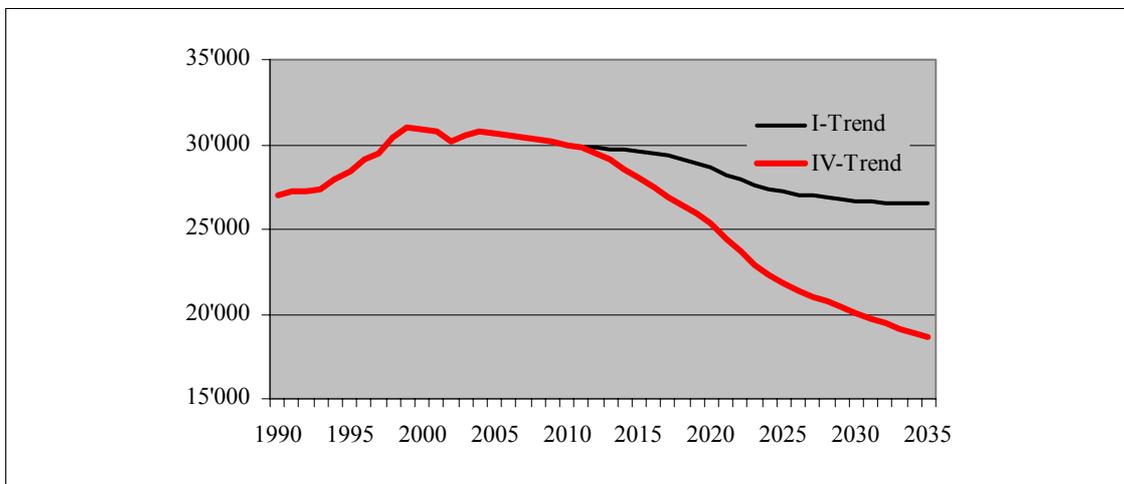
	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Heizung	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Mech. Prozesse	32.8	36.3	35.9	36.8	38.8	38.2	37.4	35.0	32.6	31.5
Wärmeprozesse	21.2	21.1	22.3	22.6	23.7	23.9	23.2	21.8	20.6	19.5
Licht, EDV	6.5	6.3	6.2	6.4	6.7	7.0	7.1	7.2	7.1	7.1
Fahrzeuge, stat. Motoren	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
WKK	-1.5	-2.6	-2.6	-2.7	-2.9	-2.8	-2.7	-2.5	-2.4	-2.3
Summe*	62.2	65.2	65.9	67.3	70.7	70.6	69.3	65.5	61.9	59.8

\* Die Elektrizitätsproduktion der WKK-Anlagen ist in der Summe nicht berücksichtigt.

**Tab. 8-11: Aufteilung des Brennstoffverbrauchs nach Verwendungszwecken (PJ)**

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Heizung	32.9	29.3	28.0	27.9	27.8	28.1	27.8	27.1	26.6	26.5
Mech. Prozesse	1.5	1.9	1.8	1.9	2.0	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2
Wärmeprozesse	60.8	71.3	72.7	74.7	75.6	70.1	62.6	52.5	47.0	40.6
Licht, EDV	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fahrzeuge, stat. Motoren	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
WKK	4.7	7.4	6.9	7.1	7.6	7.3	7.0	6.6	6.4	6.3
Summe	99.9	109.9	109.3	111.6	113.0	107.4	99.2	87.6	81.3	74.6

**Abb. 8-12: Endenergieverbrauch in Szenario IV-Trend (TJ)****Abb. 8-13: Elektrizitätsverbrauch in Szenario IV-Trend (TJ)****Abb. 8-14: Gasverbrauch in Szenario IV-Trend (TJ)**

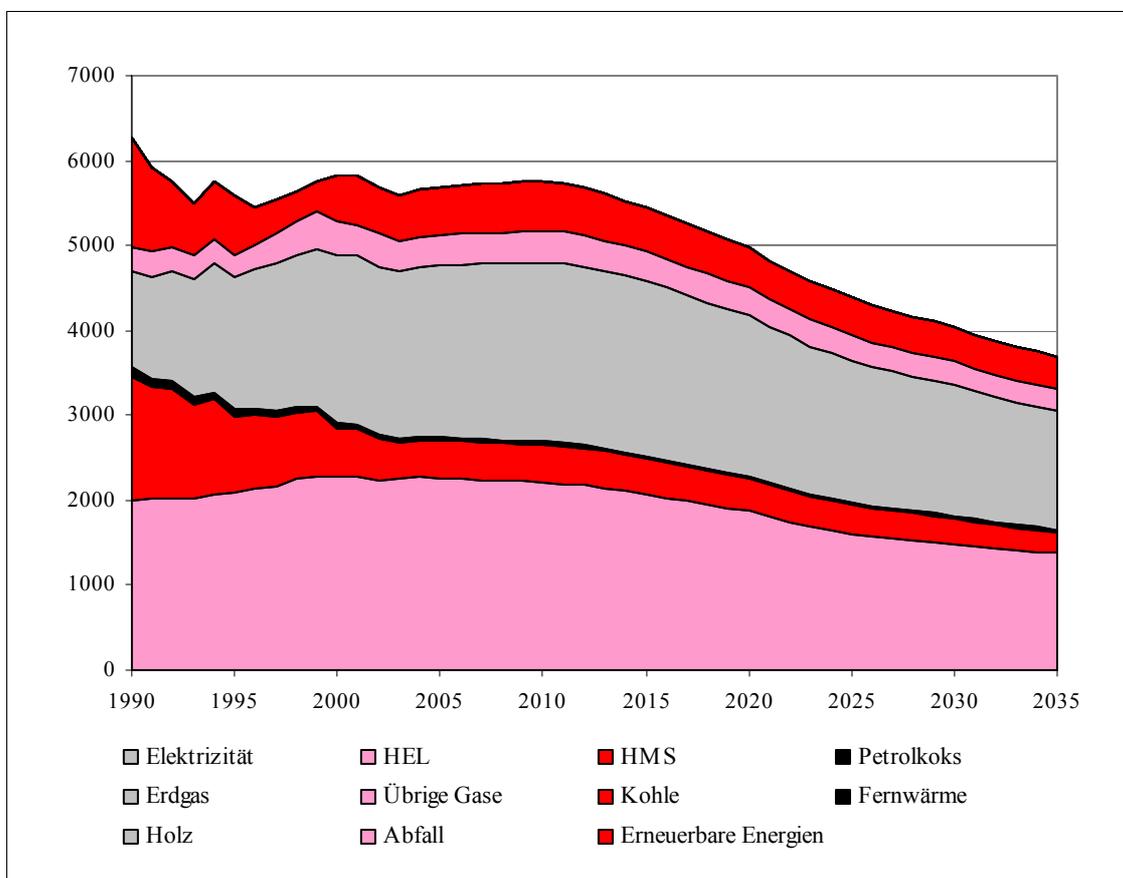
**Abb. 8-15: Verbrauch von Heizöl extra leicht in Szenario IV-Trend (TJ)**

### 8.2.1.2 Emissionen

Gegenüber dem Wert für 1990 haben sich CO<sub>2</sub>-Emissionen um 2.58 Mio Tonnen oder um rund 41 % vermindert. Die Details zeigen die Abbildung 8-16 und die Tabelle 8-17. Bezogen auf die Wertschöpfung sind die CO<sub>2</sub>-Reduktionen noch beeindruckender; im Zeitraum 1990 bis 2035 reduzieren sich die spezifischen Emissionen um rund 55 Prozent, d.h. von rund 60 g je Wertschöpfungsfranken auf rund 27 g (vgl. Abbildung 8-18). Angesichts des Gradienten der absoluten Emissionen ist in den Jahren nach 2035 bei gleich bleibendem Wirtschaftswachstum mit einer weiteren Abnahme zu rechnen. Abbildung 8-19 zeigt den Vergleich mit Szenario I-Trend. Im Jahr 2035 liegen diese nun um fast 1.7 Millionen Tonnen tiefer.

Abbildung 8-20 und Tabelle 8-21 zeigen schliesslich die Details zu den Stickoxid- und zu den Partikelemissionen.

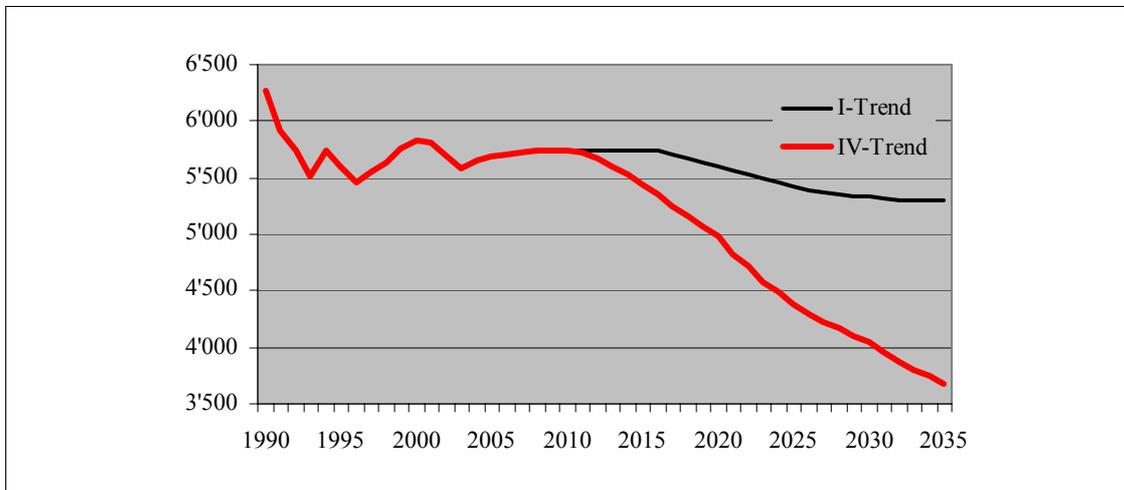
**Abb. 8-16: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Szenario IV-Trend nach Energieträgern (in 1000 Tonnen)**



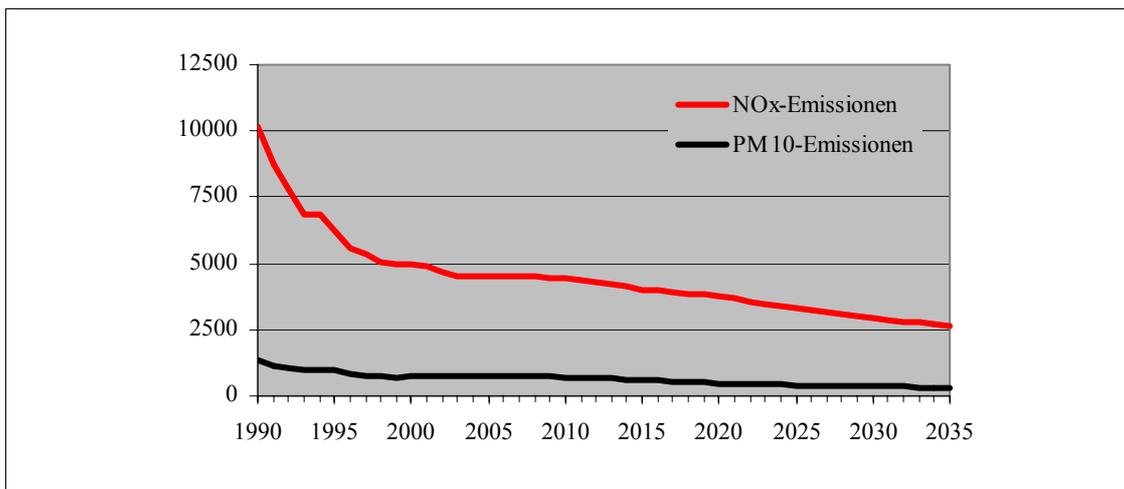
**Tab. 8-17: CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (in 1000 Tonnen)**

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'276	2'249	2'261	2'210	2'065	1'871	1'608	1'481	1'375
HMS	1'459	578	434	440	442	415	381	338	305	244
Petrolkoks	119	50	38	39	39	38	35	33	30	29
Erdgas	1'136	1'983	1'974	2'026	2'109	2'052	1'891	1'668	1'541	1'410
Übrige Gase	268	389	347	360	369	353	324	294	273	243
Kohle	1'288	547	545	563	574	517	474	442	408	380
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Summe</b>	<b>6'263</b>	<b>5'823</b>	<b>5'587</b>	<b>5'688</b>	<b>5'744</b>	<b>5'440</b>	<b>4'976</b>	<b>4'383</b>	<b>4'039</b>	<b>3'682</b>

**Abb. 8-18: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Szenario IV-Trend im Vergleich zu Szenario I-Trend (in 1000 Tonnen)**



**Abb. 8-19: NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen in Szenario IV-Trend (in Tonnen)**



**Tab. 8-20: NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)**

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	10'181	4'937	4'548	4'509	4'441	4'023	3'771	3'295	2'967	2'631
Erneuerbare Energien	1'338	762	750	765	729	631	490	443	406	368

### 8.2.1.3 Kosten

Ähnlich wie für Szenario III-Trend werden auch für Szenario IV-Trend Investitionsvolumina, Kapitalkosten usw. bestimmt. Grundsätzlich entspricht die verwendete Methodik und die Annahmen zu wesentlichen Modellparametern dem Vorgehen bei Szenario

III – mit einer wesentlichen Ausnahme. Die Ausnahme betrifft die Mengenkompente. In Szenario IV entsprechen die Hochrechnungsfaktoren wie weiter oben erläutert nicht den Hochrechnungsfaktoren von Szenario I Trend, sondern sind in Bezug auf die unterstellte Technologie-Entwicklung angepasst worden. Damit kann zur Ermittlung der (implizit gegebenen) Investitionskosten nicht direkt auf den energetischen Vergleich der Szenarien I und IV abgestellt werden, weil der durch die veränderten Mengenkompente verursachte Mehr- oder Minderverbrauch nicht investiven Ursprungs ist.

Wir haben deshalb ein weiteres Szenario IV\* gerechnet, mit den gleichen Technologievoraussetzungen wie das eigentliche Szenario IV aber mit den Hochrechnungsfaktoren des Szenarios I. "Gleiche Technologievoraussetzungen" bedeutet aber nicht (und das ist die Krux dieses Vorgehens) gleiche spezifische Energieverbräuche. Denn diese hängen ja über den in Abschnitt 2.2 geschilderten Kohortenprozess auch von den Hochrechnungsfaktoren ab, wenn auch nicht so stark wie von der unterstellten Technologieentwicklung als solcher.

Tabelle 8-21 fasst die Resultate für das Szenario IV\* Trend (quantitative Details im Anhang) zusammen. Danach muss die Industrie im Jahr 2035 rund eine Milliarde Franken für Energiesparmassnahmen aufwenden, um das von Szenario IV postulierte Verbrauchsniveau zu erreichen. Aber selbst dieser Betrag ist im Vergleich zur Wertschöpfung immer noch deutlich unter einem Prozentpunkt.

**Tab. 8-21: Energieeinsparungen, Investitionsvolumina, Kapitalkosten sowie weitere Kenngrössen für Szenario IV\* Trend (monetäre Angaben in Fr. des Jahres 2003, Deflationierung mit dem Produktions- und Importpreisindex)**

Item	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Energieeinsparung Wärme (TJ)	0	-3'950	-8'189	-15'045	-19'345	-25'521
Energieeinsparung Elektrizität (TJ)	0	-1'215	-2'524	-5'203	-8'093	-10'189
Wärmepreis (Energieträgermix, Fr. /GJ)	9	29	27	28	30	31
Elektrizitätspreis (Fr. /GJ)	27	58	63	66	69	70
Investitionsvolumen Wärme (Mio Fr.)	0	122	228	301	463	544
Kapitalkosten Wärme (Mio Fr.)	0	38	135	280	460	616
Einsparung Wärme (Mio Fr.)	0	113	225	417	590	793
Nettokosten Wärme (Mio Fr.)	0	-75	-90	-138	-130	-177
Investitionsvolumen Elektrizität (Mio Fr.)	0	80	157	270	389	472
Kapitalkosten Elektrizität (Mio Fr.)	0	28	104	221	370	527
Einsparung Elektrizität (Mio Fr.)	0	71	159	344	560	708
Nettokosten Elektrizität (Mio Fr.)	0	-42	-54	-123	-191	-182

Mit andern Worten: Auch Szenario IV ist aus wirtschaftlicher Sicht möglich, d.h. finanzierbar. Erst recht, wenn man bedenkt, dass unter Berücksichtigung der in Szenario IV effektiv unterstellten Mengenkomponten der Energieverbrauch nochmals rund 15 PJ tiefer liegt als im Szenario IV\* Trend (vgl. Tabelle 8-22), wodurch um 2035 zusätzlich erhebliche Mittel in der Grössenordnung von jährlich rund 750 Mio Franken freigesetzt werden.

**Tab. 8-22: Energieeinsparungen des "vollen" Szenario IV (d.h. inklusive der veränderten Mengenkomponten) im Vergleich zu Szenario I (jeweils Trendvariante)**

Item	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Energieeinsparung Wärme (TJ)	0	-6'288	-13'379	-22'375	-27'865	-35'074
Energieeinsparung Elektrizität (TJ)	0	-2'322	-4'944	-8'659	-12'357	-15'053

#### 8.2.1.4 Zielerreichung

Wie Tabelle 8-23 zeigt, wird für die Industrie allein das CO<sub>2</sub>-Emissionsziel erreicht (allerdings ohne grosse Reserve); das Energieverbrauchsziel allerdings deutlich verfehlt.

**Tab. 8-23 Zielerreichung im Szenario IV-Trend**

	Industrieergebnis 2035	Gesamtschweizerische Vorgabe 2035 im Vergleich zu 2000
Energieverbrauch	-26 % pro Kopf	-35 % pro Kopf
CO <sub>2</sub> -Emissionen	-37 %	-35 %

Im Sinne einer Gesamtwürdigung des Szenarios möchten wir hier folgende Punkte herausgreifen:

- (1) Grundsätzlich sind in die Szenario-Modellierung keine Suffizienzüberlegungen im Sinne eines bewussten Konsum- bzw. Produktionsverzichtes eingeflossen. Wenn beispielsweise auf die "papierne" Zeitung verzichtet wird, dann deshalb, weil die elektronische "online-Ausgabe" aktueller, verlinkter, animierter, klarer auf die eigenen Bedürfnisse ausgerichtet ist usw. Auf der energetischen Seite wurden alle jene Sparmassnahmen bzw. Technologieentwicklungen berücksichtigt, die im Sze-

nario-Rahmen "Platz" haben bzw. mit der angenommenen Abgabe auf Energie wirtschaftlich werden.

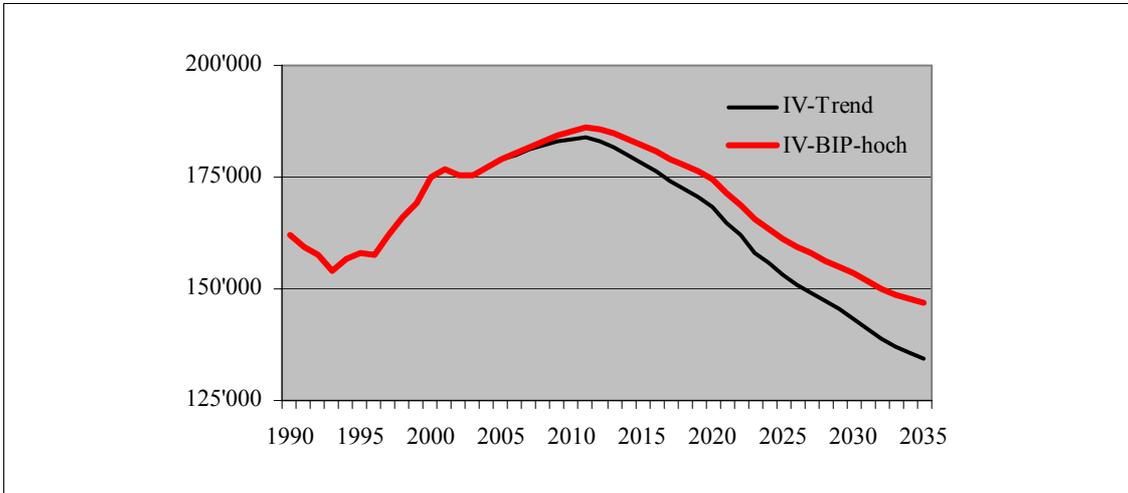
- (2) Gegenüber Szenario III ist vor allem zu betonen, dass durch den Wegfall des relativen Preisvorteiles bei der Elektrizität diese substitutiv deutlich weniger stark profitiert. Gesamthaft ergibt sich ein Rückgang des Elektrizitätsverbrauchs im Vergleich zu 2005 um rund 10 Prozent. Anteilsmässig nimmt die Bedeutung der Elektrizität aber nach wie vor stark zu (2005: 38 Prozent; 2035: 45 Prozent). Dies sollte bei den Anforderungen an die Versorgungssicherheit bei der Elektrizität berücksichtigt werden.
- (3) Ähnlich wie für Szenario III gilt auch für Szenario IV, dass keine ausgesprochene WKK-Strategie gefahren wird, sondern lediglich eine Trendfortsetzung nach Massgabe der unterstellten Produktionsmengen unterstellt wird. Die verbleibenden Potenziale stehen für bestimmte Deckungsvarianten des Elektrizitätsangebotes zur Verfügung.
- (4) Auch Fernwärme, Holz und Abfälle, alles Energieträger, die als CO<sub>2</sub>-frei gelten, nehmen bis 2035 im Vergleich zu 2005 zwischen 40 bis 50 Prozent ab. Dies ist u.a. Folge einer allgemeinen energetischen Ertüchtigung der Nachfrager, dann auch eine Folge des Rückganges der Zement- und Papierproduktion und schliesslich Ausdruck eines weiter verbesserten Recyclings.
- (5) Inwiefern Szenario IV tatsächlich auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft ist, soll u. a. mit den noch ausstehenden Arbeiten zur Vision 2050 aufgezeigt werden.
- (6) Offen sind die Rückwirkungen auf die Beschäftigtenzahlen. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass diese in einem "Hightech-Szenario" eher etwas höher liegen könnten als in den übrigen Szenarien. Für die Modellierung wird aber angenommen, dass sich diese im Total nicht ändern.

## 8.2.2 BIP hoch

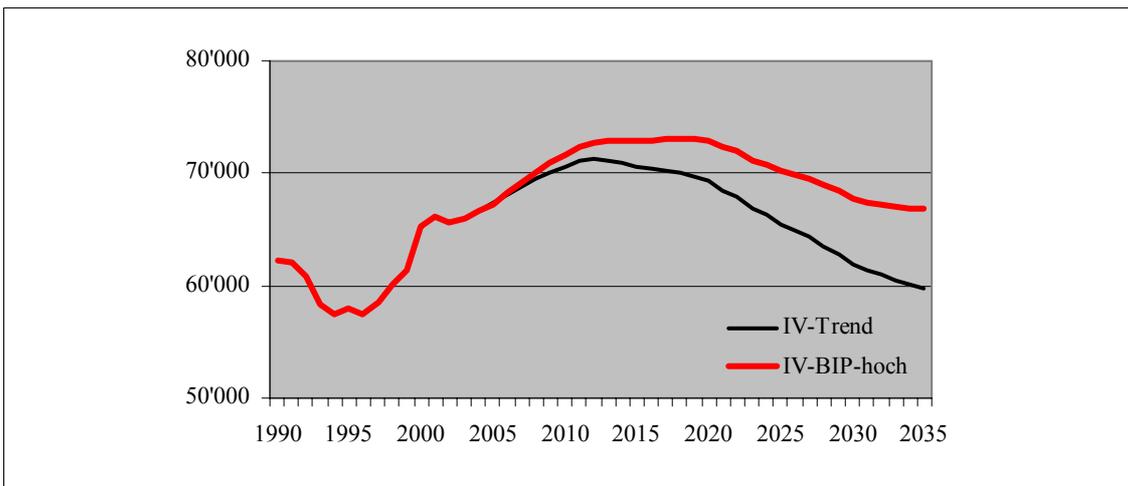
### 8.2.2.1 Energienachfrage

In der Sensitivitätsvariante BIP hoch werden im Jahr 2035 7.6 % bzw. rund 12 PJ mehr Energie verbraucht als in der Trendvariante (vgl. Abbildung 8-24). Der Elektrizitätsverbrauch (vgl. Abbildung 8-25) liegt deutlich über jenem der Trendvariante, nimmt aber nach etwa 2020 dann doch ab. Die Energieträger Gas und Heizöl extra leicht reagieren eher wenig auf das höhere Wirtschaftswachstum (vgl. die Abbildungen (8-26 und 8-27); der starke Verbrauchsrückgang bleibt erhalten.

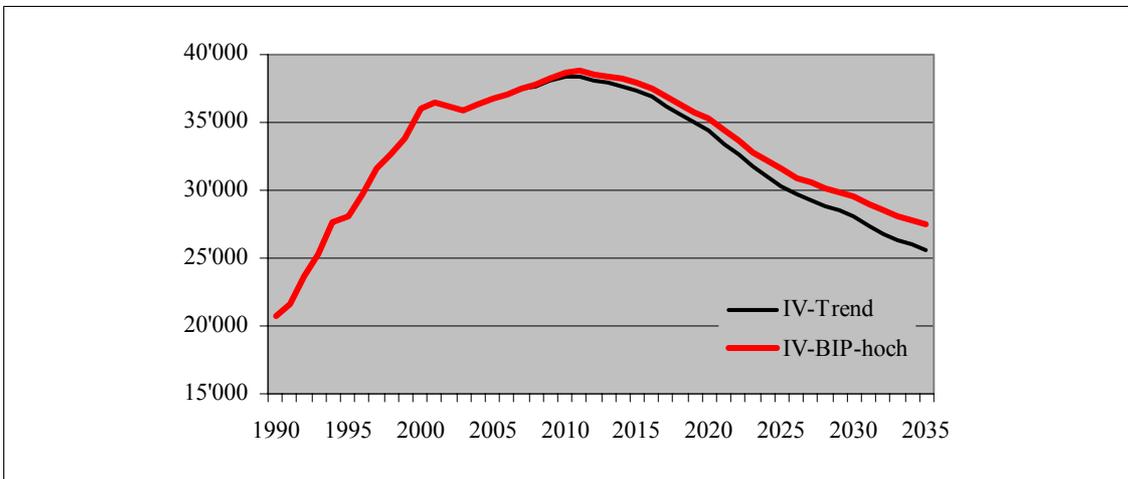
**Abb. 8-24: Endenergieverbrauch in Szenario IV-BIP-hoch (TJ)**



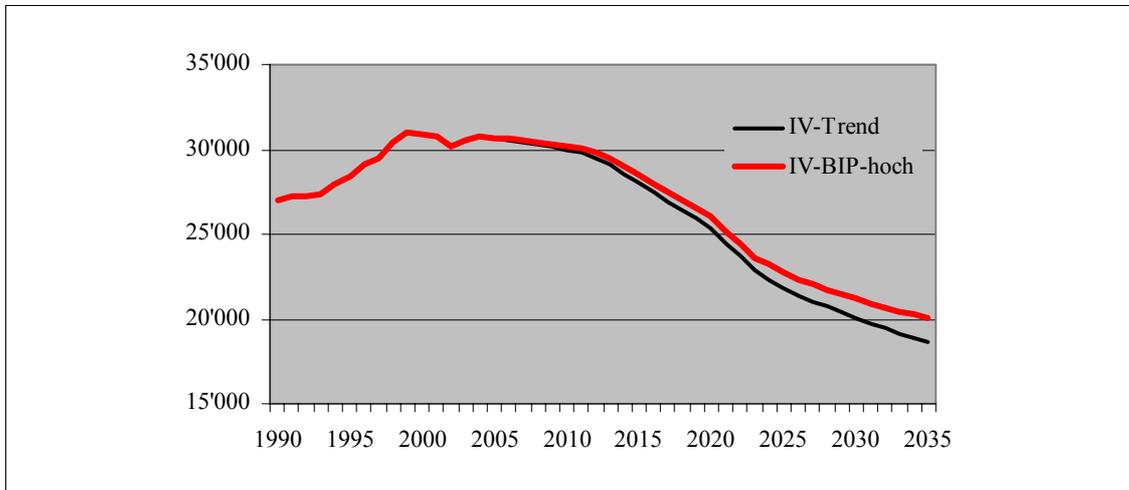
**Abb. 8-25: Elektrizitätsverbrauch in Szenario IV-BIP-hoch (TJ)**



**Abb. 8-26: Gasverbrauch in Szenario IV-BIP-hoch (TJ)**



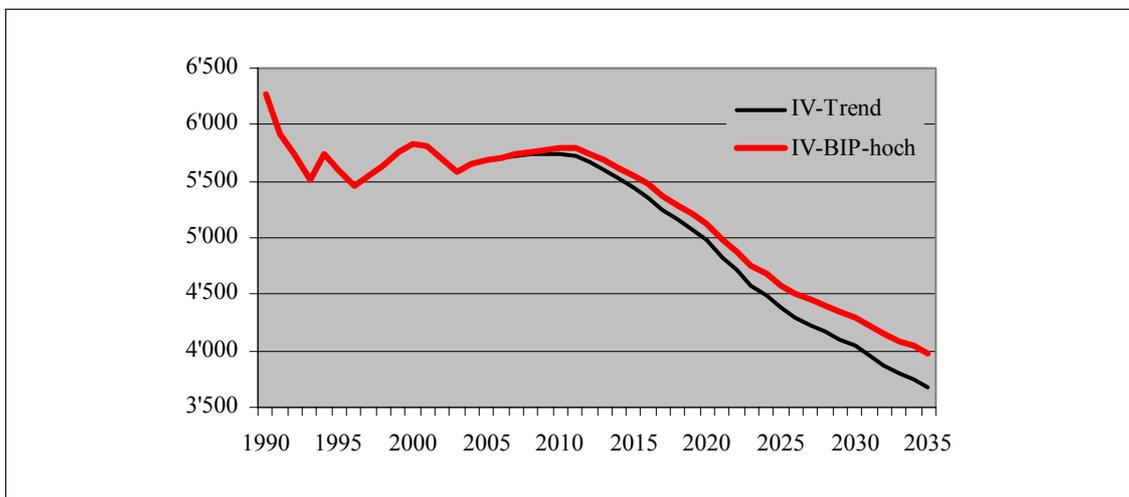
**Abb. 8-27: Verbrauch von Heizöl extra leicht in Szenario IV-BIP-hoch (TJ)**



### 8.2.2.2 Emissionen

Die Auswirkungen des höheren Wirtschaftswachstums auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen zeigt Abbildung 8-28. Diese sind im Jahr 2035 rund 335'000 Tonnen grösser.

**Abb. 8-28: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Szenario IV-BIP-hoch (in 1000 Tonnen)**



### 8.2.2.3 Zielerreichung

Durch das höhere Wirtschaftswachstum werden im Szenario IV-BIP-hoch sowohl das CO<sub>2</sub>-Emissions- wie auch das Energieverbrauchsziel verpasst (vgl. Abbildung 8-29), ersteres aber eher knapp.

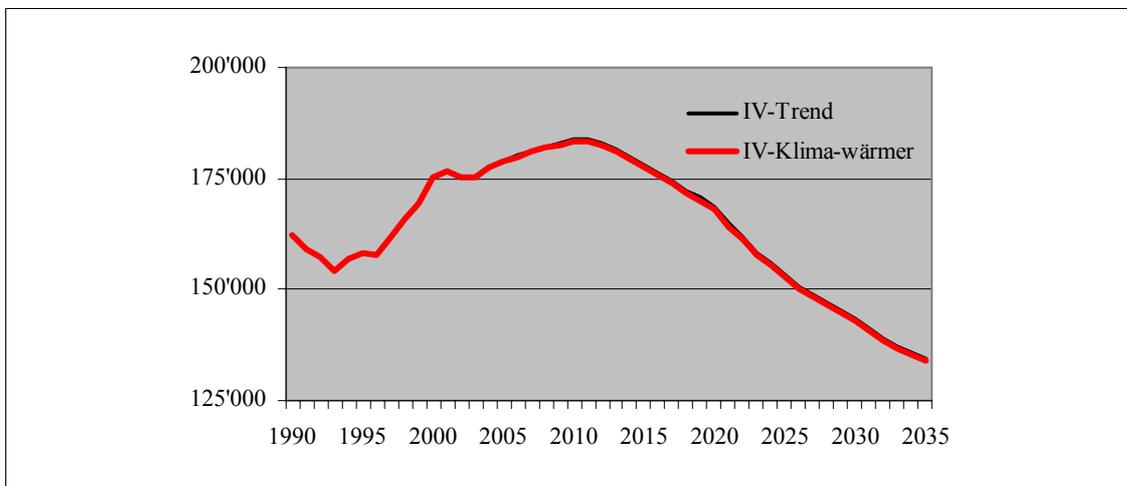
**Tab. 8-29 Zielerreichung im Szenario IV-BIP-hoch**

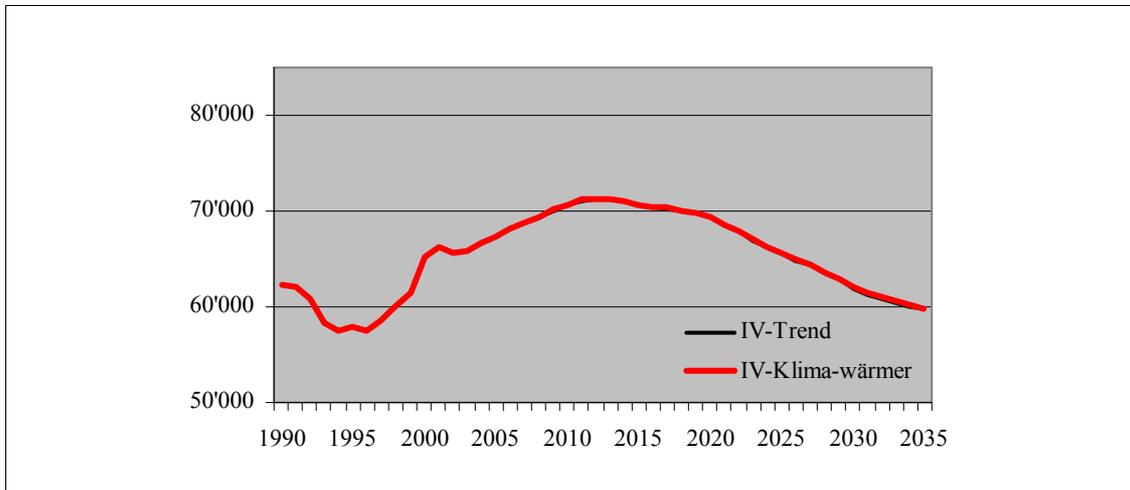
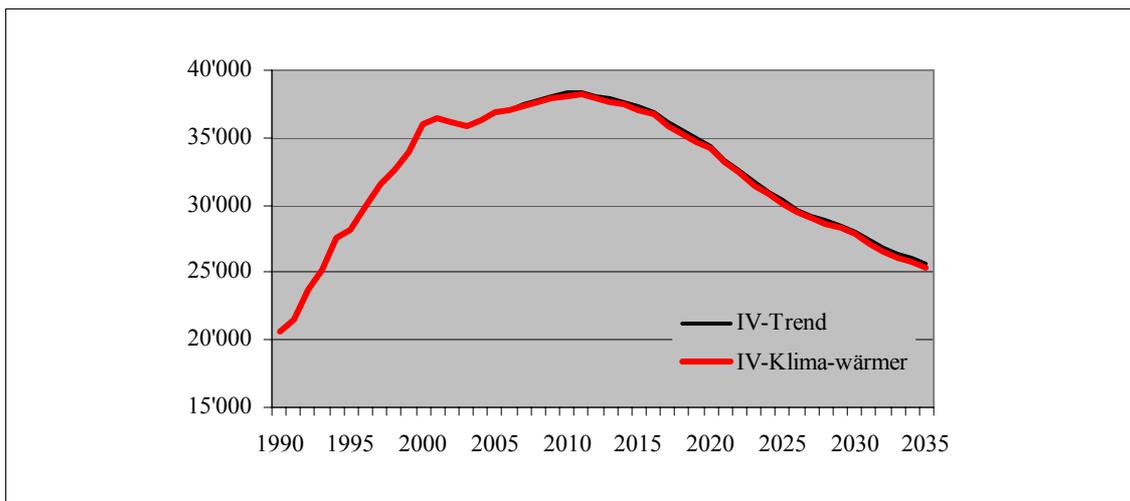
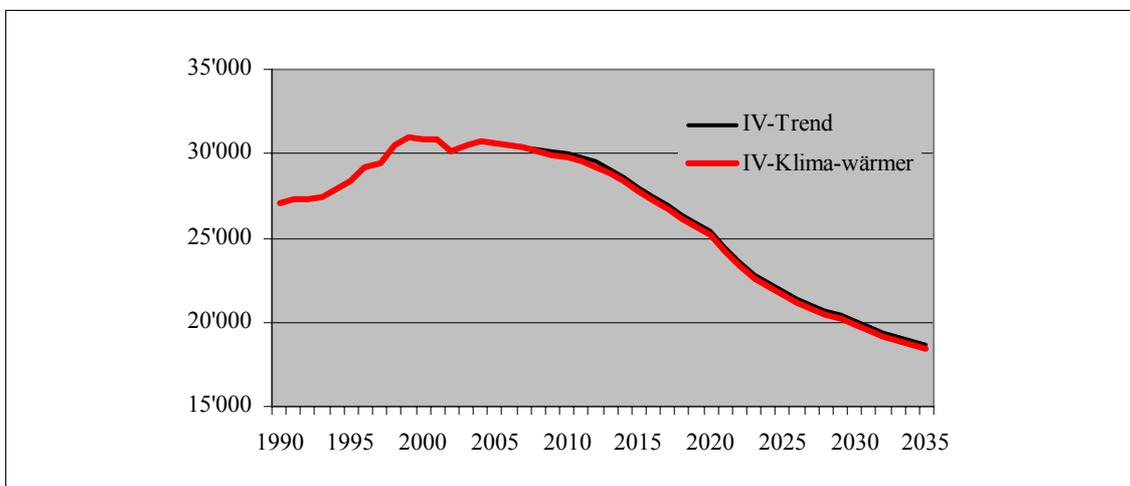
	Industrieergebnis 2035	Gesamtschweizerische Vorgabe 2035 im Vergleich zu 2000
Energieverbrauch	-20 % pro Kopf	-35 % pro Kopf
CO <sub>2</sub> -Emissionen	-32 %	-35 %

## 8.2.3 Klima wärmer

### 8.2.3.1 Energienachfrage

Der Einfluss des wärmeren Klimas in Szenario IV ist noch kleiner als in Szenario III. Der Gesamtverbrauch nimmt bloss noch um 0.5 PJ ab (vgl. Abbildung 8-30), der Elektrizitätsverbrauch reagiert netto praktisch gar nicht (vgl. Abbildung 8-31), Gas und Heizöl extra leicht nehmen wenig ab (vgl. Abbildungen 8-32 und 8-33).

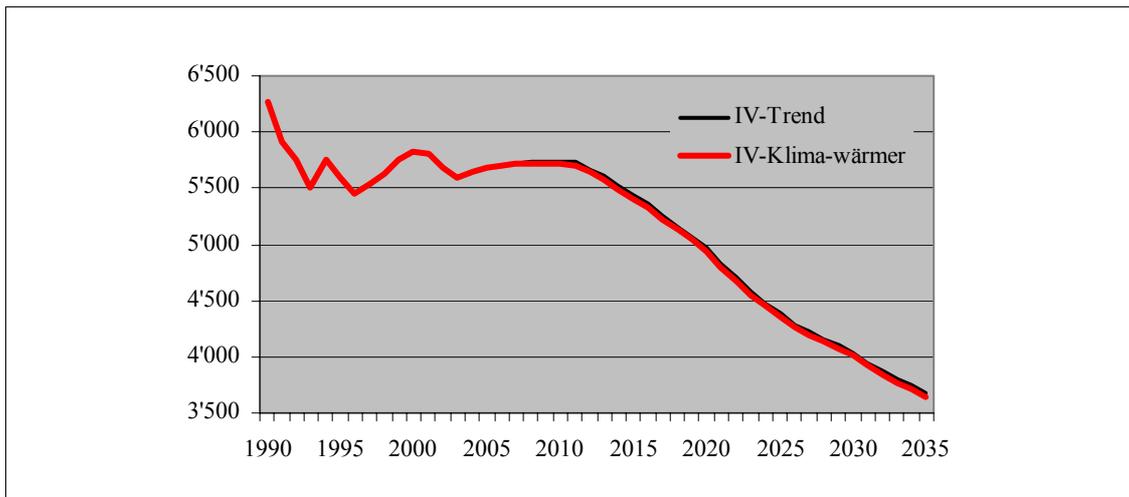
**Abb. 8-30: Endenergieverbrauch in Szenario IV-Klima-wärmer (TJ)**

**Abb. 8-31: Elektrizitätsverbrauch in Szenario IV-Klima-wärmer (TJ)****Abb. 8-32: Gasverbrauch in Szenario IV-Klima-wärmer (TJ)****Abb. 8-33: Verbrauch von Heizöl extra leicht in Szenario IV-Klima-wärmer (TJ)**

### 8.2.3.2 Emissionen

Entsprechend den geringen Auswirkungen des wärmeren Klimas reagieren auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen auch kaum (vgl. Abbildung 8-34).

**Abb. 8-34: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Szenario IV-Klima-wärmer (in 1000 Tonnen)**



### 8.2.3.3 Zielerreichung

Da das wärmere Klima energetisch nur einen vernachlässigbaren Einfluss hat, ändert sich an der Zielerreichung gegenüber dem Fall von Szenario III-Trend nichts.



## 9 Vergleich der Energienachfrage nach Szenarien

In diesem Kapitel soll der Einfluss unterschiedlicher Politik-Varianten bei gegebener Rahmenentwicklung aufgezeigt werden. Unterschieden werden vier Fälle:

- Trend
- BIP hoch
- Preise hoch
- Klima wärmer

Wir beschränken uns bei diesem Vergleich auf den gesamten Energieverbrauch, den Elektrizitätsverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen.

### 9.1 Szenarien I bis IV: Trend

Abbildung 9-1 zeigt für die Trendvarianten den Szenarien-Vergleich. Es zeigt sich die erwartete Reihenfolge mit den eher nahe beieinander liegenden Szenarien I und II und den deutlich davon abgesetzten Szenarien III und IV. Man beachte in diesem Zusammenhang die unterschiedlichen "Startpunkte" für die Szenarien. Während sich die Szenarien I und II bereits ab 2005 trennen, starten die eingriffsstarken Szenarien erst ab 2010. Während die Szenarien I und II mit praktisch konstantem Verbrauchsniveau das Ende des Betrachtungszeitraumes erreichen, kann man den Szenarien III und IV ceteris paribus darüber hinaus mit einem weiteren deutlichen Absenken des Energieverbrauches gerechnet werden.

**Abb. 9-1: Energieverbrauch für die Trend-Entwicklung (TJ)**

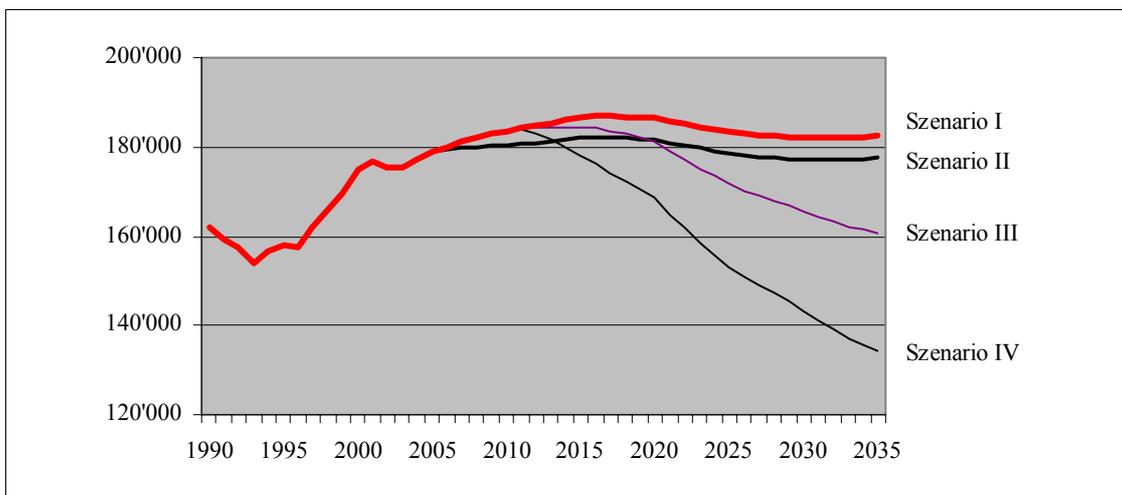


Abbildung 9-2 zeigt den Vergleich bei der Elektrizität. Zunächst fällt auf, dass in den Jahren 2005 bis 2015 keine Überkreuzung der Szenarien sichtbar wird. Dann ist die relative Aufspreizung am Ende des Betrachtungszeitraumes deutlich geringer als für den gesamten Energieverbrauch, was die Bedeutung dieses Energieträgers unterstreicht. Damit hängt auch zusammen, dass sich die Gradienten am Ende des Betrachtungszeitraumes vergleichsweise wenig unterscheiden: In der Extrapolation über 2035 hinaus kann nur noch bei Szenario IV mit einer leichten weiteren Absenkung des Elektrizitätsverbrauchs gerechnet werden, bei den andern Szenarien zeichnet sich eher wieder ein Wachstum ab.

**Abb. 9-2: Elektrizitätsverbrauch für die Trendentwicklung (TJ)**

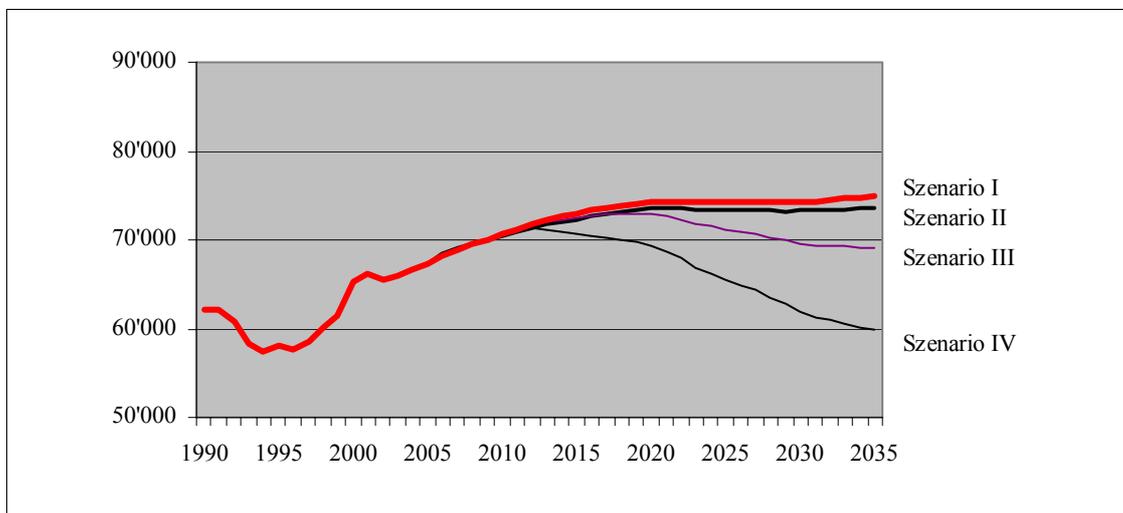
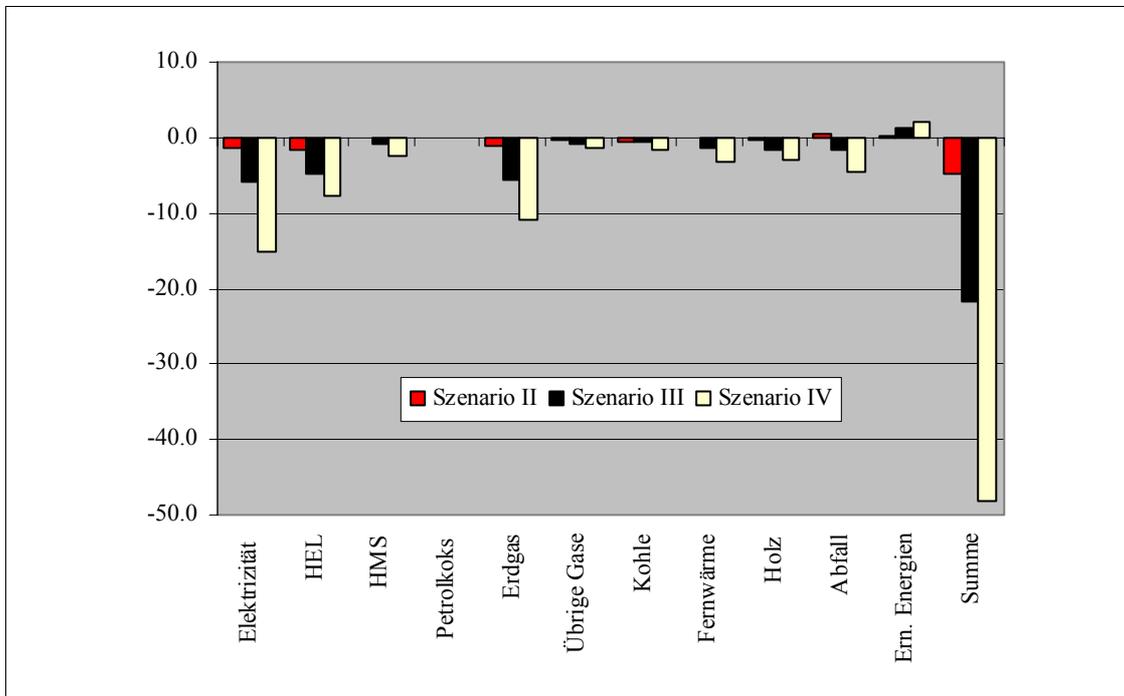


Abbildung 9-3 zeigt für das Jahr 2035 die Einflüsse der Politik-Varianten in Bezug auf den Unterschied zu Szenario I nach den einzelnen Energieträgern differenziert. Von den Erneuerbaren Energien und den Abfällen abgesehen, nehmen die Verbrauchsdaten für alle andern Energieträger ab<sup>31</sup>. Deutlich sichtbar wird auch, dass erst in Szenario IV die rationellere Nutzung der Elektrizität wirklich platz greift.

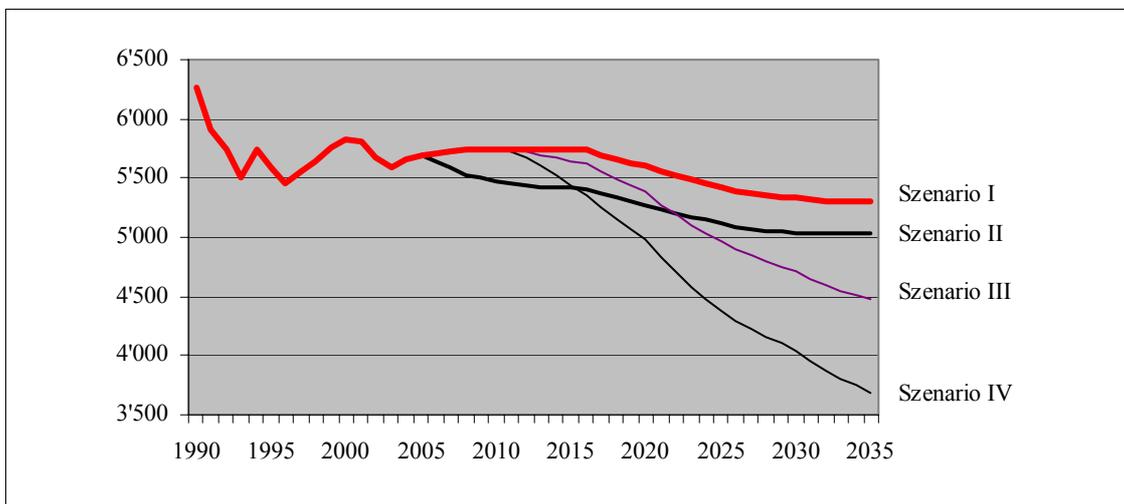
Schliesslich zeigt Abbildung 9-10 den Szenarienvergleich bezüglich der CO<sub>2</sub>-Emissionen. In dieser Figur wird eigentlich am deutlichsten sichtbar, dass eine dezidierte CO<sub>2</sub>-Reduktionsstrategie möglich ist, dass aber eine über den Betrachtungszeitraum hinaus anzunehmende weitere Reduktion die eingriffsstarken Szenarien III und IV voraussetzt.

<sup>31</sup> Dass auch das Holz im Verbrauch etwas abnimmt, hat u.a. damit zu tun, dass die Holzverbrennung heute im Holzgewerbe z.T. den Charakter der Abfallverbrennung hat und die energetische Nutzung nicht immer im Vordergrund steht. Sobald diese aber wie angenommen an Bedeutung gewinnt, wird Holz "frei" für die energetische Nutzung in andern Verbrauchssektoren (insbesondere bei den Haushalten).

**Abb. 9-3: Differenzen der Szenarien II, III und IV zu Szenario I für die Trend-Entwicklung im Jahr 2035 nach Energieträgern (PJ)**



**Abb. 9-4: CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Trendentwicklung (in 1000 Tonnen)**

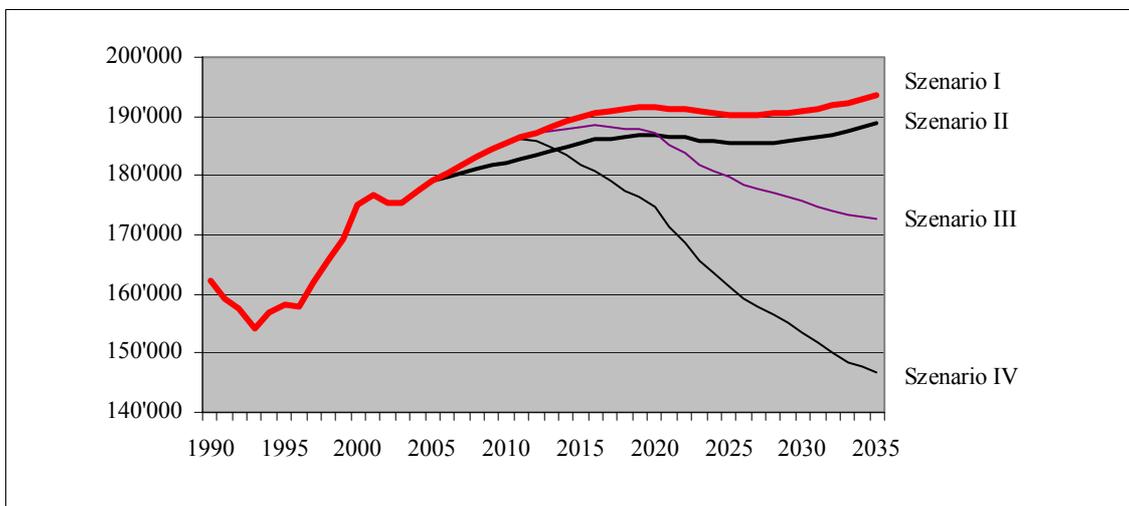


## 9.2 Szenarien I bis IV: BIP hoch

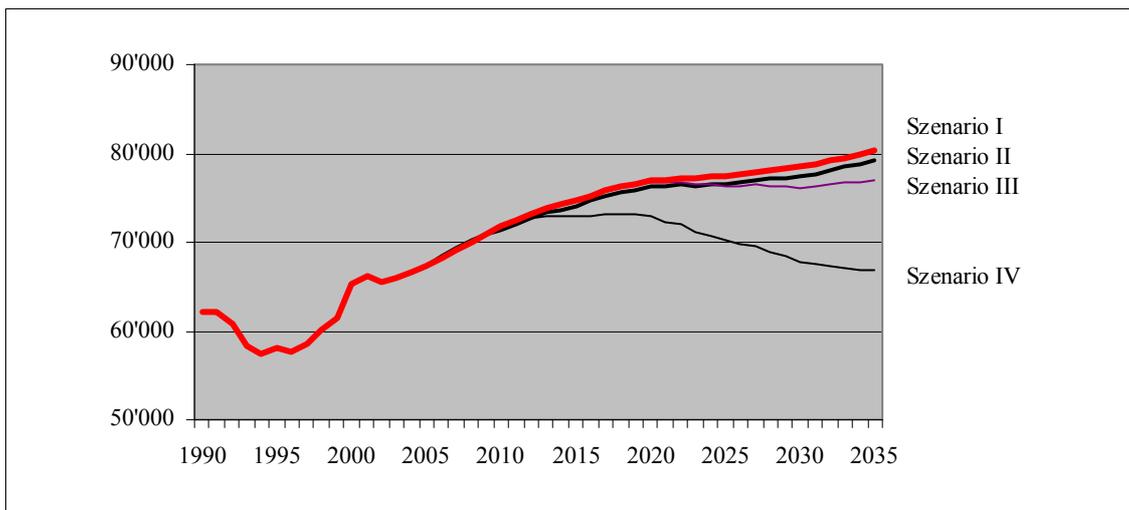
Setzt man für die Szenarien ein höheres Wirtschaftswachstum voraus, so ändert sich an der relativen Lage der verschiedenen Verbrauchsentwicklungen nur wenig gegenüber dem Trendfall (vgl. Abbildung 9-5 und vor allem Abbildung 9-7). Allerdings zeigt sich

nun, dass in den Szenarien I und II eine Stabilisierung des Energieverbrauchs gegen Ende des Betrachtungszeitraumes klar nicht mehr erreicht wird und selbst in Szenario III zeichnet sich durch das höhere Wirtschaftswachstum ein Wiederanstieg des Energieverbrauchs nach 2035 an. Noch ausgeprägter wird dies beim Elektrizitätsverbrauch sichtbar, der in den Szenarien I, II und III mit steigender Tendenz das Jahr 2035 erreicht. In Bezug auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen zeigt sich eine ähnliche Scheidung in die wenig eingriffstarken Szenarien I und II einerseits und die eingriffstarken Szenarien III und IV andererseits wie beim gesamten Energieverbrauch (vgl. Abbildung 9-8).

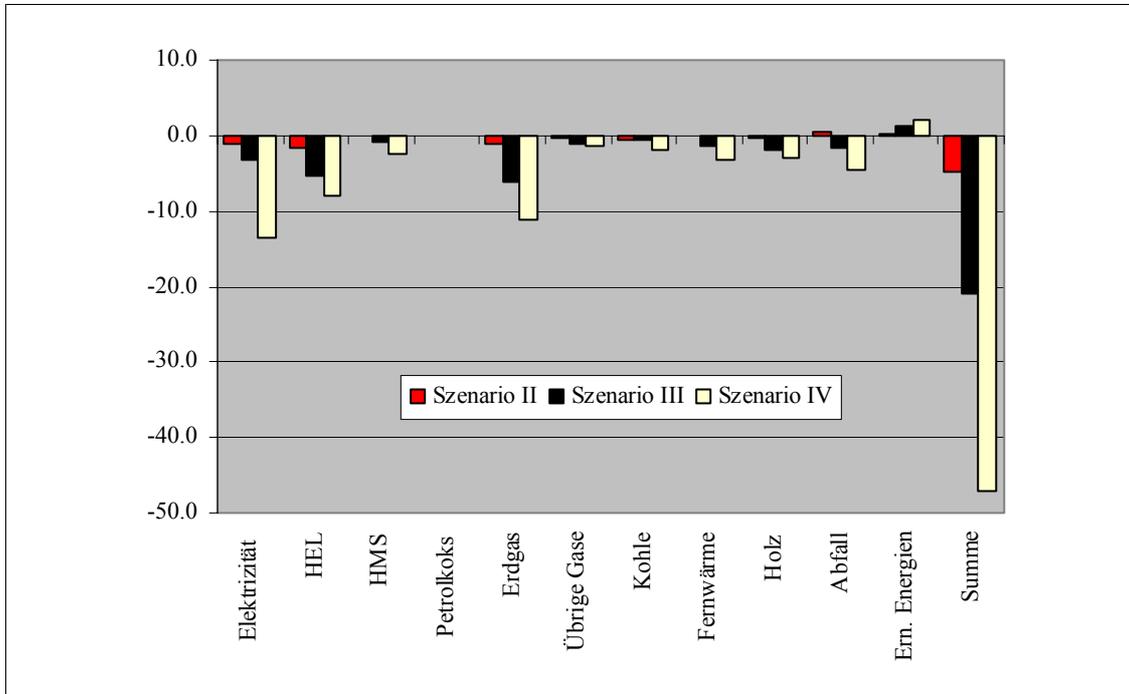
**Abb. 9-5: Energieverbrauch in der BIP-hoch Entwicklung (TJ)**



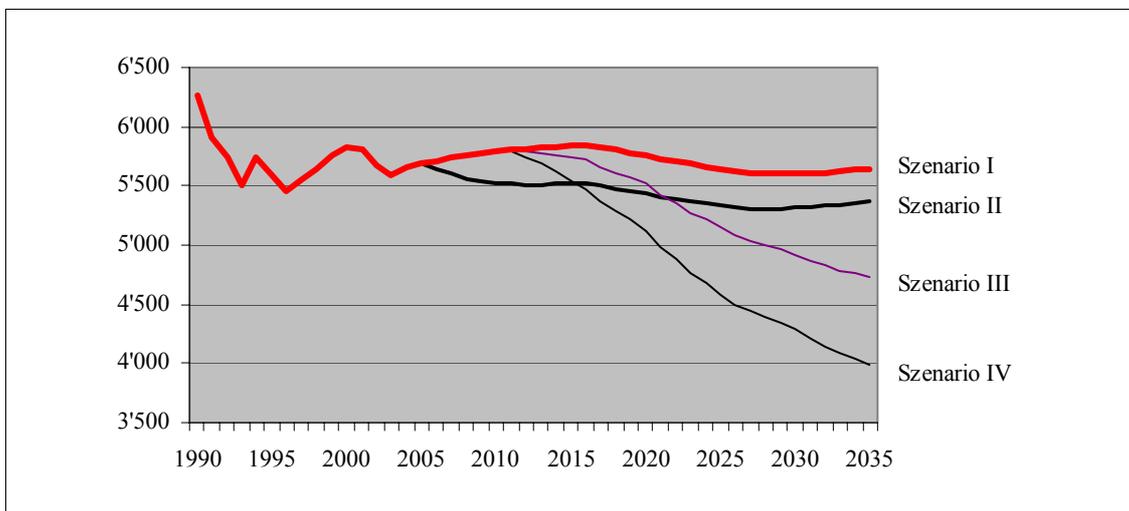
**Abb. 9-6: Elektrizitätsverbrauch in der BIP-hoch Entwicklung (TJ)**



**Abb. 9-7: Differenzen der Szenarien II, III und IV zu Szenario I für die BIP-hoch-Entwicklung im Jahr 2035 nach Energieträgern (PJ)**



**Abb. 9-8: CO<sub>2</sub>-Emissionen in der BIP-hoch Entwicklung (TJ)**

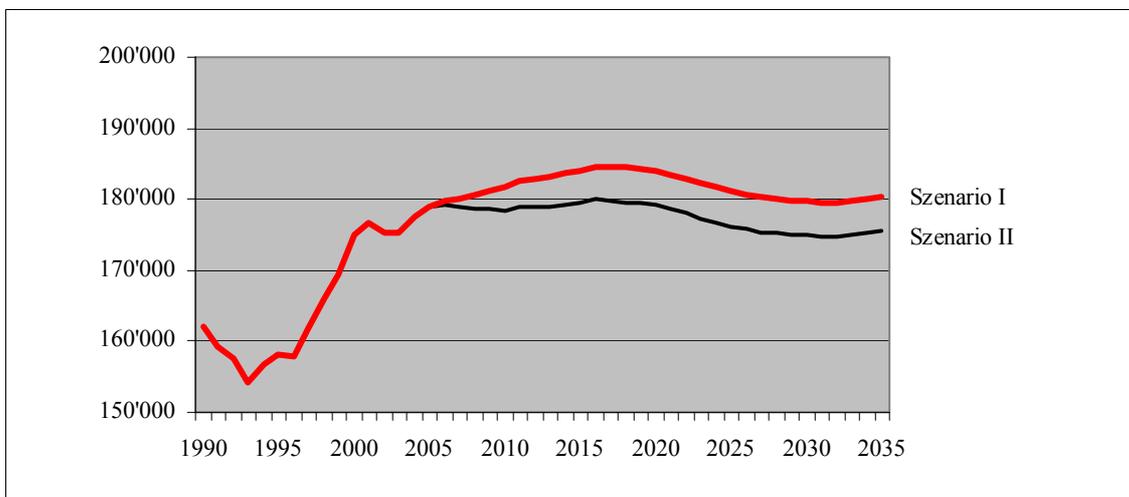


### 9.3 Szenarien I bis IV: Preise hoch

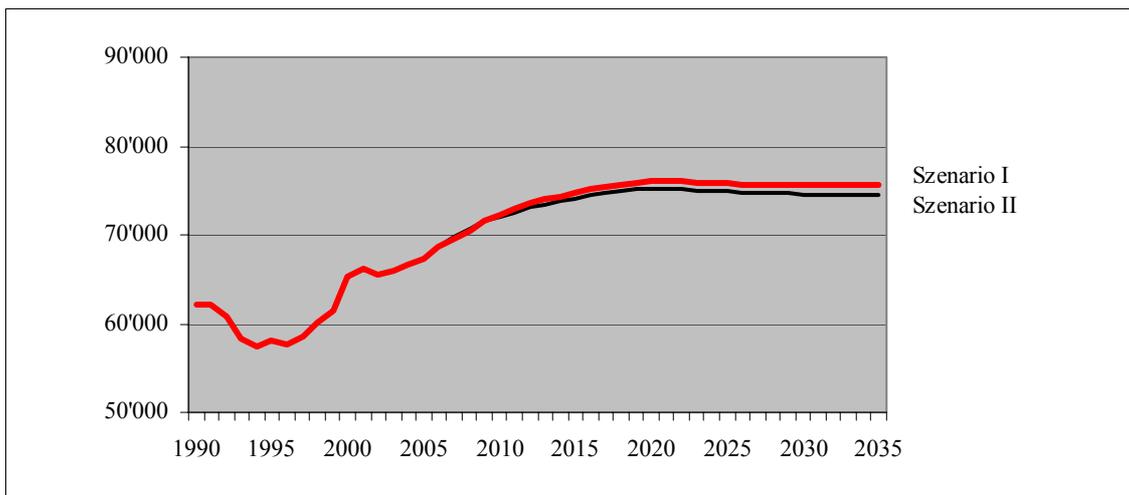
"Hohe Preise" werden nur in den Szenarien I und II als eigenständige Sensitivitätsvarianten durchgerechnet. Entsprechend zeigen die Abbildungen 9-9, 9-10 und 9-12 nur diese beiden Szenarien. Bei der Abbildung 9-11, die die Verbrauchsdifferenzen bei den einzelnen Energieträgern im Vergleich zu Szenario I für das Jahr 2035 zeigt, werden

zum Vergleich auch die *Trend*-Werte für die Szenarien III und IV dargestellt. Denn diese Szenarien sind ja durch eine Zielvorgabe geprägt, die die Höhe der unterstellten Lenkungsabgabe (größenordnungsmässig) bestimmen. Wenn nun das Ausgangspreisniveau etwas höher ist, dann kann man sich vorstellen, dass einfache die Abgabe etwas weniger hoch angesetzt wird. Für einen punktuellen Vergleich im Jahr 2035 ist es deshalb vertretbar, die Trendentwicklungen der Szenarien III und IV zum Differenzenvergleich heranzuziehen. Nicht vertretbar wäre dies für die Abbildungen 9-9, 9-10 und 9-12, die den Zeitablauf auf Jahresbasis zeigen.

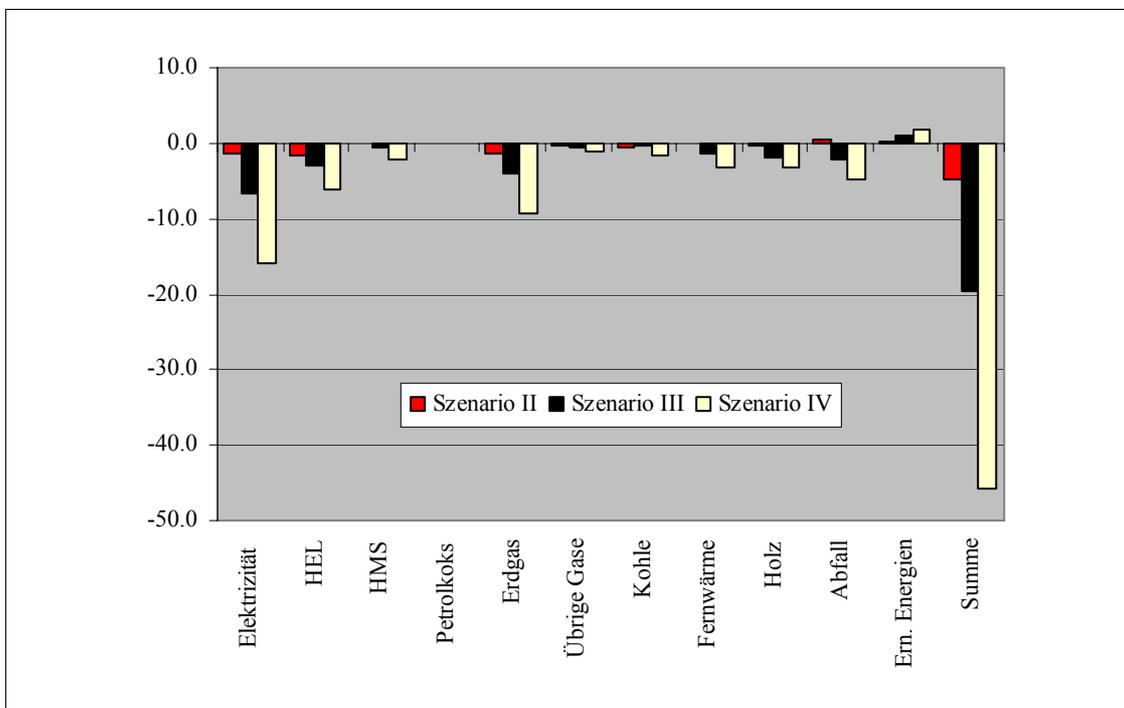
**Abb. 9-9: Energieverbrauch in der Preise-hoch-Entwicklung (TJ)**



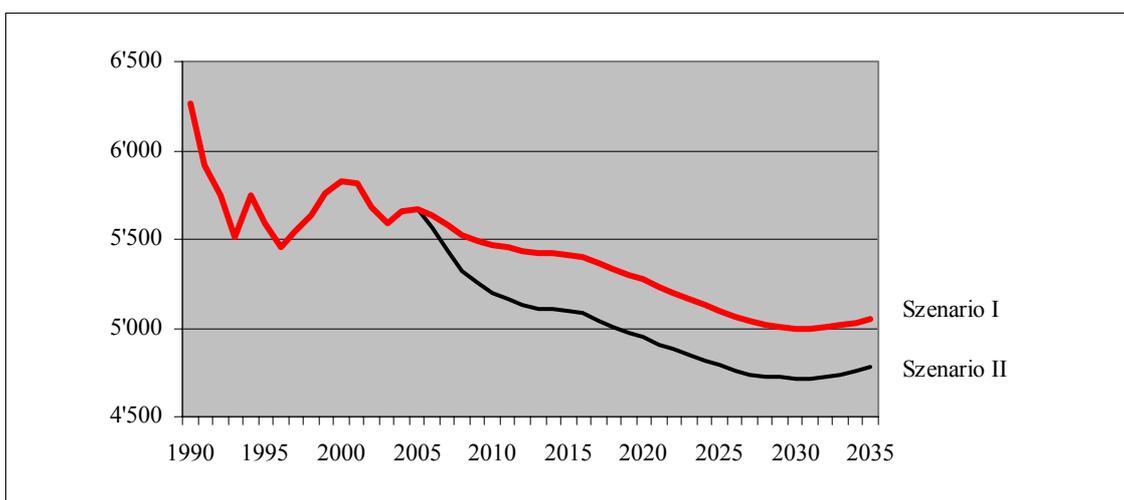
**Abb. 9-10: Elektrizitätsverbrauch in der Preise-hoch Entwicklung (TJ)**



**Abb. 9-11: Differenzen der Szenarien II, III und IV zu Szenario I für die Preise-hoch-Entwicklung für Szenario II und die Trend-Entwicklung für die Szenarien III und IV im Jahr 2035 nach Energieträgern (PJ)**



**Abb. 9-12: CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Preise-hoch Entwicklung (in 1000 Tonnen)**

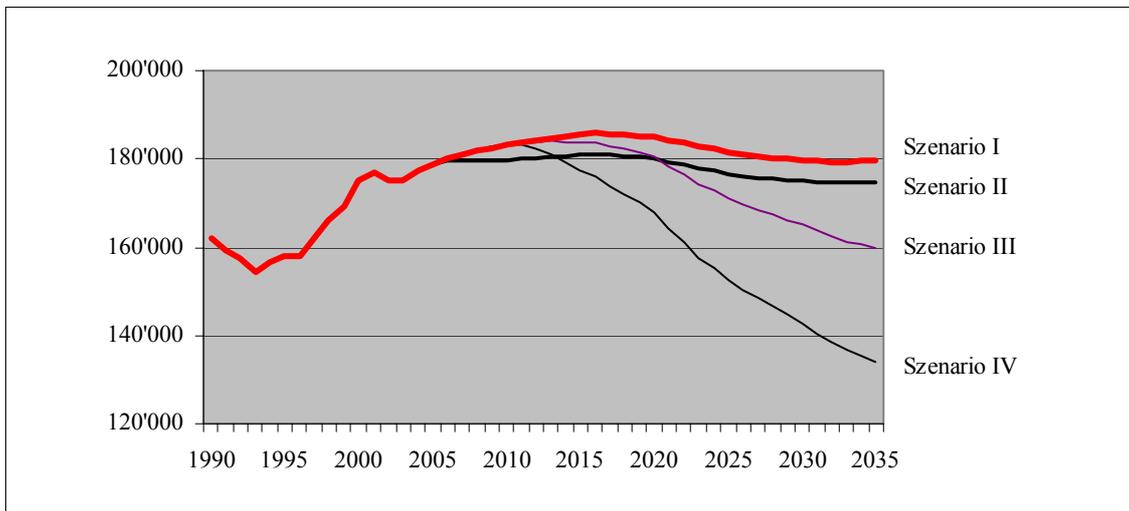


### 9.4 Szenarien I bis IV: Klima wärmer

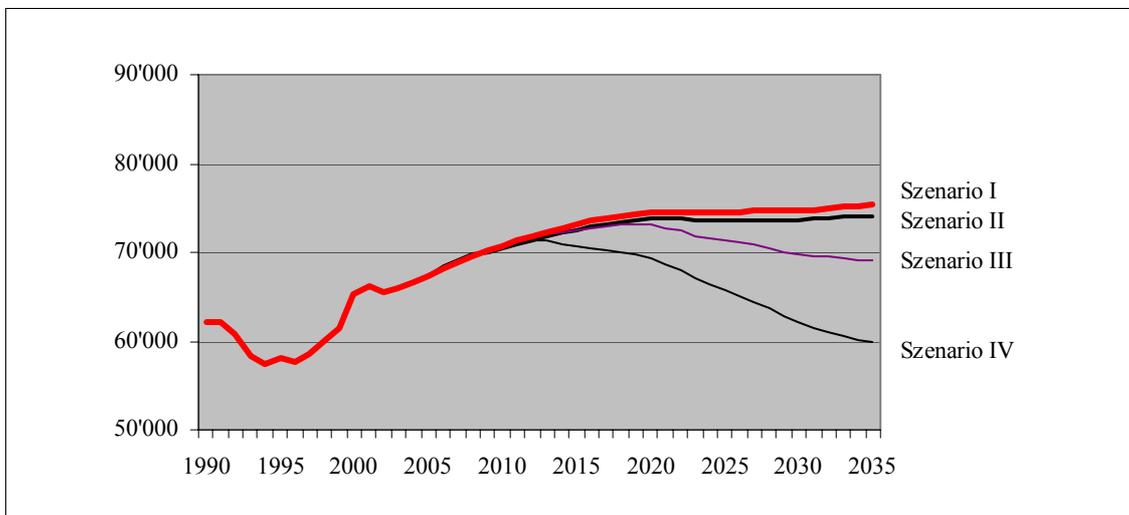
Die resultierende Energieverbrauchsentwicklung bei wärmerem Klima unterscheidet sich nur wenig von derjenigen im Trendfall (vgl. Abbildungen 9.13 bis 9-16). Dafür ist die angenommene Klimaerwärmung einfach zu gering. Vor allem in den eingriffsstar-

ken Szenarien III und IV folgen sehr kleine Effekte (siehe auch die entsprechenden Abbildungen in den Kapiteln 7 und 8).

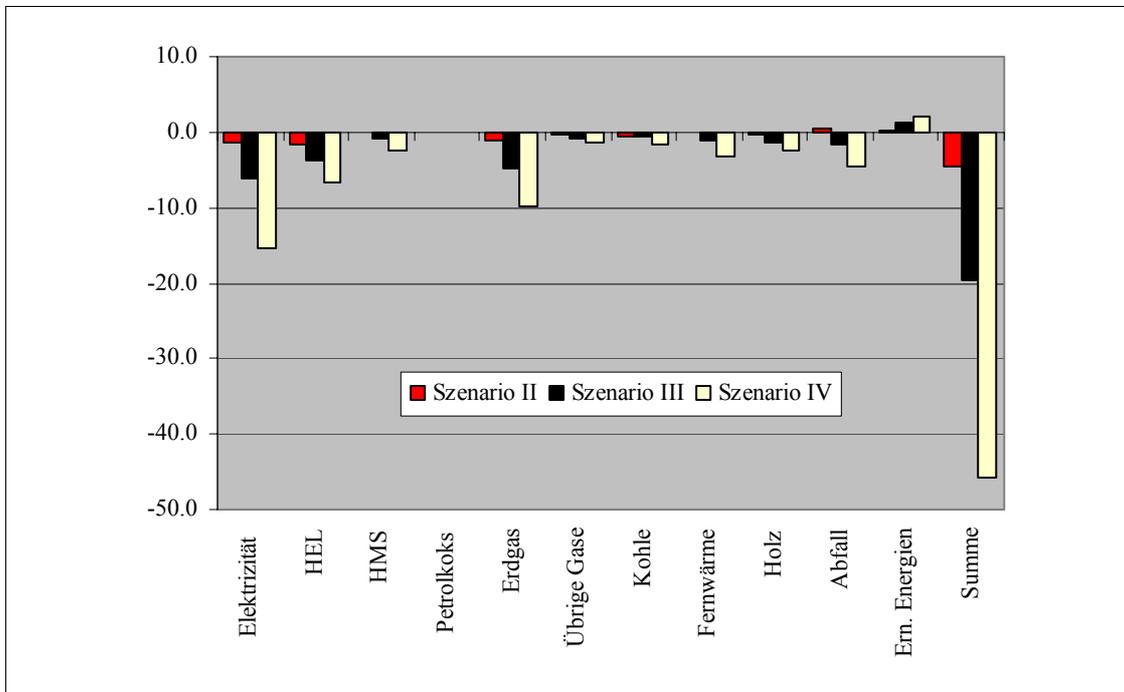
**Abb. 9-13: Energieverbrauch in der Klima-wärmer Entwicklung (TJ)**



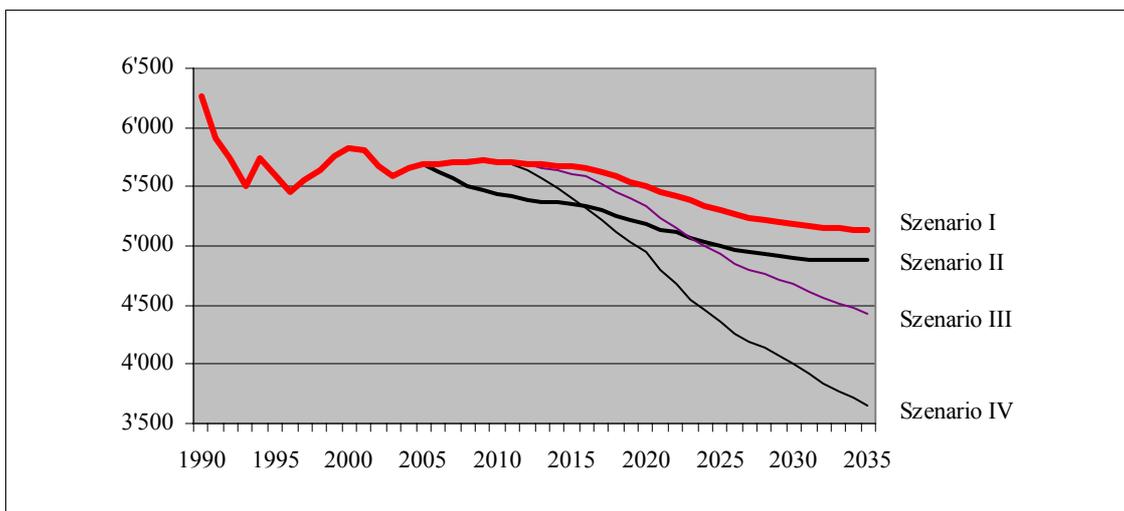
**Abb. 9-14: Elektrizitätsverbrauch in der Klima-wärmer Entwicklung (in TJ)**



**Abb. 9-15: Differenzen der Szenarien II, III und IV zu Szenario I für die Klima-wärme-Entwicklung im Jahr 2035 nach Energieträgern (PJ)**



**Abb. 9-16: CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Klima-wärmer Entwicklung (in 1000 Tonnen)**



### 9.5 Gesamtüberblick

Zum Schluss sollen noch die Resultate von allen durchgerechneten Szenarien für das Jahr 2035 bezüglich gesamtem Energieverbrauch, Elektrizitätsverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen einander gegenübergestellt werden (vgl. Tabelle 9-17). Die angegebene

maximale relative Spreizung gibt an, um welchen Prozentsatz das jeweilige Item beim Szenarium mit dem kleinsten Wert kleiner ist als im Vergleich zu jenem Szenario mit dem grössten Wert. Man kann diese Spreizung bei vorsichtiger Interpretation als Indikator für die "innere" und "äussere" Beeinflussbarkeit der entsprechenden Grösse ansehen. Je grösser diese Spreizung, desto eher ist diese Grösse veränderbar (über "innere" Einflüsse wie energiepolitische Massnahmen) oder variabel (über "äussere" Einflüsse wie volkswirtschaftlich Rahmenbedingungen). In diesem Sinne wären die CO<sub>2</sub>-Emissionen am stärksten beeinflussbar ...

**Abb. 9-17: Sämtliche durchgerechneten Szenarien im Überblick**

Szenario	Energieverbrauch		Elektrizitätsverbrauch		CO <sub>2</sub> -Emissionen	
	2035 (TJ)	Veränderung gegenüber 1990 (%)	2035 (TJ)	Veränderung gegenüber 1990 (%)	2035 (1000 t)	Veränderung gegenüber 1990 (%)
I-Trend	182'387	13	74'832	20	5'303	-15
I-BIP-hoch	193'669	19	80'297	29	5'648	-10
I-Preise-hoch	180'253	11	75'705	22	5'047	-19
I-Klima-wärmer	179'547	11	75'352	21	5'133	-18
I-Abgabe-Trend	182'046	12	75'336	21	5'181	-17
I-Abgabe-BIP-hoch	193'282	19	80'839	30	5'516	-12
I-Abgabe-Preise-hoch	180'025	11	76'215	23	4'929	-21
I-Abgabe-Klima-wärmer	179'205	11	75'857	22	5'010	-20
II-Trend	177'634	10	73'597	18	5'039	-20
II-BIP-hoch	188'972	17	79'140	27	5'377	-14
II-Preise-hoch	175'462	8	74'456	20	4'780	-24
II-Klima-wärmer	174'906	8	74'106	19	4'874	-22
III-Potenzial	156'202	-4	67'265	8	4'334	-31
III-Trend	160'664	-1	69'069	11	4'474	-29
III-BIP-hoch	172'782	7	77'053	24	4'728	-25
III-Klima-wärmer	159'972	-1	69'168	11	4'434	-29
IV*-Trend	148'795	-8	64'642	4	4'064	-35
IV-Trend	134'352	-17	59'779	-4	3'682	-41
IV-BIP-hoch	146'679	-10	66'857	8	3'985	-36
IV-Klima-wärmer	133'840	-17	59'880	-4	3'650	-42
Maximale relative Spreizung		-31		-26		-35

## 10 Qualität der Resultate

In diesem vorletzten Kapitel möchten wir einige Anmerkungen zur Qualität der Modellresultate machen. Die folgenden Kriterien werden diskutiert: Plausibilität, Interne Konsistenz, Robustheit, Genauigkeit und Nachvollziehbarkeit.

### Plausibilität

Zur Prüfung die inhaltliche Qualität kann die Plausibilität der Resultate herangezogen werden. Allerdings: Nicht jedes unplausible Resultat darf unbesehen gleich als Qualitätsmangel gelten. Denn unplausible (oder dann besser: nicht erwartete) Resultate könnten ja auch auf neue Erkenntnisse hindeuten. Diese müssten dann aber speziell gut begründbar sein. Wir sind der Meinung, dass die Modellierungsergebnisse im Ganzen und im Szenarienvergleich als plausibel angesehen werden können – im Detail gibt es aber Ausnahmen.

### Interne Konsistenz

Verwandt mit der Plausibilitätsprüfung ist die Prüfung der internen Konsistenz. Sie zielt aber mehr auf die logische Stimmigkeit als die inhaltliche. So sollte etwa das eingriffstärkere Szenario auch einen tieferen Energieverbrauch aufweisen. Oder die Wirkung von zwei sich konkurrenzierenden Massnahmen darf nicht addiert werden. Oder eine Reduktion der Papierproduktion müsste sich *ceteris paribus* auch in einem Produktionsrückgang der Druckindustrie niederschlagen. Oder eine starke Zunahme der Zementproduktion müsste sich auch in einer mehr oder weniger starken Zunahme der Bautätigkeit spiegeln. Usw. Soweit wir die Gesamtheit solcher Abhängigkeiten überhaupt übersehen können, sind wir der Meinung, dass tatsächlich eine ausreichende interne Konsistenz erreicht worden ist.

### Robustheit

Szenario-Resultate sollten "robust" sein. Dies bedeutet, dass im Allgemeinen kleine(re) Änderungen der Annahmen auch nur kleine(re) Änderungen der Resultate hervorrufen sollten. Robustheit heisst aber auch: Jene Annahmen bzw. jene Inputs, die das Modellresultat wesentlich bestimmen, sollten klar identifizierbar sein, und sie sollten mit einem besonders kritischen Auge betrachtet werden.

Wie in Kapitel 2 dargestellt, besteht der Kern des Modells in einer Multiplikation von Hochrechnungsfaktoren mit den entsprechenden spezifischen Energieverbräuchen. Während im Zeitablauf die Hochrechnungsfaktoren recht grosse Veränderungen zeigen

können<sup>32</sup>, sind demgegenüber die beobachteten spezifischen Verbräuche sehr viel stabiler. Die Gründe sind klar: Während die Vergrößerung oder Verkleinerung einer bestimmten Produktionslinie grundsätzlich sehr rasch erfolgen kann, kann sich deren energetische Verbesserung im Durchschnitt aller Anlagen nur recht langsam vollziehen<sup>33</sup>. Grössere (autonome) Veränderungen sind nur bei ausgeprägten Technologiesprüngen möglich, die von einer Branche als Ganzes quasi simultan vollzogen würden. Abgesehen von solchen Ausnahmeeffekten liegen die (autonomen) Veränderungsrate des spezifischen Energieverbrauchs bezogen auf *einen* Prozess in aller Regel deutlich unter einem Prozentpunkt je Jahr.<sup>34</sup>

Damit ist für die Energiemodellierung klar, dass die Hochrechnungsfaktoren im Wesentlichen den Energieverbrauch bestimmen, während die spezifischen Verbräuche einen deutlich kleineren Einfluss auf das Endresultat haben. Salopp gesprochen: Eine "Verschätzung" der Rohaluminiumproduktion für das Jahr 2035 um 50 oder mehr Prozent ist leicht möglich, eine "Verschätzung" des spezifischen Energieverbrauchs um 5 Prozent oder mehr ist aus technischen, d. h. Szenario-unabhängigen Gründen kaum möglich<sup>35</sup>. Deshalb wurde auch grosses Gewicht darauf gelegt, zu den beiden vorgegebenen Wertschöpfungsentwicklungen möglichst gut "passende" Hochrechnungsfaktoren zu finden. Und erst recht gilt dies für die Annahmen für Szenario IV: Ob man beispielsweise eine weite Verbreitung von elektronischem Papier 2035 unterstellt oder nicht, hat einen erheblichen Einfluss auf den Energieverbrauch der Papierindustrie.

Für eine Gesamtbeurteilung der Robustheit der Resultate ist noch eine weitere Überlegung notwendig. Die hier vorgestellten Perspektiven verstehen sich als Projektionen im Sinne eines *Mittelwertes* bzw. einer *durchschnittlichen* Entwicklung. Zunächst mal im Hinblick auf die Witterung: Es wird ein immer gleiches konstantes oder sich gleichmässig veränderndes Jahresklima angenommen. Von daher zeigen die Projektionen keine klimabedingten Zufallsschwankungen (obwohl man diese modellieren könnte). Aber auch im Hinblick auf "singuläre" Ereignisse, die modellmässig nicht zu fassen sind. So kann beispielsweise der starke Rückgang der Stahlproduktion Mitte der 90er Jahre, gefolgt von einem deutlichen Wiederanstieg in der jüngsten Vergangenheit naturgemäss nicht Gegenstand einer Projektion sein. Solche Phänomene können nur *ex post* in die Rechnungen eingehen.

---

32 Extremstes Beispiel in der Schweiz ist die Rohaluminiumproduktion, welche sich von 72'000 Tonnen im Jahre 1990 in nur fünf Jahren auf 21'000 Tonnen reduzierte und sich bis 2005 allmählich wieder auf 45'000 Tonnen erhöhte – mit mehr oder weniger proportionalen Folgen für den Energieverbrauch.

33 Dies ist denn auch einer der Gründe dafür, die Modellierung des spezifischen Energieverbrauchs über ein Kohortenmodell vorzunehmen: so wird sichergestellt, dass der energetischen Trägheit ausreichend Rechnung getragen wird.

34 Die Einschränkung ist wichtig. In einer Gesamtbilanz kann sich der spezifische Verbrauch völlig anders verhalten als in der Detailbetrachtung (Simpson-Paradox).

35 Immer vorausgesetzt, dass eigentliche Technologiesprünge ausgeschlossen werden.

## Genauigkeit

Wie "genau" sind unsere Resultate? Eigentlich ist die Frage so gar nicht beantwortbar. Denn was wären Genauigkeits-Kriterien für etwas, was noch in der *Zukunft* liegt? Dennoch möchten wir dazu ein paar Gedanken formulieren.

Zunächst: Soweit sich die Modellierungsergebnisse auf die *Vergangenheit* beziehen, kann man mit den üblichen Methoden der Statistik tatsächlich eine Genauigkeitsaussage in dem Sinne zu machen, dass man angibt, wie "genau" die angegebenen Daten die Wirklichkeit mutmasslich beschreiben. Mutmasslich deshalb, weil die Wirklichkeit im Allgemeinen ja nicht quantitativ vorgegeben ist, sondern aufgrund von Umfragen, Hochrechnungen usw. abgeschätzt werden muss. Darin inbegriffen ist auch die Erkenntnis, dass in praktisch jeder Genauigkeitsaussage vom Typ plus/minus  $x$  Prozent eine Wahrscheinlichkeitsaussage steckt. Denn eigentlich müsste man eine Wahrscheinlichkeit vorgeben, mit der eine solche Genauigkeitsaussage gelten soll. Die so abschätzbaren Genauigkeiten liegen in Bezug auf einzelne Energieträger in der Vergangenheit in einem Bereich von einigen Promillen bis einigen Prozenten – bei einem üblichen Vertrauensniveau von 95 Prozent.

Für jene Quantifizierungen, die sich auf die *Zukunft* beziehen, sind solche (absoluten) Genauigkeitsangaben nicht möglich. Bestenfalls sind relative Angaben möglich, indem Szenarien Wenn-Dann-Aussagen darstellen (sollen). So kann man beispielsweise relativ leicht eine minimale und eine maximale Auswirkung einer CO<sub>2</sub>-Abgabe in Szenario I abschätzen. Mit andern Worten: die Energieverbrauchsentwicklung in einem Szenario I mit Abgabe muss in einem relativ wohldefinierten Korridor um jene des Szenarios I ohne Abgabe liegen. Dieser Korridor, der im Jahre 2035 eine Breite von weniger als 5 PJ aufweist, vergleicht sich mit einer Positionsunschärfe des Korridors, die wohl um ein Mehrfaches grösser ist. In diesem Sinne wagen wir die Aussage, dass die absoluten Unterschiede der einzelnen Szenarien genauer sind als die absoluten Szenario-Werte selbst.

Darüber hinaus gilt ganz grundsätzlich: Je aggregierter ein Betreffnis ist, desto genauer ist es in der Regel.<sup>36</sup> Schliesslich gibt es Aussagen, die auch für die fernere Zukunft eine hohe A-priori-Genauigkeit beanspruchen können. So ist etwa der Elektrizitätsverbrauch für die Rohaluminiumproduktion bei vorgegebener Produktionsmenge im Jahr 2035 sicher auf 5 Prozent genau (oder noch genauer) bestimmt. Hingegen muss die Genauigkeit des ermittelten Energieverbrauchs der Maschinenindustrie (bei gleichem Vertrauensniveau) als deutlich geringer angesehen werden.

---

<sup>36</sup> Dies ist eine Folgerung des so genannten "Zentralen Grenzwertsatzes" in der Stochastik. Allerdings nimmt die Genauigkeit der Aggregation nur langsam mit der Anzahl der aggregierten Items zu.

### **Nachvollziehbarkeit**

Ein wichtiges Kriterium für die Beurteilung unserer Modellierungsarbeit müsste die Nachvollziehbarkeit aller Annahmen, Rechnungen, Modellierungsschritte usw. darstellen. Tatsächlich ist eine vollständige Nachvollziehbarkeit in einem Bottom-up-Ansatz eigentlich nicht zu erreichen. Erstens des quantitativen Umfangs wegen. Die explizite Auflistung aller Details (daten- und rechenmässig) ergäbe ein unverdaubares Konvolut. Zweitens und damit zusammenhängend der Kosten wegen. Denn eine nur einigermaßen nachvollziehbare Dokumentation würde einen erheblichen Berichterstattungsaufwand bedingen. Und drittens stehen der vollständigen Nachvollziehbarkeit auch Datenschutz und Copy-Right-Probleme im Wege. Nicht alles was in die Modellierung eingeflossen ist, kann öffentlich gemacht werden.

Nachvollziehbarkeit kann damit nur in einem eingeschränkten Sinne erreicht werden. Die Darstellung muss so sein, dass der Leser und die Leserin etwa abschätzen können, was gemacht wurde und wie sinnvoll dies mit Blick auf die Aufgabe tatsächlich war. Wir hoffen, dies mit dem vorliegenden Bericht und den zusätzlichen Ausführungen im Anhangsband erreicht zu haben. Für die Beantwortung von Detailfragen stehen wir im Rahmen des Machbaren – wie eingangs schon erwähnt – gerne zur Verfügung.

## 11 Schlussbetrachtung

Wir gestatten uns im Sinne einer Schlussbetrachtung einige wertende Anmerkungen. Diese beziehen sich auf die Vorgaben für die Rahmenentwicklung, auf die Technologieentwicklung ganz allgemein und schliesslich auf die zu untersuchenden Politikvarianten. Sie enden mit einer Empfehlung darüber, welches Szenario zusätzlich untersucht werden sollte und mit einem Appell, die "Vision 2050" an die Hand zu nehmen.

Die demografischen Vorgaben für die Szenarien scheinen uns nicht sehr realistisch. Extrapoliert man die demografische Entwicklung der letzten Jahre mit mehr oder weniger gleich bleibenden Veränderungsraten, dann ergäbe sich über die (ungebremste) Zuwanderung eine wesentlich grössere Bevölkerungszahl als angenommen und damit auch eine viel grössere Zahl arbeitsfähiger Menschen und damit *ceteris paribus* auch ein grösseres Wirtschaftswachstum.

Damit zusammenhängend: Die Trend-Variante der BIP-Entwicklung setzt ein bescheidenes Wachstum an. Es ist die Frage, ob bei zunehmender Globalisierung die Schweiz wirtschaftlich nicht sehr viel stärker unter Druck gerät. Oder ob sie umgekehrt gerade dem Druck widerstehen kann und dann auch ein (deutlich) grösseres Wachstum realisiert, wohl gar mehr als in der BIP-Variante Hoch. Die aktuelle Entwicklung scheint jedenfalls eher in die zweite Richtung zu weisen. Von daher wäre es aus unserer Sicht interessanter gewesen, die wirtschaftlichen Rahmenentwicklungen stärker zu spreizen. Mit andern Worten: Der Schweiz kann es eigentlich nur deutlich besser oder deutlich schlechter gehen als in der Trendvariante des BIP angenommen.

Die Szenarien reichen bis ins Jahr 2035. Erst wenn man die heutigen technischen Möglichkeiten mit denen vor 30 Jahren (1976) vergleicht, wird einem einerseits bewusst, wie gross die (technischen) Veränderungen bis ins Jahr 2035 sein könnten, andererseits aber auch, wie stabil gewisse technische Trends sind. Während die Szenarien I und II technisch gesehen eher "konservativ" angelegt sind, lassen die Szenarien III und vor allem IV erahnen, was technisch tatsächlich auf uns zukommen könnte. Möglicherweise ist Szenario IV *rein technologisch gesehen* näher an der Wirklichkeit als alle andern Szenarien.

Schliesslich: Das energiepolitisch interessanteste Szenario ist Szenario II. Die Kombination von CO<sub>2</sub>-Abgabe und einem transaktionsorientierten Ansatz scheint uns ein sehr viel versprechendes Konzept zu sein – vor allem dann, wenn man mit dem sparsamen Umgang mit der Energie und mit der Treibhausgasreduktionen wirklich ernst machen will. Deshalb schlagen wir vor, die von der politischen Eingriffsstärke her klaffende Lücke zwischen den Szenarien I und II einerseits und III und IV andererseits durch ein Szenario II+ zu schliessen, welches von einer höheren CO<sub>2</sub>-Abgabe als aktuell vorgesehen, auf einer Abgabe auf Elektrizität und einem dezidierten Transaktionsansatz ausgehen sollte.

Schliesslich möchten wir empfehlen, die Arbeiten zur "Vision 2050" nicht auszusetzen. Nicht um der Science-Fiction das Wort zu reden, sondern um ganz grundsätzlich über mögliche (energetische) Entwicklungspfade für die Schweiz nachzudenken – einer Schweiz, die sich in den nächsten 50 Jahren wohl mindestens so stark verändern wird wie in den letzten 50 Jahren ...

## Bibliografie

- Allplan (2005): Energieeffiziente Technologien und effizienzsteigernde Massnahmen, Praxiserprobte Anwendungen und Innovationen, Wien
- Basics (1997): Förderbeiträge aus dem Strompreiszuschlags-Fonds: Energetische Wirksamkeit und Verteilpolitik, Amt für Energie und technische Anlagen des Kantons Basel-Stadt
- Basics (1998): Effizienz energie- und umweltpolitischer Massnahmen: Querschnittsvergleich verschiedener Massnahmenansätze, Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern
- Basics (1999): Energie-Contracting in der Schweiz, Ausgestaltung – Wirkungen – Marktpotentiale, Bundesamt für Energie, Bern
- Basics (2000): Perspektiven des Energieverbrauchs in der Industrie, Modelldokumentation zu Handen des BFE, Bundesamt für Energie, Bern
- Basics (2001a): Evaluation der energetischen Wirkungen der Luftreinhalteverordnung unter der Berücksichtigung von unterschiedlichen Vollzugsmodellen der Feuerungskontrolle, Bundesamt für Energie und Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
- Basics (2001b): Machbarkeitsstudie Datenerhebung im Elektrizitätsbereich, Bereich Industrie, Bundesamt für Energie, Bern
- Basics (2001c): Technologiedatenbank für schweizerische Industrieprozesse: technische, exergetische und ökonomische Daten, Paul-Scherrer-Institut, Würenlingen
- Basics (2006a): Massnahmen zum Stromsparen bei elektrischen Antrieben in der Industrie, Marktanalyse in der Industrie, Bundesamt für Energie, Forschungsprogramm Elektrizität, Bern
- Basics (2006b): CO<sub>2</sub>-Emissionen 1990 - 2005 von Industrie und Dienstleistungen, Teil Industrie, internes Dokument zuhanden des BAFU
- Baumgartner W. et al. (2003): Nanotechnologie in der Medizin, Studie des Zentrums für Technologiefolgen-Abschätzung, Bern
- Beer de J. (2000): Potential for Industrial Energy-Efficiency Improvement in the Long Term (Eco-Efficiency in Industry and Science), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht et al.
- Beltrani G. et al. (2003): Förderung von Energieeffizienz in Unternehmen, Förderinstrumente mit und ohne Bezug auf Umweltmanagementsysteme, Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen, Bundesamt für Energie, Bern
- BFE (2006): Energieverbrauch in der Industrie und im Dienstleistungssektor, Resultate 2002 bis 2004, Bern
- BHP (1999): Effiziente Energienutzung: Investitionspraxis in der Industrie, Energiewirtschaftliche Grundlagen, Bundesamt für Energie, Bern
- Blok K. et al. (2004): The Effectiveness of Policy Instruments for Energy-Efficiency Improvement in Firms, The Dutch Experience, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht et al.
- Borner S. und Bodmer F. (2004): Wohlstand ohne Wachstum eine Schweizer Illusion, Orell Füssli, Zürich

- Brown H. L. et al. (1996): Energy Analysis of 108 Industrial Processes, The Fairmont Press, Lilburn, USA
- COM (2003): Commission of the European Communities Proposal for a Directive of the European Parliament of the Council on Energy End-use Efficiency and Energy Services, (COM (2003) 739)
- de Beer J. (2000): Potential for Industrial Energy-Efficiency Improvement in the Long Term (Eco-Efficiency in Industry and Science), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht et al.
- Diekmann, J. et al. (1999): Energie-Effizienz-Indikatoren: Statistische Grundlagen, theoretische Fundierung und Orientierungsbasis für die politische Praxis, Reihe: Umwelt und Ökonomie, Band 32, Springer-Verlag, Heidelberg et al.
- DUBBEL(2002): Das elektronische Taschenbuch für den Maschinenbau, Version 2.0, 2002, CD-ROM, Springer, electronic media, Heidelberg
- EBP und Infrac (2003): Förderung von Energieeffizienz in Unternehmen, Förderinstrumente mit und ohne Bezug auf Umweltmanagementsysteme
- ECOPLAN (1998): Investitionsentscheide und Energiesparoptionen: Umfrage zu Hemmnissen und Einflussfaktoren, Zusammenfassung mit Schwerpunkt Schweiz, in: Ecoplan: Method for Integrated evaluation of benefits, costs and effects of programmes for promoting energy conservation, Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen, Bundesamt für Energie, Bern
- FfE (2003): Senkung des Energieverbrauchs branchenübergreifender Techniken, Kurzbbericht: <http://www.ffe.de/index2.htm>
- Geiger B. et al (1999): Energieverbrauch und Einsparung in Gewerbe, Handel und Dienstleistung, Physica-Verlag, Heidelberg
- Gloor R. (2000): Energieeinsparungen bei Druckluftanlagen in der Schweiz, Bundesamt für Energie, Bern
- Hotz-Hart B. et al (2006): Volkswirtschaft der Schweiz, Aufbruch ins 21. Jahrhundert, 4., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, vdf, Zürich  
<http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/motorchallenge/>
- IKARUS (1997): IKARUS-Datenbank, Ein Informationssystem zur technischen, wirtschaftlichen und umweltrelevanten Bewertung von Energietechniken, Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich
- ISI (1999): Massnahmen zur Förderung der rationellen Energienutzung bei elektrischen Antrieben, Endbericht zum Forschungsauftrag 19/98 an das Bundesministerium für Wirtschaft, Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe
- ISI et al. (2003): Möglichkeiten, Potenziale, Hemmnisse und Instrumente zur Senkung des Energieverbrauchs branchenübergreifender Techniken in den Bereichen Industrie und Kleinverbrauch, Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe
- Jischa M. F. (2005): Herausforderung Zukunft, Technischer Fortschritt und Globalisierung, Spektrum, München
- Jochem E. (Hrsg. 2004b): Steps towards a sustainable development, A White Book for R & D of energy-efficient technologies, ETH, Zürich
- Jochem E. et al. (Hrsg. 2004): Energieperspektiven und CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenziale in der Schweiz bis 2010, vdf, Zürich

- de Keulenaer H. et al. (2005): Energy Efficient Motor Driven Systems, in: Radgen P. (Ed., 2005): Conference Proceedings, Volume I und II, eemods 05, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart
- KfW (2005): KfW-Befragung zu den Hemmnissen und Erfolgsfaktoren von Energieeffizienz in Unternehmen, KfW-Bankengruppen Abteilung Volkswirtschaft, Frankfurt
- Motor Challenge Programme (o.Jg.): <http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/motorchallenge/index.htm>
- Popper S. W. et al. (2006): Szenarien – die Kunst in die Zukunft zu blicken, in: Menschheit am Scheideweg, Spektrum der Wissenschaft, Dossier 6/06, S. 76 – 82, Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft, Heidelberg
- Prognos (2006a): Auswertung I des Kompakt-Delphi-Prozesses, Thesen zur langfristigen Technologienentwicklung für das Szenario IV "Wege zur 2000-Watt-Gesellschaft", Arbeitsbericht, Basel
- Prognos (2006b): Prognos World-Reports 2006, Industrial Countries 2004-2025, Facts, Figures and Forecasts
- Rentsch H. et al. (2004): Ökonomik der Reform, Wege zu mehr Wachstum in der Schweiz, Orell Füssli, Zürich
- Rigassi R. et al. (2005): Technologie-Monitoring, Weitere Bereiche – Vertiefungen; Energiewirtschaftliche Grundlagen, Bundesamt für Energie, Bern
- S.A.F.E. (2001): Energieeffizienz bei Elektrogeräten, Wirkung der Instrumente und Massnahmen, Energiewirtschaftliche Grundlagen, Bundesamt für Energie, Bern
- Schmid C. (2004): Energieeffizienz in Unternehmen, eine wissenschaftliche Analyse von Einflussfaktoren und Instrumenten, vdf, Zürich
- Syrene (1994): Long term Industrial Energy Efficiency Improvement: Technology Descriptions, NOVEM, Netherlands
- UNIDO (2002): International Practice in Technology Foresight, UNIDO, Wien
- Worrell E., de Beer J. (1993): Industrial Process Data Descriptions, for the EMS study, Utrecht University, Dept. of Science, Technology and Society, The Netherlands



## **Anhang: Energie- und Emissionsdaten für alle Szenarien**

Auf den folgenden Seiten sind für alle durchgerechneten Szenarien für die Stichjahre 1990, 2003, 2005, 2020, 2015, 2020, 2025 2030 und 2035 die Energieverbräuche und CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern sowie die gesamten NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen zusammengefasst. Im Anhangsband ist zusätzlich das Mengengerüst für Szenario I-Trend wiedergegeben.



## Szenario I-Trend

### Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.3	70.7	72.9	74.3	74.2	74.3	74.8
HEL	27.0	30.9	30.5	30.7	30.0	29.6	28.6	27.2	26.7	26.5
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.7	5.8	5.9	5.8	5.7	5.6
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.8	38.3	38.9	38.0	36.9	36.4	36.5
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.7	5.7	5.5	5.3	5.2	5.1
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	6.1	5.9	5.9	5.9	5.9	5.8
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	6.0	6.2	6.3	6.2	6.2	6.1
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	6.0	6.2	6.9	7.1	7.2	7.3
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	13.9	13.8	13.7	13.3	13.3	13.3
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0
Summe	162.1	175.1	175.2	179.0	183.6	186.5	186.4	183.5	182.2	182.4

### CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (1000 Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'276	2'249	2'261	2'210	2'185	2'110	2'006	1'965	1'952
HMS	1'459	578	434	440	442	447	451	446	439	431
Petrolkoks	119	50	38	39	39	39	39	38	38	37
Erdgas	1'136	1'983	1'974	2'026	2'109	2'141	2'089	2'029	2'001	2'007
Übrige Gase	268	389	347	360	369	369	356	345	336	330
Kohle	1'288	547	545	563	574	558	556	556	551	545
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6'263	5'823	5'587	5'688	5'744	5'740	5'601	5'420	5'329	5'303

### NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
NO <sub>x</sub> -Emissionen	10'181	4'937	4'548	4'509	4'441	4'293	4'366	4'264	4'157	4'072
PM10-Emissionen	1'338	762	750	765	729	675	570	565	555	545

## Szenario I-BIP-hoch

### Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.3	71.7	74.7	77.0	77.4	78.4	80.3
HEL	27.0	30.9	30.5	30.7	30.2	30.1	29.4	28.2	28.0	28.1
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.8	5.9	5.9	5.9	5.9	5.8
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.8	38.6	39.5	38.9	38.2	38.0	38.5
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.8	5.9	5.8	5.8	5.8	5.8
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	6.2	6.1	6.2	6.3	6.3	6.3
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	6.0	6.1	6.2	6.1	6.0	5.9
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	6.1	6.3	7.1	7.4	7.5	7.7
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	14.0	13.9	13.9	13.6	13.6	13.7
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.7	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1
Summe	162.1	175.1	175.2	178.9	185.4	189.9	191.7	190.4	191.0	193.7

### CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (1000 Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'009	2'249	2'261	2'227	2'220	2'165	2'081	2'061	2'070
HMS	1'459	1'323	434	440	444	451	458	455	451	446
Petrolkoks	119	107	38	39	40	41	41	41	41	42
Erdgas	1'136	1'185	1'974	2'026	2'124	2'174	2'140	2'100	2'091	2'119
Übrige Gase	268	308	347	360	376	384	378	375	373	375
Kohle	1'288	983	545	563	581	574	580	588	591	595
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6'263	5'916	5'587	5'688	5'792	5'844	5'761	5'640	5'608	5'648

### NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
NO <sub>x</sub> -Emissionen	10'181	4'937	4'548	4'509	4'479	4'372	4'490	4'432	4'368	4'327
PM10-Emissionen	1'338	762	750	765	735	688	587	588	584	579

## Szenario I-Preise-hoch

### Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.4	72.3	74.7	76.0	75.8	75.7	75.7
HEL	27.0	30.9	30.5	30.5	28.3	27.5	26.4	25.0	24.4	24.8
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.3	5.4	5.4	5.3	5.3	5.3
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.7	36.5	36.9	36.0	34.9	34.4	34.9
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.4	5.4	5.2	5.1	5.0	4.9
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	6.1	5.9	5.9	5.8	5.8	5.7
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	6.0	6.2	6.3	6.2	6.2	6.0
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	6.2	6.4	7.1	7.4	7.4	7.5
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	14.5	14.4	14.3	13.9	13.8	13.7
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.8	0.9	1.1	1.2	1.3	1.3
Summe	162.1	175.1	175.2	178.8	181.7	184.1	184.1	181.1	179.7	180.3

### CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (1000 Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'009	2'249	2'248	2'086	2'025	1'948	1'846	1'800	1'829
HMS	1'459	1'323	434	437	410	412	416	411	405	406
Petrolkoks	119	107	38	39	39	39	38	38	37	36
Erdgas	1'136	1'185	1'974	2'021	2'006	2'030	1'979	1'921	1'893	1'917
Übrige Gase	268	308	347	359	351	350	338	329	322	320
Kohle	1'288	983	545	563	572	555	551	550	543	539
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6'263	5'916	5'587	5'667	5'465	5'412	5'270	5'094	5'000	5'047

### NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
NO <sub>x</sub> -Emissionen	10'181	4'937	4'548	4'497	4'337	4'174	4'246	4'149	4'045	3'989
PM10-Emissionen	1'338	752	737	750	709	647	532	522	506	492

## Szenario I-Klima-wärmer

### Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.3	70.7	73.1	74.5	74.5	74.7	75.4
HEL	27.0	30.9	30.5	30.7	29.7	29.1	27.9	26.3	25.5	25.2
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.7	5.8	5.8	5.7	5.6	5.5
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.8	38.1	38.5	37.3	36.1	35.4	35.3
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.7	5.7	5.5	5.3	5.2	5.1
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	6.1	5.9	5.9	5.9	5.9	5.8
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	6.0	6.2	6.3	6.2	6.1	6.0
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	5.9	6.0	6.6	6.7	6.7	6.7
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	13.9	13.8	13.7	13.3	13.2	13.3
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0
Summe	162.1	175.1	175.2	179.0	183.1	185.4	184.9	181.5	179.8	179.5

### CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (1000 Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'009	2'249	2'261	2'191	2'147	2'057	1'938	1'883	1'854
HMS	1'459	1'323	434	440	441	445	448	441	434	426
Petrolkoks	119	107	38	39	39	39	39	38	38	37
Erdgas	1'136	1'185	1'974	2'026	2'097	2'116	2'053	1'984	1'945	1'941
Übrige Gase	268	308	347	360	369	369	356	345	336	330
Kohle	1'288	983	545	563	574	558	556	555	550	545
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6'263	5'916	5'587	5'688	5'711	5'675	5'508	5'302	5'185	5'133

### NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
NO <sub>x</sub> -Emissionen	10'181	4'937	4'548	4'509	4'415	4'244	4'286	4'158	4'028	3'919
PM10-Emissionen	1'338	762	750	765	725	668	563	557	545	533

## Szenario I-Abgabe-Trend

### Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.3	71.6	73.9	75.1	75.0	74.9	75.3
HEL	27.0	30.9	30.5	30.7	29.2	28.8	27.9	26.6	26.1	26.0
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.5	5.6	5.7	5.6	5.5	5.5
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.8	37.6	38.3	37.4	36.4	35.9	36.1
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.6	5.6	5.4	5.3	5.1	5.1
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	5.4	5.2	5.3	5.3	5.3	5.3
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	6.0	6.2	6.3	6.2	6.2	6.1
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	6.1	6.3	7.0	7.2	7.3	7.3
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	14.8	14.7	14.6	14.1	14.0	13.9
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.7	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1
Summe	162.1	175.1	175.2	179.0	183.0	185.8	185.9	183.0	181.8	182.0

### CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (1000 Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'009	2'249	2'261	2'151	2'124	2'055	1'958	1'921	1'914
HMS	1'459	1'323	434	440	426	432	437	432	427	421
Petrolkoks	119	107	38	39	32	33	32	32	32	32
Erdgas	1'136	1'185	1'974	2'026	2'070	2'105	2'056	2'000	1'976	1'986
Übrige Gase	268	308	347	360	362	363	350	340	332	327
Kohle	1'288	983	545	563	511	492	494	499	499	499
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6'263	5'916	5'587	5'688	5'552	5'548	5'425	5'261	5'186	5'181

### NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
NO <sub>x</sub> -Emissionen	10'181	4'937	4'548	4'509	4'246	4'096	4'184	4'100	4'009	3'944
PM10-Emissionen	1'338	752	737	750	676	615	506	499	487	475

## Szenario I-Abgabe-BIP-hoch

### Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.3	72.6	75.6	77.9	78.2	79.1	80.8
HEL	27.0	30.9	30.5	30.7	29.4	29.3	28.6	27.6	27.3	27.6
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.5	5.7	5.8	5.7	5.7	5.7
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.8	37.9	38.9	38.3	37.6	37.5	38.1
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.7	5.8	5.7	5.7	5.7	5.7
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	5.5	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	5.9	6.1	6.2	6.1	6.0	5.9
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	6.1	6.4	7.1	7.4	7.6	7.7
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	14.9	14.8	14.8	14.4	14.3	14.4
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.7	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2
Summe	162.1	175.1	175.2	178.9	184.7	189.2	191.2	189.9	190.5	193.3

### CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (1000 Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'009	2'249	2'261	2'167	2'158	2'109	2'031	2'014	2'030
HMS	1'459	1'323	434	440	427	436	443	441	438	436
Petrolkoks	119	107	38	39	33	34	34	35	35	36
Erdgas	1'136	1'185	1'974	2'026	2'085	2'138	2'106	2'070	2'065	2'097
Übrige Gase	268	308	347	360	369	377	372	370	368	372
Kohle	1'288	983	545	563	517	505	515	528	536	545
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6'263	5'916	5'587	5'688	5'598	5'648	5'579	5'474	5'457	5'516

### NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
NO <sub>x</sub> -Emissionen	10'181	4'937	4'548	4'509	4'282	4'171	4'301	4'259	4'210	4'189
PM10-Emissionen	1'338	752	737	750	682	627	522	521	514	507

## Szenario I-Abgabe-Preise-hoch

### Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.4	73.2	75.7	76.9	76.5	76.3	76.2
HEL	27.0	30.9	30.5	30.5	27.5	26.7	25.7	24.4	23.9	24.3
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.1	5.2	5.2	5.2	5.1	5.2
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.7	35.8	36.3	35.4	34.4	34.0	34.5
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.3	5.3	5.1	5.0	4.9	4.9
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	5.4	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	6.0	6.2	6.3	6.2	6.2	6.0
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	6.3	6.5	7.2	7.4	7.5	7.5
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	15.4	15.4	15.2	14.7	14.6	14.4
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.8	1.0	1.1	1.3	1.4	1.4
Summe	162.1	175.1	175.2	178.8	181.2	183.7	183.8	180.8	179.4	180.0

### CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (1000 Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'009	2'249	2'248	2'030	1'969	1'897	1'801	1'760	1'793
HMS	1'459	1'323	434	437	395	398	403	399	394	397
Petrolkoks	119	107	38	39	32	32	32	32	32	32
Erdgas	1'136	1'185	1'974	2'021	1'969	1'996	1'948	1'893	1'869	1'898
Übrige Gase	268	308	347	359	344	344	332	325	318	317
Kohle	1'288	983	545	563	509	489	490	493	492	493
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6'263	5'916	5'587	5'667	5'280	5'229	5'102	4'943	4'864	4'929

### NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
NO <sub>x</sub> -Emissionen	10'181	4'937	4'548	4'497	4'147	3'983	4'069	3'990	3'902	3'864
PM10-Emissionen	1'338	752	737	750	677	613	499	492	478	468

## Szenario I-Abgabe-Klima-wärmer

### Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.3	71.6	74.0	75.4	75.3	75.4	75.9
HEL	27.0	30.9	30.5	30.7	28.9	28.3	27.2	25.6	24.9	24.6
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.5	5.6	5.6	5.6	5.5	5.4
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.8	37.4	37.8	36.7	35.5	34.9	34.9
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.6	5.6	5.4	5.3	5.1	5.1
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	5.4	5.2	5.3	5.3	5.3	5.3
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	6.0	6.2	6.3	6.2	6.1	6.0
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	6.0	6.1	6.7	6.8	6.8	6.7
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	14.8	14.7	14.6	14.1	13.9	13.9
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.7	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1
Summe	162.1	175.1	175.2	179.0	182.4	184.8	184.4	181.0	179.4	179.2

### CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (1000 Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'009	2'249	2'261	2'132	2'086	2'002	1'890	1'838	1'816
HMS	1'459	1'323	434	440	424	429	433	428	422	416
Petrolkoks	119	107	38	39	32	33	32	32	32	32
Erdgas	1'136	1'185	1'974	2'026	2'058	2'080	2'020	1'955	1'920	1'920
Übrige Gase	268	308	347	360	362	363	350	340	332	327
Kohle	1'288	983	545	563	510	492	494	498	499	499
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6'263	5'916	5'587	5'688	5'519	5'483	5'331	5'143	5'042	5'010

### NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
NO <sub>x</sub> -Emissionen	10'181	4'937	4'548	4'509	4'220	4'047	4'104	3'994	3'880	3'791
PM10-Emissionen	1'338	752	737	750	672	608	499	491	477	464

## Szenario II-Trend

### Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.3	70.4	72.3	73.5	73.3	73.3	73.6
HEL	27.0	30.9	30.5	30.7	28.6	27.8	26.7	25.4	24.9	24.9
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.5	5.6	5.6	5.6	5.5	5.4
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.8	37.2	37.5	36.5	35.5	35.1	35.3
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.5	5.5	5.2	5.1	5.0	4.9
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	5.4	5.2	5.2	5.3	5.3	5.3
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	6.0	6.2	6.3	6.2	6.2	6.0
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	5.9	5.9	6.5	6.7	6.8	6.9
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	14.8	14.7	14.5	14.0	13.9	13.9
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1
Summe	162.1	175.1	175.2	179.0	180.3	181.9	181.6	178.6	177.4	177.6

### CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (1000 Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'276	2'249	2'261	2'105	2'048	1'970	1'873	1'838	1'834
HMS	1'459	578	434	440	424	430	434	430	424	419
Petrolkoks	119	50	38	39	32	33	32	32	32	32
Erdgas	1'136	1'983	1'974	2'026	2'046	2'063	2'008	1'952	1'928	1'939
Übrige Gase	268	389	347	360	356	353	340	330	321	317
Kohle	1'288	547	545	563	510	491	493	497	497	498
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6'263	5'823	5'587	5'688	5'473	5'418	5'277	5'114	5'042	5'039

### NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
NO <sub>x</sub> -Emissionen	10'181	4'937	4'548	4'509	4'185	3'998	4'063	3'977	3'890	3'828
PM10-Emissionen	1'338	752	737	750	666	601	496	489	477	466

## Szenario II-BIP-hoch

### Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.3	71.4	74.1	76.2	76.6	77.4	79.1
HEL	27.0	30.9	30.5	30.7	28.8	28.3	27.5	26.5	26.2	26.5
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.5	5.6	5.7	5.7	5.7	5.6
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.8	37.5	38.2	37.5	36.8	36.7	37.3
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.6	5.7	5.6	5.6	5.5	5.6
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	5.5	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	5.9	6.1	6.1	6.0	6.0	5.8
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	5.9	6.1	6.7	7.0	7.1	7.3
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	14.8	14.8	14.7	14.3	14.3	14.3
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.8	0.9	1.1	1.2	1.2	1.2
Summe	162.1	175.1	175.2	178.9	182.2	185.5	186.9	185.6	186.2	189.0

### CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (1000 Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'009	2'249	2'261	2'124	2'087	2'027	1'949	1'934	1'951
HMS	1'459	1'323	434	440	426	434	441	439	436	434
Petrolkoks	119	107	38	39	33	34	34	35	35	36
Erdgas	1'136	1'185	1'974	2'026	2'062	2'099	2'061	2'024	2'019	2'051
Übrige Gase	268	308	347	360	364	368	361	359	358	362
Kohle	1'288	983	545	563	517	504	514	526	535	544
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6'263	5'916	5'587	5'688	5'525	5'525	5'438	5'332	5'316	5'377

### NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
NO <sub>x</sub> -Emissionen	10'181	4'937	4'548	4'509	4'225	4'078	4'186	4'142	4'095	4'076
PM10-Emissionen	1'338	752	737	750	672	613	512	511	505	499

## Szenario II-Preise-hoch

### Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.4	72.0	74.1	75.2	74.9	74.6	74.5
HEL	27.0	30.9	30.5	30.5	26.9	25.7	24.6	23.3	22.8	23.3
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.1	5.1	5.2	5.1	5.1	5.1
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.7	35.3	35.4	34.4	33.4	33.0	33.5
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.2	5.2	5.0	4.8	4.7	4.7
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	5.4	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	5.9	6.1	6.2	6.1	6.1	6.0
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	6.1	6.1	6.7	6.9	7.0	7.1
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	15.4	15.3	15.1	14.7	14.5	14.3
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.5	1.5
Summe	162.1	175.1	175.2	178.8	178.5	179.6	179.2	176.3	174.9	175.5

### CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (1000 Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'009	2'249	2'248	1'985	1'896	1'815	1'720	1'681	1'715
HMS	1'459	1'323	434	437	394	396	400	396	391	394
Petrolkoks	119	107	38	39	32	32	32	32	32	32
Erdgas	1'136	1'185	1'974	2'021	1'941	1'948	1'893	1'838	1'814	1'843
Übrige Gase	268	308	347	359	338	334	321	313	307	306
Kohle	1'288	983	545	563	507	486	486	489	488	489
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6'263	5'916	5'587	5'667	5'197	5'092	4'947	4'789	4'714	4'780

### NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
NO <sub>x</sub> -Emissionen	10'181	4'937	4'548	4'497	4'081	3'876	3'939	3'857	3'772	3'739
PM10-Emissionen	1'338	752	737	750	665	596	487	480	467	458

## Szenario II-Klima-wärmer

### Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.3	70.4	72.5	73.7	73.6	73.7	74.1
HEL	27.0	30.9	30.5	30.7	28.3	27.3	26.0	24.5	23.9	23.6
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.5	5.5	5.6	5.5	5.4	5.4
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.8	37.0	37.1	35.9	34.7	34.1	34.1
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.5	5.5	5.2	5.1	5.0	4.9
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	5.4	5.2	5.2	5.3	5.3	5.3
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	6.0	6.2	6.2	6.1	6.1	5.9
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	5.8	5.8	6.3	6.4	6.3	6.3
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	14.8	14.7	14.5	14.0	13.9	13.8
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1
Summe	162.1	175.1	175.2	179.0	179.8	180.9	180.1	176.7	175.1	174.9

### CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (1000 Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'009	2'249	2'261	2'086	2'012	1'918	1'808	1'759	1'740
HMS	1'459	1'323	434	440	423	427	431	425	419	413
Petrolkoks	119	107	38	39	32	33	32	32	32	32
Erdgas	1'136	1'185	1'974	2'026	2'034	2'039	1'973	1'907	1'874	1'875
Übrige Gase	268	308	347	360	356	353	340	330	321	317
Kohle	1'288	983	545	563	510	491	492	497	497	498
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6'263	5'916	5'587	5'688	5'441	5'354	5'186	5'000	4'903	4'874

### NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
NO <sub>x</sub> -Emissionen	10'181	4'937	4'548	4'509	4'160	3'950	3'987	3'876	3'767	3'683
PM10-Emissionen	1'338	752	737	750	661	594	489	481	468	456

## Szenario III-Potenzial

### Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.3	70.7	71.7	71.7	69.6	67.9	67.3
HEL	27.0	30.9	30.5	30.7	30.0	28.2	25.7	22.8	21.4	20.5
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.7	5.7	5.7	5.4	5.2	4.7
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.8	38.3	38.1	36.1	33.2	31.6	30.3
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.7	5.5	5.1	4.7	4.4	4.1
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	6.1	5.7	5.6	5.5	5.4	5.3
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	6.0	6.1	6.0	5.7	5.4	4.6
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	6.0	5.8	6.1	5.6	5.3	5.2
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	13.9	13.5	13.2	12.3	12.0	11.6
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.7	1.0	1.2	1.5	1.9	2.3
Summe	162.1	175.1	175.2	179.0	183.6	181.7	176.7	166.7	160.9	156.2

### CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (1000 Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'009	2'249	2'261	2'210	2'076	1'897	1'682	1'581	1'510
HMS	1'459	1'323	434	440	442	439	435	419	400	365
Petrolkoks	119	107	38	39	39	38	37	36	34	33
Erdgas	1'136	1'185	1'974	2'026	2'109	2'095	1'987	1'827	1'736	1'664
Übrige Gase	268	308	347	360	369	356	329	305	287	267
Kohle	1'288	983	545	563	574	538	522	515	504	495
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6'263	5'916	5'587	5'688	5'744	5'541	5'206	4'783	4'543	4'334

### NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
NO <sub>x</sub> -Emissionen	10'181	4'937	4'548	4'509	4'441	4'123	4'020	3'713	3'505	3'305
PM10-Emissionen	1'338	752	737	750	709	623	501	473	449	424

## Szenario III-Trend

### Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.3	70.7	72.4	73.0	71.2	69.6	69.1
HEL	27.0	30.9	30.5	30.7	30.0	29.1	27.3	24.5	23.0	21.8
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.7	5.7	5.7	5.5	5.2	4.8
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.8	38.3	38.5	36.8	34.0	32.2	30.8
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.7	5.6	5.3	4.9	4.6	4.3
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	6.1	5.7	5.6	5.5	5.4	5.3
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	6.0	6.2	6.2	5.9	5.6	4.8
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	6.0	6.1	6.5	6.1	5.8	5.6
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	13.9	13.5	13.2	12.3	12.0	11.6
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.7	1.0	1.2	1.5	1.9	2.3
Summe	162.1	175.1	175.2	179.0	183.6	184.4	181.2	171.8	165.8	160.7

### CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (1000 Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'276	2'249	2'261	2'210	2'147	2'013	1'803	1'693	1'604
HMS	1'459	578	434	440	442	441	439	423	404	368
Petrolkoks	119	50	38	39	39	39	37	36	35	34
Erdgas	1'136	1'983	1'974	2'026	2'109	2'119	2'026	1'868	1'774	1'695
Übrige Gase	268	389	347	360	369	363	342	317	299	276
Kohle	1'288	547	545	563	574	540	525	518	507	497
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6'263	5'823	5'587	5'688	5'744	5'649	5'382	4'966	4'710	4'474

### NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
NO <sub>x</sub> -Emissionen	10'181	4'937	4'548	4'509	4'441	4'203	4'162	3'863	3'641	3'416
PM10-Emissionen	1'338	752	737	750	709	634	513	485	460	432

**Szenario III-BIP-hoch****Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)**

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.3	71.7	74.7	76.8	76.4	76.2	77.1
HEL	27.0	30.9	30.5	30.7	30.2	29.5	27.9	25.2	23.8	22.8
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.8	5.8	5.8	5.6	5.4	4.9
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.8	38.6	39.1	37.7	35.1	33.5	32.4
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.8	5.8	5.6	5.3	5.1	4.8
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	6.2	5.9	5.8	5.8	5.8	5.8
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	6.0	6.1	6.0	5.8	5.4	4.6
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	6.1	6.1	6.6	6.2	5.9	5.7
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	14.0	13.6	13.3	12.6	12.3	12.0
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.7	1.0	1.2	1.4	1.9	2.4
Summe	162.1	175.1	175.2	178.9	185.4	188.2	187.1	179.7	175.7	172.8

**CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (1000 Tonnen)**

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'009	2'249	2'261	2'227	2'177	2'054	1'856	1'754	1'677
HMS	1'459	1'323	434	440	444	445	445	431	414	380
Petrolkoks	119	107	38	39	40	40	39	39	38	37
Erdgas	1'136	1'185	1'974	2'026	2'124	2'150	2'072	1'929	1'845	1'780
Übrige Gase	268	308	347	360	376	377	361	343	329	312
Kohle	1'288	983	545	563	581	555	547	547	543	541
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6'263	5'916	5'587	5'688	5'792	5'743	5'519	5'145	4'923	4'728

**NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)**

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
NO <sub>x</sub> -Emissionen	10'181	4'937	4'548	4'509	4'479	4'274	4'265	3'995	3'795	3'597
PM10-Emissionen	1'338	752	737	750	715	646	528	505	483	460

## Szenario III-Klima-wärmer

### Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.3	70.7	72.5	73.1	71.3	69.7	69.2
HEL	27.0	30.9	30.5	30.7	29.8	28.9	27.0	24.2	22.7	21.5
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.7	5.7	5.7	5.5	5.2	4.8
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.8	38.1	38.3	36.6	33.7	32.0	30.5
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.7	5.6	5.3	4.9	4.6	4.3
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	6.1	5.7	5.6	5.5	5.4	5.3
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	6.0	6.2	6.2	5.9	5.6	4.8
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	5.9	6.0	6.4	5.9	5.7	5.4
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	13.9	13.5	13.2	12.3	12.0	11.6
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.7	1.0	1.2	1.5	1.9	2.3
Summe	162.1	175.1	175.2	179.0	183.2	183.8	180.6	171.2	165.1	160.0

### CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (1000 Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'009	2'249	2'261	2'193	2'128	1'992	1'782	1'670	1'581
HMS	1'459	1'323	434	440	441	440	438	421	403	367
Petrolkoks	119	107	38	39	39	39	37	36	35	34
Erdgas	1'136	1'185	1'974	2'026	2'098	2'106	2'012	1'854	1'758	1'679
Übrige Gase	268	308	347	360	369	363	342	317	299	276
Kohle	1'288	983	545	563	574	539	524	518	507	497
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6'263	5'916	5'587	5'688	5'714	5'614	5'345	4'928	4'671	4'434

### NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
NO <sub>x</sub> -Emissionen	10'181	4'937	4'548	4'509	4'418	4'177	4'131	3'830	3'606	3'380
PM10-Emissionen	1'338	752	737	750	705	631	510	483	457	429

## Szenario IV\*-Trend

### Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.3	70.7	71.7	71.7	69.0	66.2	64.6
HEL	27.0	30.9	30.5	30.7	30.0	28.1	25.5	21.9	20.2	18.8
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.7	5.7	5.6	5.4	5.1	4.5
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.8	38.3	38.0	35.9	32.5	30.5	28.5
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.7	5.5	5.0	4.6	4.3	3.8
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	6.1	5.7	5.5	5.4	5.3	5.2
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	6.0	6.1	5.9	5.6	5.2	4.1
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	6.0	5.9	6.1	5.4	5.0	4.7
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	13.9	13.5	13.1	12.0	11.6	11.1
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.7	1.0	1.3	1.7	2.3	3.1
Summe	162.1	175.1	175.2	179.0	183.6	181.5	176.1	164.0	156.1	148.8

### CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (1000 Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'009	2'249	2'261	2'210	2'068	1'878	1'617	1'491	1'386
HMS	1'459	1'323	434	440	442	437	432	413	390	344
Petrolkoks	119	107	38	39	39	38	37	35	34	32
Erdgas	1'136	1'185	1'974	2'026	2'109	2'089	1'975	1'790	1'676	1'567
Übrige Gase	268	308	347	360	369	354	326	297	276	248
Kohle	1'288	983	545	563	574	537	520	512	499	488
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6'263	5'916	5'587	5'688	5'744	5'523	5'168	4'663	4'366	4'064

### NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
NO <sub>x</sub> -Emissionen	10'181	4'937	4'548	4'509	4'441	4'123	4'005	3'638	3'387	3'123
PM10-Emissionen	1'338	762	750	765	729	650	530	502	479	452

## Szenario IV-Trend

### Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.3	70.7	70.6	69.3	65.5	61.9	59.8
HEL	27.0	30.9	30.5	30.7	30.0	28.0	25.4	21.8	20.1	18.7
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.7	5.4	4.9	4.4	4.0	3.2
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.8	38.3	37.3	34.4	30.3	28.0	25.6
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.7	5.5	5.0	4.5	4.2	3.8
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	6.1	5.5	5.0	4.7	4.3	4.0
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	6.0	5.7	5.0	4.3	3.8	2.7
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	6.0	5.8	5.9	5.1	4.7	4.3
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	13.9	12.9	11.8	10.3	9.5	8.8
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.7	1.0	1.3	1.7	2.3	3.1
Summe	162.1	175.1	175.2	179.0	183.6	178.0	168.5	153.2	143.3	134.4

### CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (1000 Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'276	2'249	2'261	2'210	2'065	1'871	1'608	1'481	1'375
HMS	1'459	578	434	440	442	415	381	338	305	244
Petrolkoks	119	50	38	39	39	38	35	33	30	29
Erdgas	1'136	1'983	1'974	2'026	2'109	2'052	1'891	1'668	1'541	1'410
Übrige Gase	268	389	347	360	369	353	324	294	273	243
Kohle	1'288	547	545	563	574	517	474	442	408	380
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6'263	5'823	5'587	5'688	5'744	5'440	4'976	4'383	4'039	3'682

### NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
NO <sub>x</sub> -Emissionen	10'181	4'937	4'548	4'509	4'441	4'023	3'771	3'295	2'967	2'631
PM10-Emissionen	1'338	752	737	750	709	606	460	408	366	323

## Szenario IV-BIP-hoch

### Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.3	71.7	72.9	72.9	70.3	67.8	66.9
HEL	27.0	30.9	30.5	30.7	30.2	28.5	26.1	22.7	21.2	20.1
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.8	5.4	5.0	4.5	4.2	3.4
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.8	38.6	37.9	35.3	31.5	29.5	27.5
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.8	5.7	5.3	5.0	4.7	4.3
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	6.2	5.7	5.3	5.0	4.7	4.4
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	6.0	5.6	4.9	4.3	3.8	2.8
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	6.1	5.9	6.1	5.4	5.0	4.6
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	14.0	13.0	12.0	10.6	9.8	9.2
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.7	1.0	1.3	1.7	2.3	3.1
Summe	162.1	175.1	175.2	178.9	185.4	181.9	174.6	161.3	153.4	146.7

### CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (1000 Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'009	2'249	2'261	2'227	2'101	1'921	1'675	1'564	1'478
HMS	1'459	1'323	434	440	444	419	389	350	322	265
Petrolkoks	119	107	38	39	40	39	37	35	33	32
Erdgas	1'136	1'185	1'974	2'026	2'124	2'085	1'941	1'735	1'625	1'512
Übrige Gase	268	308	347	360	376	367	344	321	304	281
Kohle	1'288	983	545	563	581	532	495	469	441	416
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6'263	5'916	5'587	5'688	5'792	5'543	5'126	4'585	4'289	3'985

### NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
NO <sub>x</sub> -Emissionen	10'181	4'937	4'548	4'509	4'479	4'105	3'893	3'456	3'162	2'857
PM10-Emissionen	1'338	752	737	750	715	619	476	429	392	352

## Szenario IV-Klima-wärmer

### Energienachfrage nach Energieträgern (PJ)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	62.2	65.2	65.9	67.3	70.7	70.7	69.4	65.6	62.0	59.9
HEL	27.0	30.9	30.5	30.7	29.8	27.8	25.1	21.6	19.9	18.4
HMS	19.0	7.5	5.6	5.7	5.7	5.4	4.9	4.4	3.9	3.2
Petrolkoks	1.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
Erdgas	20.7	36.1	35.9	36.8	38.1	37.1	34.2	30.1	27.8	25.4
Übrige Gase	4.1	6.0	5.4	5.6	5.7	5.5	5.0	4.5	4.2	3.8
Kohle	13.7	5.8	5.8	6.0	6.1	5.5	5.0	4.7	4.3	4.0
Fernwärme	3.5	5.7	6.0	6.3	6.0	5.6	5.0	4.3	3.8	2.7
Holz	3.8	5.3	5.7	5.8	5.9	5.7	5.8	5.0	4.6	4.2
Abfall	6.7	11.7	13.4	13.8	13.9	12.9	11.8	10.3	9.5	8.8
Erneuerbare Energien	0.1	0.4	0.6	0.6	0.7	1.0	1.3	1.7	2.3	3.1
Summe	162.1	175.1	175.2	179.0	183.2	177.5	168.0	152.7	142.7	133.8

### CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern (1000 Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Elektrizität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEL	1'993	2'009	2'249	2'261	2'193	2'047	1'853	1'590	1'463	1'357
HMS	1'459	1'323	434	440	441	413	380	337	304	243
Petrolkoks	119	107	38	39	39	38	35	33	30	29
Erdgas	1'136	1'185	1'974	2'026	2'098	2'040	1'879	1'656	1'529	1'398
Übrige Gase	268	308	347	360	369	353	324	294	273	243
Kohle	1'288	983	545	563	574	517	473	441	408	380
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare Energien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6'263	5'916	5'587	5'688	5'714	5'408	4'944	4'352	4'007	3'650

### NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen (Tonnen)

	1990	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
NO <sub>x</sub> -Emissionen	10'181	4'937	4'548	4'509	4'418	3'999	3'744	3'268	2'940	2'604
PM10-Emissionen	1'338	752	737	750	705	602	458	406	364	321