

Energieperspektiven 2035/2050

Energienachfrage

# Energieverbrauch Industrie

Ergebnisse des Szenariums II

Stand 9. 12. 2005

---

Auftraggeber  
Bundesamt für Energie, Bern

Bearbeiter  
Walter Baumgartner  
Orsi Ebert  
Felix Weber



## Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>1 Definition des Szenariums</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Vorgaben</b>	<b>1</b>
1.1.1 Der energiepolitische Rahmen	1
1.1.2 Subventionierung von Transaktionskosten	3
1.1.3 Subventionierung von Einzeltechniken	6
<b>1.2 Operationalisierung</b>	<b>7</b>
1.2.1 Wirtschaftliche Sparpotenziale	7
1.2.2 Massnahmentypen	9
<b>2 Resultate</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Energieverbrauch</b>	<b>12</b>
2.1.1 Trend	12
2.1.2 BIP hoch	14
2.1.3 Preise hoch	16
2.1.4 Klima wärmer	18
<b>2.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen</b>	<b>20</b>
2.2.1 Trend	20
2.2.2 BIP hoch	21
2.2.3 Preise hoch	22
2.2.4 Klima wärmer	23
<b>2.3 Übersicht</b>	<b>23</b>
<b>2.4 Spezifische Reduktionskosten</b>	<b>24</b>
<b>Bibliografie (Auszug)</b>	<b>25</b>



## Einleitung

Zur Zeit werden im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE) für die Schweiz neue Energieperspektiven ausgearbeitet. Das vorliegende Dokument befasst sich mit dem Teil Industrie, der von Basics bearbeitet wird. Es fasst für das Szenarium II die wichtigsten Vorgaben und Annahmen zusammen und gibt einen knappen Überblick über die Resultate. Die Darstellung entspricht dem **Stand der Arbeiten per Anfang Dezember 2005**. Eine ausführliche Darstellung ist mit dem Abschluss der Arbeiten vorgesehen.

## 1 Definition des Szenariums

### 1.1 Vorgaben

#### 1.1.1 Der energiepolitische Rahmen

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 Ia, dem eigentlichen Trendszenario (für Details vgl. die Berichterstattung zu den Ergebnissen von Szenario Ia und Ib). In energiepolitischer Hinsicht geht das Szenario II aber von einer "verstärkten Zusammenarbeit" zwischen Staat und Wirtschaft aus. Ausgangspunkt ist dabei eine für die Wirtschaft geltende CO<sub>2</sub>-Abgabe (gemäss Szenario Ib, siehe oben). Die 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 1-1 zusammengefassten Preiserhöhungen auf fossilen Energieträgern (Angaben im Vergleich zu den Preisannahmen von Szenario Ia).

**Tab. 1-1: 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

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 BUWAL).

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 im "gleichen Sinne" fortbestehen bleibt. (Die "reale"<sup>1</sup> CO<sub>2</sub>-Abgabe ist Moment nur bis zum Jahre 2012 vorgesehen.)
- (3) In einigen Kantonen können sich grössere Unternehmen mit Vereinbarungen (freiwillige oder verpflichtungstaugliche<sup>2</sup>) von Detailvorschriften befreien lassen. 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 eine Vereinbarung mit dem Bund, dem Kanton oder direkt bestehen würde. In diesen Fällen würde das Eingehen einer Sparverpflichtung mit einem günstigeren Elektrizitätstarif belohnt.

---

<sup>1</sup> "Real" meint hier das, was im Rahmen der Vorbereitung der CO<sub>2</sub>-Abgabe effektiv gilt bzw. gemacht oder geplant wird. Dies kann sich von dem unterscheiden, was in den Szenarien Ib und II angenommen wird, da zur Zeit der Abfassung dieser Zeilen einige Unsicherheiten über das Schicksal der CO<sub>2</sub>-Abgabe bestehen.

<sup>2</sup> Im Zusammenhang mit der CO<sub>2</sub>-Gesetzgebung sind freiwillige Vereinbarungen und verpflichtungstaugliche Vereinbarungen zu unterscheiden. Letztere nur würden bei Einführung einer CO<sub>2</sub>-Abgabe in eine Verpflichtung übergeführt, die dann die Rückerstattung der Abgabe zur Folge hätte. (Im Rahmen von Szenario Ia werden entsprechend nur Vereinbarungen, allenfalls verpflichtungstaugliche, eingegangen.)

- (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 einzuführende 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 Ib und II zu ziehen. Grundsätzlich bedeutet ja Szenario II nur, dass die mit Szenario Ib 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 massnahmenspezifischen Unterschieden ausgeht. Es muss hier deshalb betont werden, dass in "Realität" eine so klare Scheidung weder möglich noch sinnvoll ist<sup>3</sup>.

### 1.1.2 Subventionierung von Transaktionskosten

Zwei Drittel (jährlich 20 Mio Franken) des zur Verfügung stehenden Betrages sollen für die Subventionierung von Transaktionskosten aufgewendet werden und zwar in Form einer institutionalisierten Energieberatung von KMU's (kleinere und mittlere Un-

---

<sup>3</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 Ib 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 Massnahmensseite resultieren. Hier müsste man im Realisierungsfall bzw. bei der Optimierung des Szenarios sicher noch einen bestimmten Ausgleich schaffen.

ternehmen). KMU's sind im Ausgangsszenario Ib, 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 Ib 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<sup>4</sup> jeder Arbeitsstätte von 4 bis 249 Beschäftigten mindestens einmal eine Energieberatung durch einen branchenkundigen Experten angedeihen zu lassen. Dabei werden die in Tabelle 1-2 wiedergegebenen Förderbeiträge angenommen.<sup>4</sup>

**Tab. 1-2: Unterstellte Förderbeiträge je Beratung und Arbeitsstätte im Vierjahresturnus**

Grösse der Arbeitsstätte	0004-0009	0010-0019	0020-0049	0050-0099	0100-0199	0200-0249
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 gekommen, 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 5 bis 10 Prozent gibt, ist unbestritten und wird damit für das Szenario II als gegeben vorausgesetzt (Details weiter unten). Natürlich sind dabei gewisse Hemmnisse zu überwinden (vgl. etwa BHP 1999, Beltrani 2003, 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 ausgeweitet werden sollen:

- (1) Durch das Eingehen einer Verpflichtung, im Umfang der wirtschaftlichen Sparpotenziale Energiesparmassnahmen zu treffen, soll auf einfache Weise für kleine Un-

<sup>4</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.

ternehmen 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 Effizienztarifen 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 Effizienztarife bei steigenden Grenzbeschaffungskosten sowohl für die Kunden wie auch für die EW's 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>5</sup> – der Durchschnitt aller Arbeitstätten in den nicht energieintensiven Branchen mit 4 bis 9 Beschäftigten im-

---

<sup>5</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

merhin 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 1-3).

**Tab. 1-3: 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 Ib)**

	0004-0009	0010-0019	0020-0049	0050-0099	0100-0199	0200-0249
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
Energie, Wasser	18'319	39'641	87'637	193'991	373'286	598'254
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 1-2 aufgeführt).

### 1.1.3 Subventionierung von Einzeltechniken

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 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 be-

---

einer CO<sub>2</sub>-Abgabe auf dem Diesel würde auch der Bausektor das "10'000-Franken-Kriterium" erfüllen.

stimmte Einzeltechniken fokussiertes Subventionsprogramm (mit in der Regel grossen Mitnahmeeffekten) gedacht wird, sondern an ein Subventionsprogramm, das sich an den konkreten Gegebenheiten von Einzelfällen orientiert.

## 1.2 Operationalisierung

In diesem Abschnitt wird darauf eingegangen, wie das Szenario II effektiv quantifiziert wird. Weitere Details werden im Schlussbericht dargestellt werden.

### 1.2.1 Wirtschaftliche Sparpotenziale

Oben wurde erwähnt, dass man gemeinhin davon ausgeht, dass man im Durchschnitt etwa 5 bis 10 Prozent des Energieverbrauchs mit wirtschaftlichen Massnahmen, d.h. mit Pay-Back-Zeiten von maximal 4 bis 5 Jahren einsparen könnte. Viele Untersuchungen scheinen dies zu bestätigen (vgl. Tabelle 1-4, welche eine kleine Auswahl von Studien zum technischen und wirtschaftlichen Potenzial von verschiedenen Anwendungen im Industriebereich zeigt<sup>6</sup>), aber auch die bislang bekannt gewordenen Erfahrungen der EnAW, wie auch unsere eigenen Untersuchungen und Befragungen im Industriebereich.

Daraus wurden Branche für Branche und Energieträger für Energieträger aktuell gültige wirtschaftliche Sparpotenziale gegenüber Szenario Ib abgeschätzt (vgl. Tabelle 1-5). Dies bedeutet, dass diese Potenziale in den nächsten 4 bis 5 Jahren zu Pay-Back-Zeiten unter 5 Jahren grundsätzlich realisierbar sein sollten.

---

<sup>6</sup> Die vollständige Literaturlauswertung ist in der Schlussberichterstattung enthalten. Nicht bei allen Studien ist im Übrigen klar, welches jeweils das angewandte Wirtschaftlichkeitskriterium ist.

**Tab. 1-4 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

**Tab. 1-5: In der Modellrechnung angenommene relative und effektiv ausschöpfbare Sparpotenziale 2006 für KMU's gegenüber Szenario Ib (unter Berücksichtigung eines Abschlages für Doppelzählungen)**

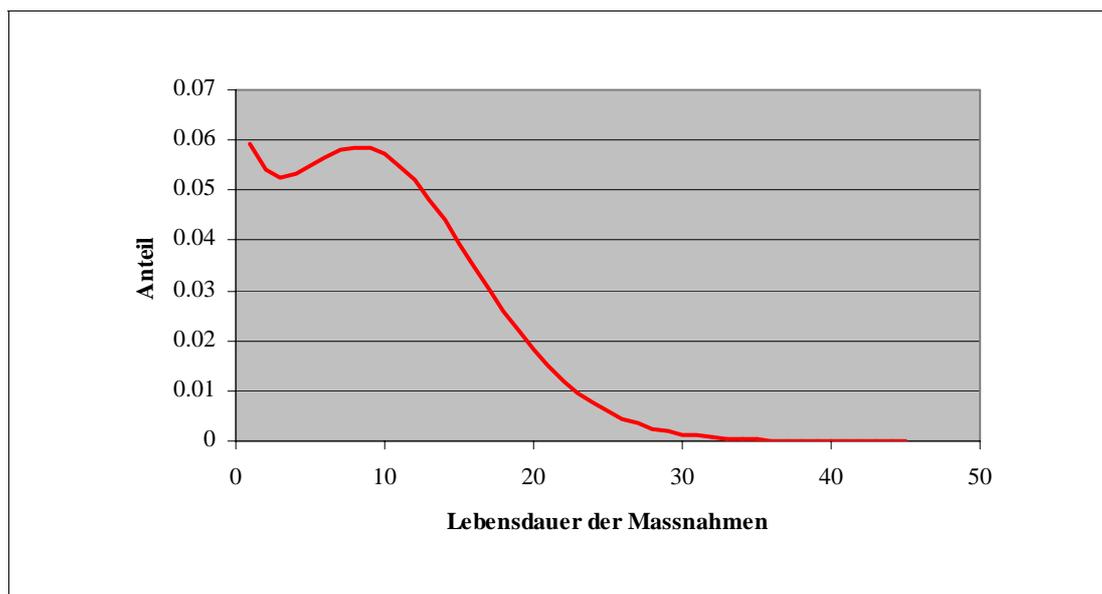
Nr.	Branche	HEL (%)	Gas (%)	Elektrizität (%)
1	Nahrungs- und Genussmittel	6.3	4.9	3.9
2	Bekleidungsindustrie	6.5	5.1	4.1
3	Papierindustrie	2.6	2.0	1.6
4	Chemie	5.3	4.1	3.3
5	Glas	5.4	4.2	3.4
6	Keramik und Ziegel	2.3	1.8	1.5
7	Zement	1.9	1.5	1.2
8	Übrige NE-Mineralien	2.4	1.9	1.5
9	Metalle, Giessereien	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

## 1.2.2 Massnahmentypen

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 1-6 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 2002) sowie eine Literaturwertung. Modellbasierte Sensitivitätsanalysen haben im Übrigen gezeigt, dass die erreichten Energieverbrauchsminde- rungen gegenüber unterschiedlichen Verteilungsannahmen sehr robust sind – von den ersten paar Jahren abgesehen.

**Abb. 1-6: 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). 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.<sup>7</sup>

Die Abbildung 1-7 zeigt, wie die gesamte Massnahmenwirkung mit der Zeit in Abhängigkeit der Lebensdauer der Massnahmen anwächst. Die angegebene Wirkung wird dabei mit dem Szenario Ib verglichen. Die längerfristige Abnahme der Massnahmenwirkung hängt mit der im Szenario Ib schon erhaltenen Ausschöpfung von Sparpotenzialen gegenüber einer reinen Trendentwicklung zusammen. 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.

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 auf Dauer auch aufrecht erhalten werden.

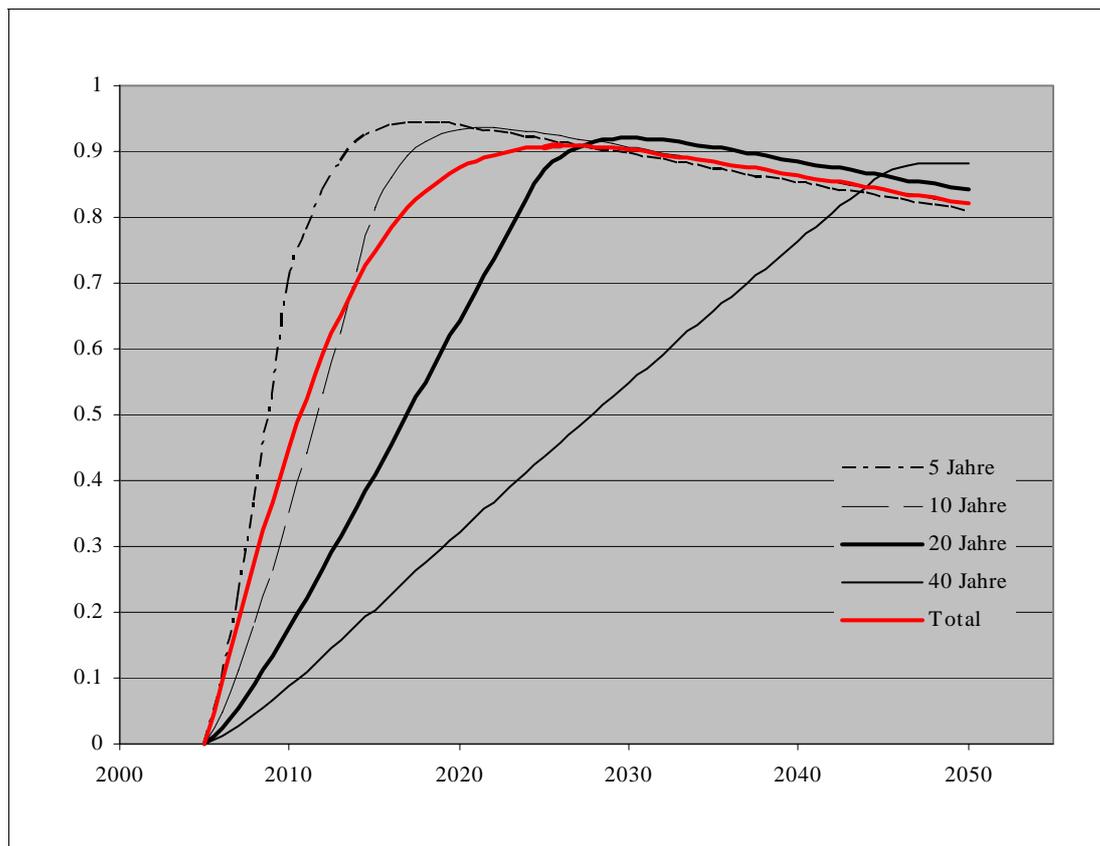
Weiter wird angenommen, dass das für Szenario II unterstellte "Beratungssystem" bereits im Jahr 2006, genau so wie CO<sub>2</sub>-Abgabe, voll wirksam ist. Dies bedeutet, dass wie bei der CO<sub>2</sub>-Abgabe angenommen wird, dass die notwendigen Vorarbeiten vorher durchgeführt worden sind. Zudem wird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

Im Schlussbericht wird im Übrigen noch darauf eingegangen werden, inwiefern das in Szenario II angenommene "Beratungssystem" tatsächlich dazu beitragen kann, die Hemmnisse bei der Umsetzung von wirtschaftlichen Energiesparmassnahmen zu reduzieren.

---

<sup>7</sup> Tatsächlich entspricht diese Art der Modellierung einer sehr vorsichtigen Ausschöpfung der vorhandenen Potenziale.

**Abb. 1-7: Zunahme der Massnahmenwirkung in Abhängigkeit der Lebensdauer der Massnahme im Vergleich zum Szenario Ib; rot die sich aus der angenommenen Verteilung der Lebensdauern ergebende Gesamtwirkung** (Die Normierung ist so gewählt, dass im Startjahr 2006 alle Massnahmen die gleiche Wirkung aufweisen, wobei nur thermische Massnahmen berücksichtigt sind.)



## 2 Resultate

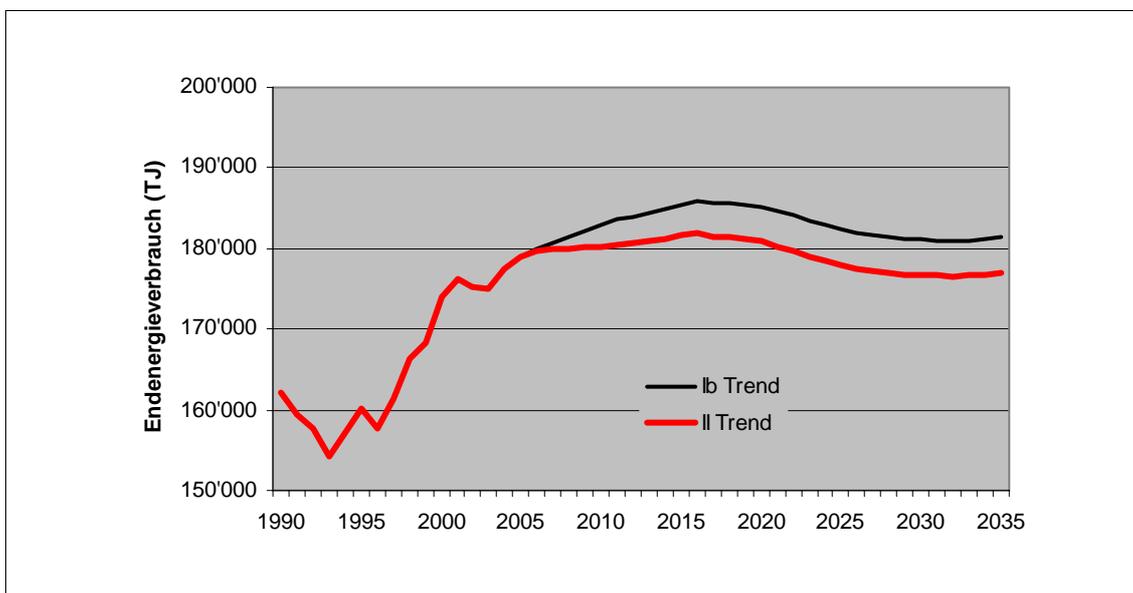
Im folgende werden die wichtigsten Resultate in Form von Grafiken dargestellt. Die Erläuterungen beschränken sich dabei auf das Allernotwendigste. Weitergehende Informationen und ein ausführliches Tabellenwerk werden im Schlussbericht enthalten sein. Es werden jeweils die Resultate für das Trendszenario II sowie für die Sensitivitätsvarianten BIP hoch, Preise hoch und Klima wärmer angegeben (vgl. die Berichterstattung für die Szenarien Ia und Ib).

## 2.1 Energieverbrauch

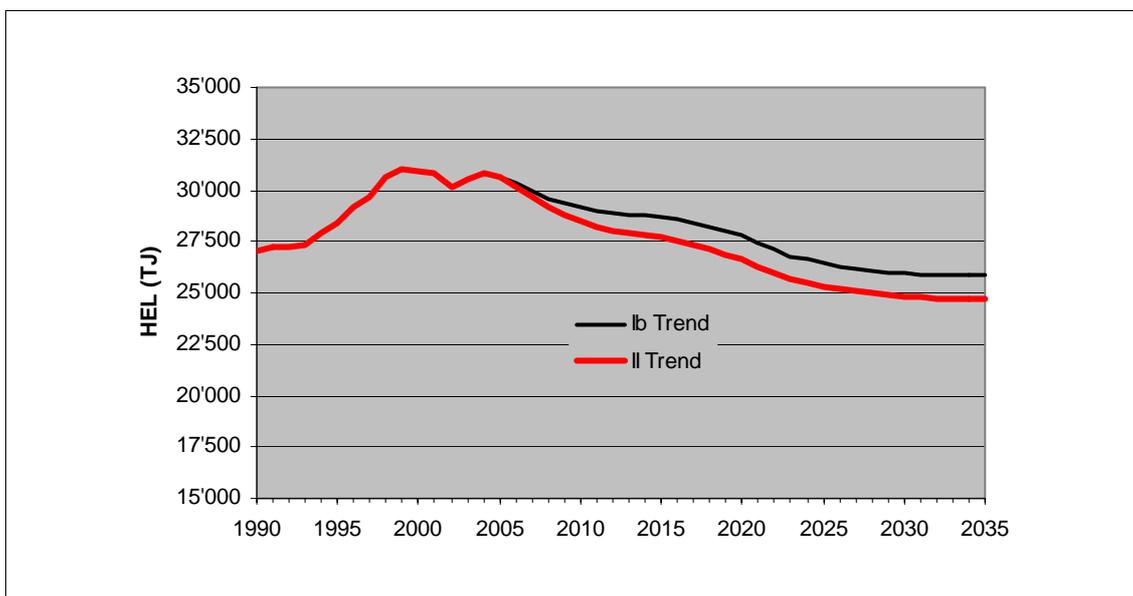
### 2.1.1 Trend

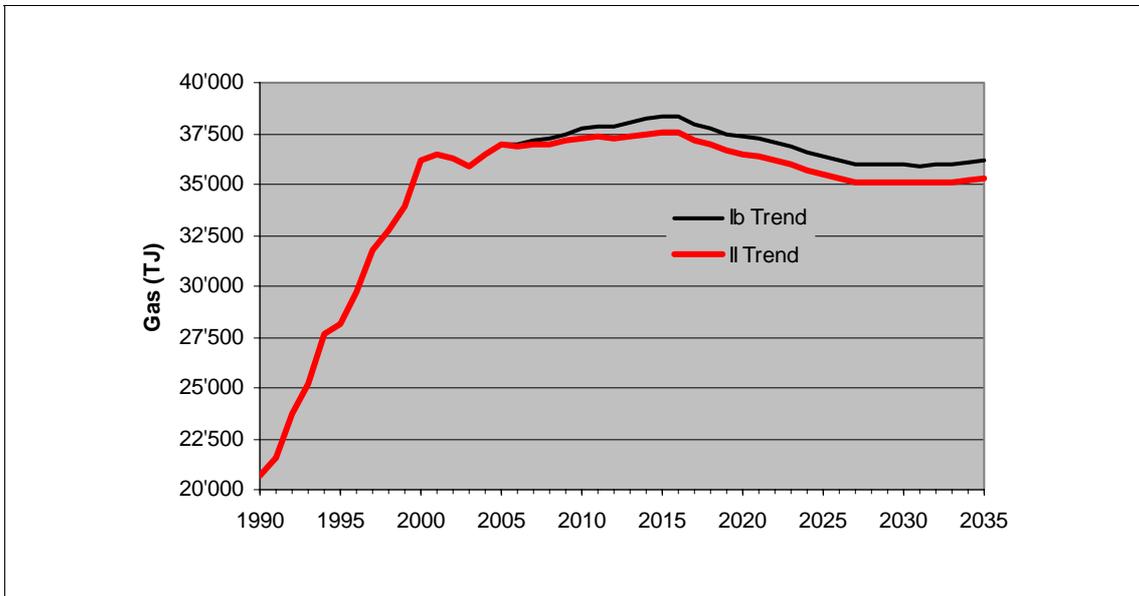
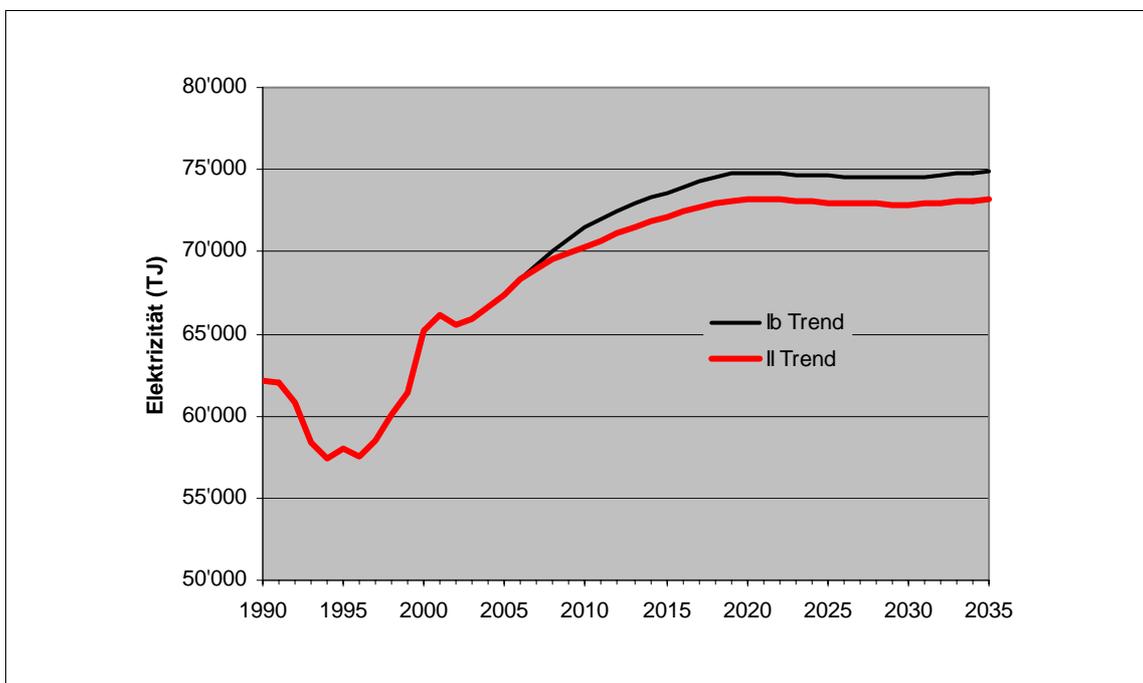
Abbildung 2-1 zeigt den resultierenden Gesamtenergieverbrauch in Szenario II im Vergleich zu Szenario Ib (die nachfolgenden Abbildungen 2-2 bis 2-4 den Verbrauch der drei wichtigsten Energieträger).

**Abb. 2-1: Energieverbrauch in den Szenarien Ib und II**



**Abb.2-2: Verbrauch von HEL in den Szenarien Ib und II**

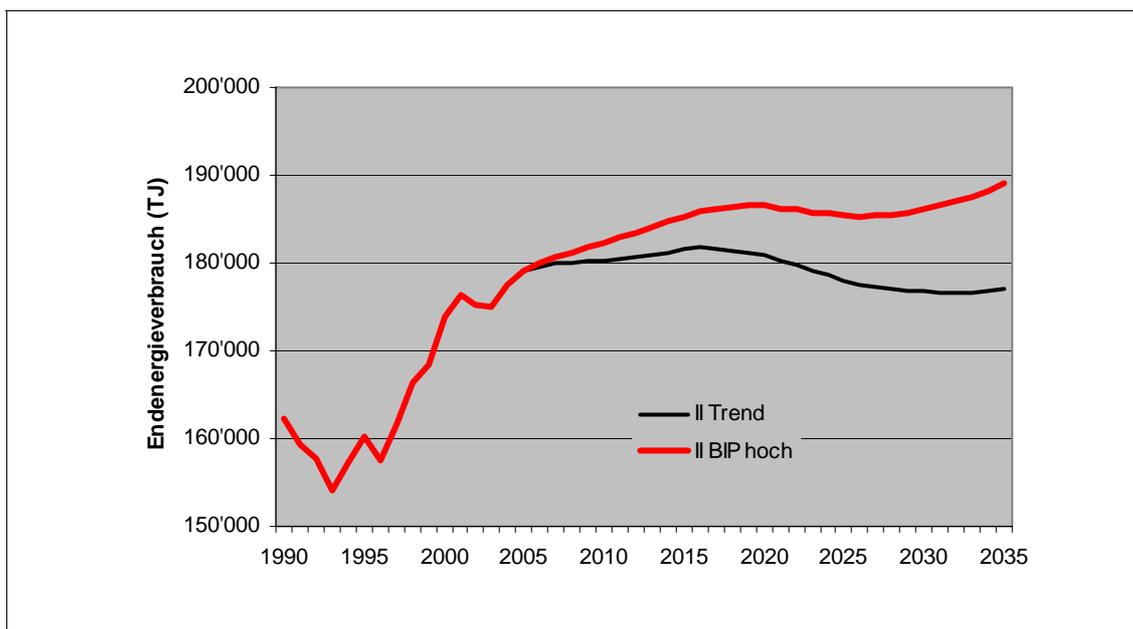


**Abb. 2-3: Verbrauch von Gas in den Szenarien Ib und II****Abb. 2-4: Verbrauch von Elektrizität in den Szenarien Ib und II**

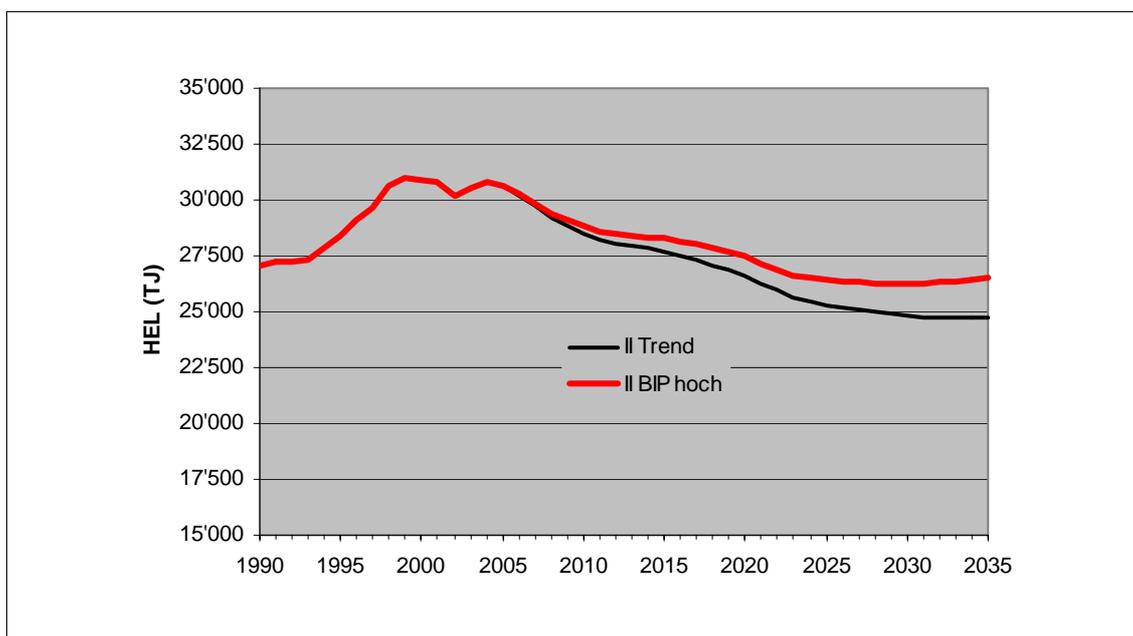
### 2.1.2 BIP hoch

Abbildung 2-5 zeigt den resultierenden Gesamtenergieverbrauch in Szenario II BIP hoch im Vergleich zu Szenario II Trend (die nachfolgenden Abbildungen 2-6 bis 2-8 den Verbrauch der drei wichtigsten Energieträger).

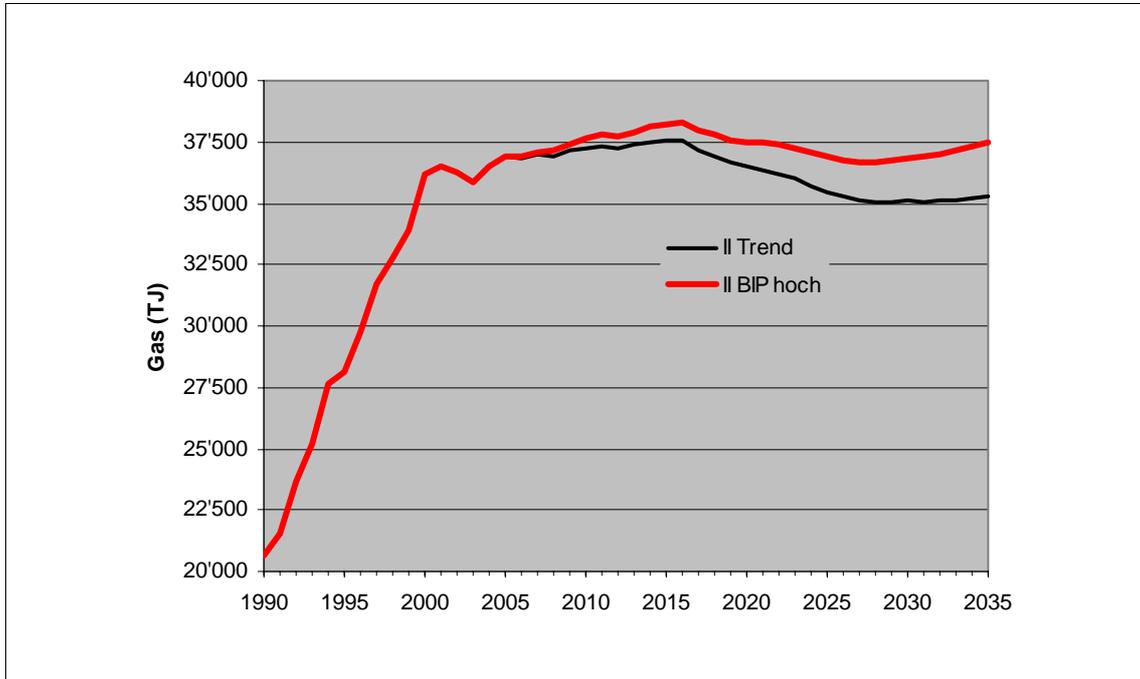
**Abb. 2-5: Energieverbrauch in den Szenarien II Trend und II BIP hoch**



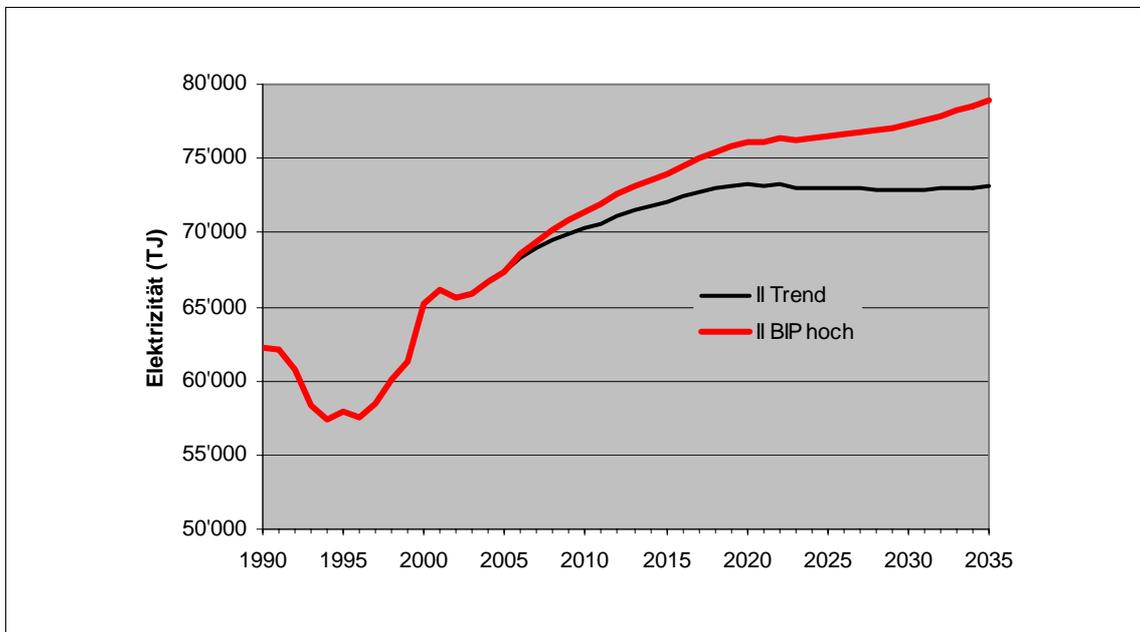
**Abb. 2-6: Verbrauch von HEL in den Szenarien II Trend und II BIP hoch**



**Abb. 2-7: Verbrauch von Gas in den Szenarien II Trend und II BIP Hoch**



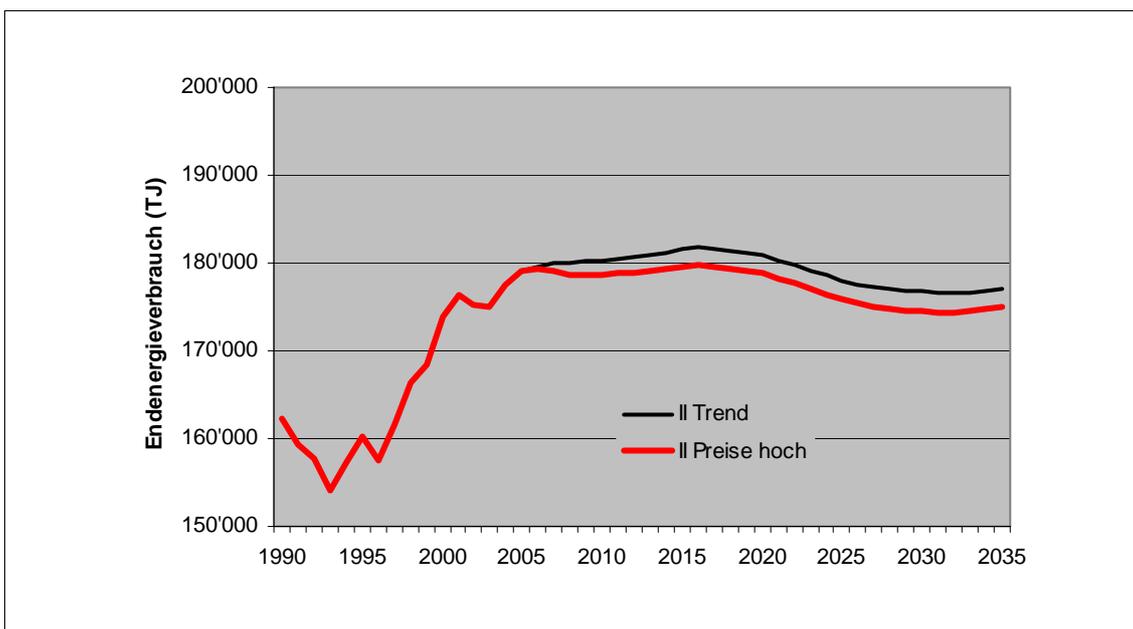
**Abb. 2-8: Verbrauch von Elektrizität in den Szenarien II Trend und II BIP hoch**



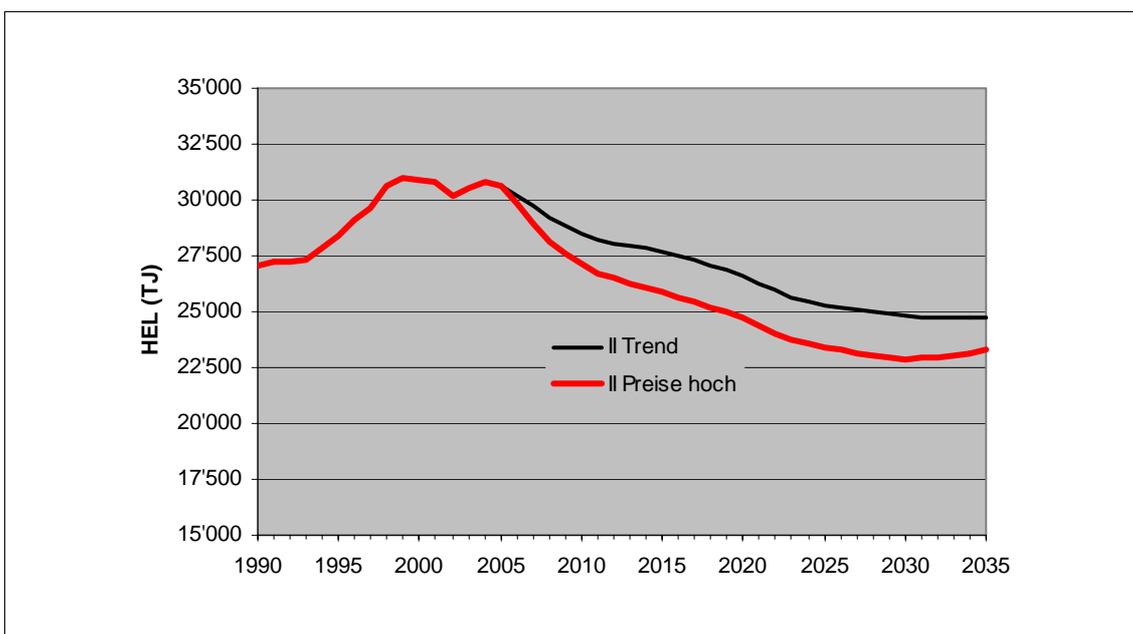
### 2.1.3 Preise hoch

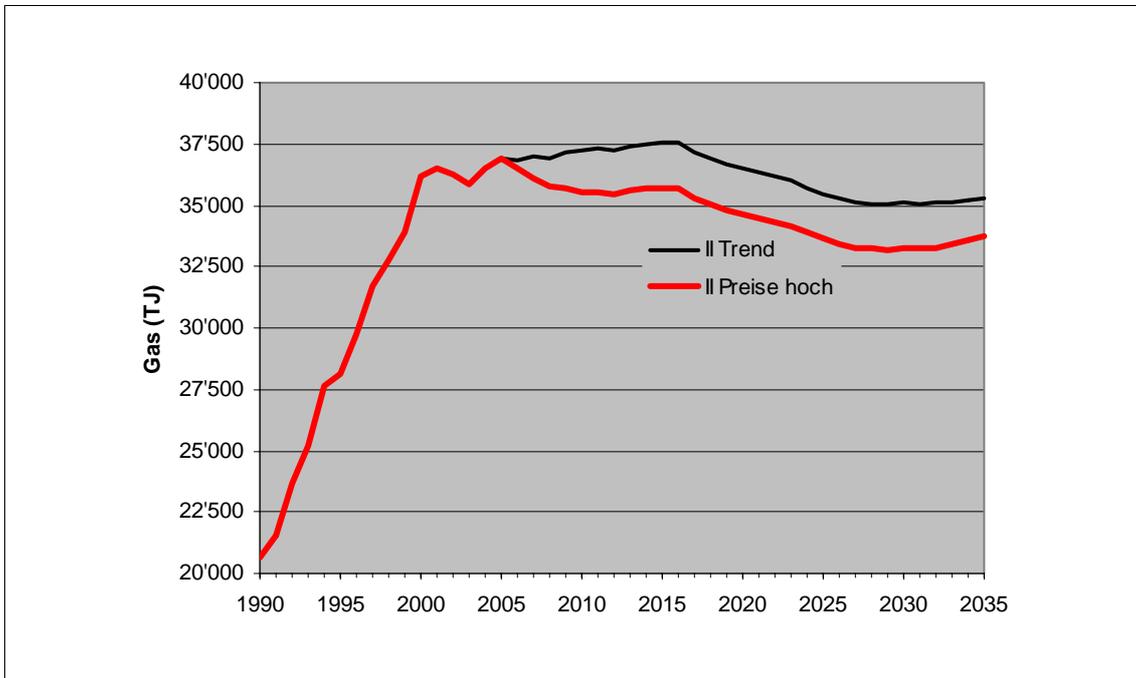
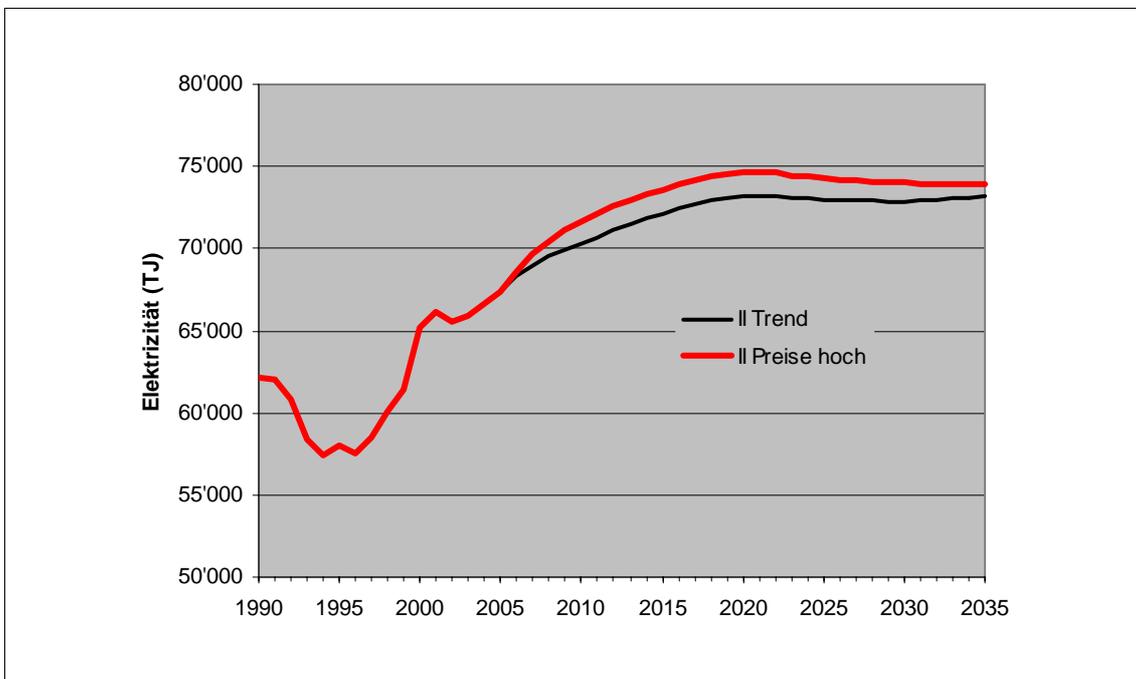
Abbildung 2-9 zeigt den resultierenden Gesamtenergieverbrauch in Szenario II Preise hoch im Vergleich zu Szenario II Trend (die nachfolgenden Abbildungen 2-10 bis 2-12 den Verbrauch der drei wichtigsten Energieträger).

**Abb. 2-9: Energieverbrauch in den Szenarien II Trend und II Preise hoch**



**Abb. 2-10: Verbrauch von HEL in den Szenarien II Trend und II Preise hoch**

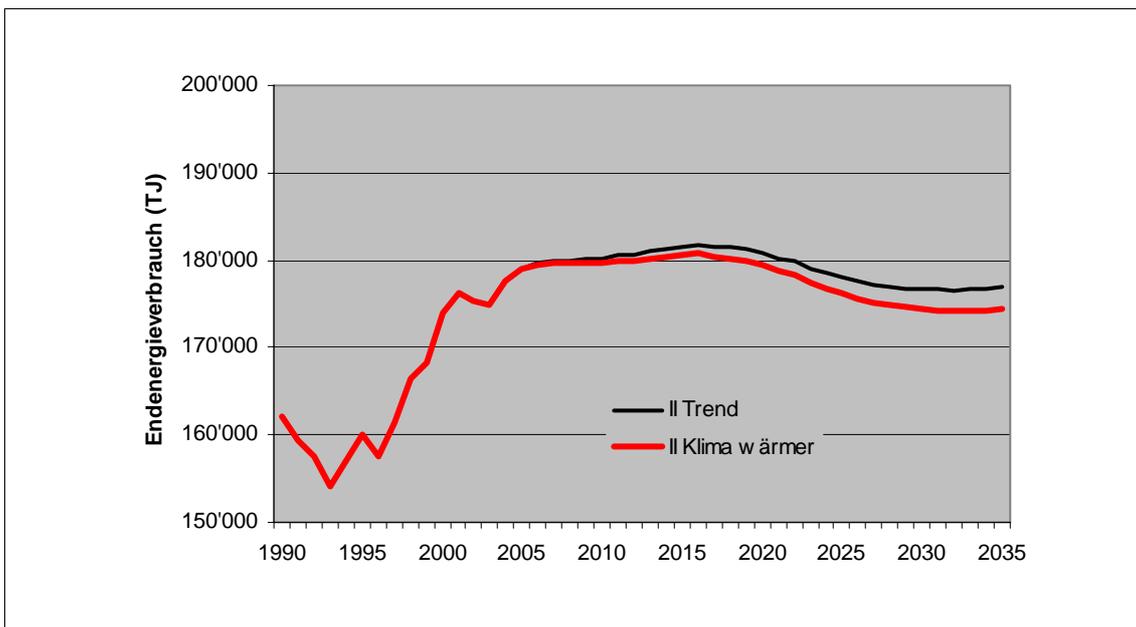


**Abb. 2-11: Verbrauch von Gas in den Szenarien II Trend und II Preise hoch****Abb. 2-12: Verbrauch von Elektrizität in den Szenarien II Trend und II Preise hoch**

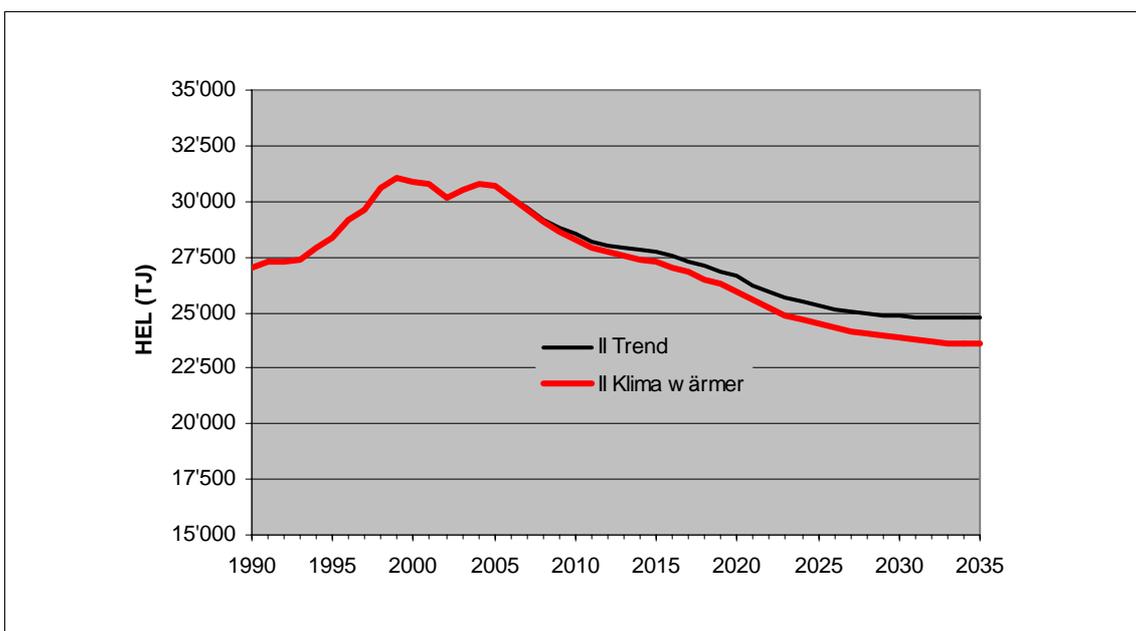
### 2.1.4 Klima wärmer

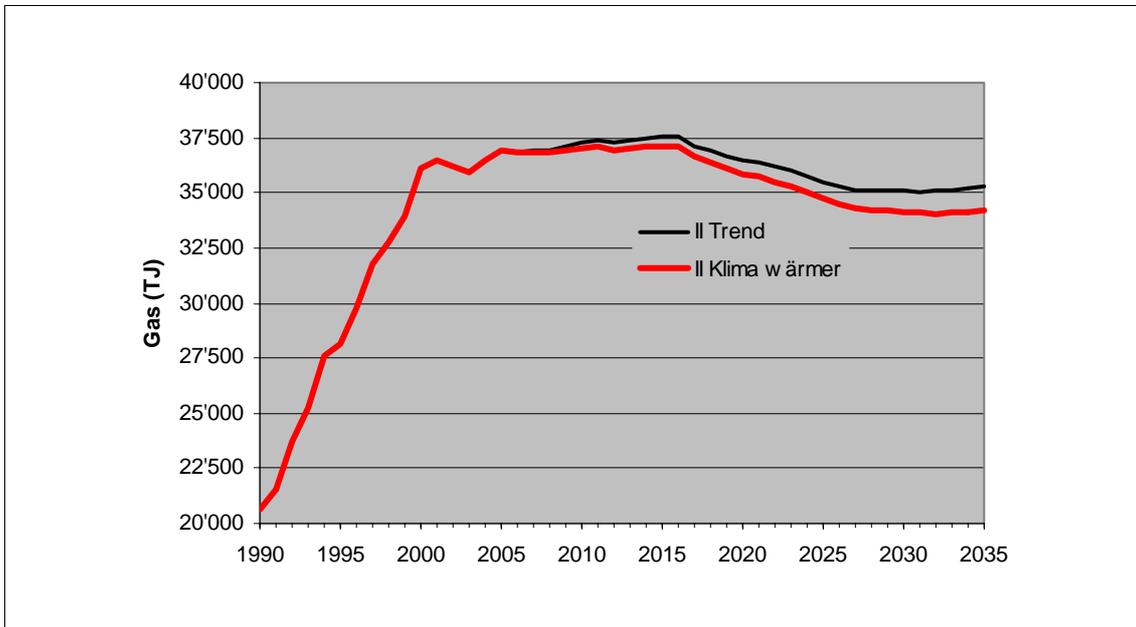
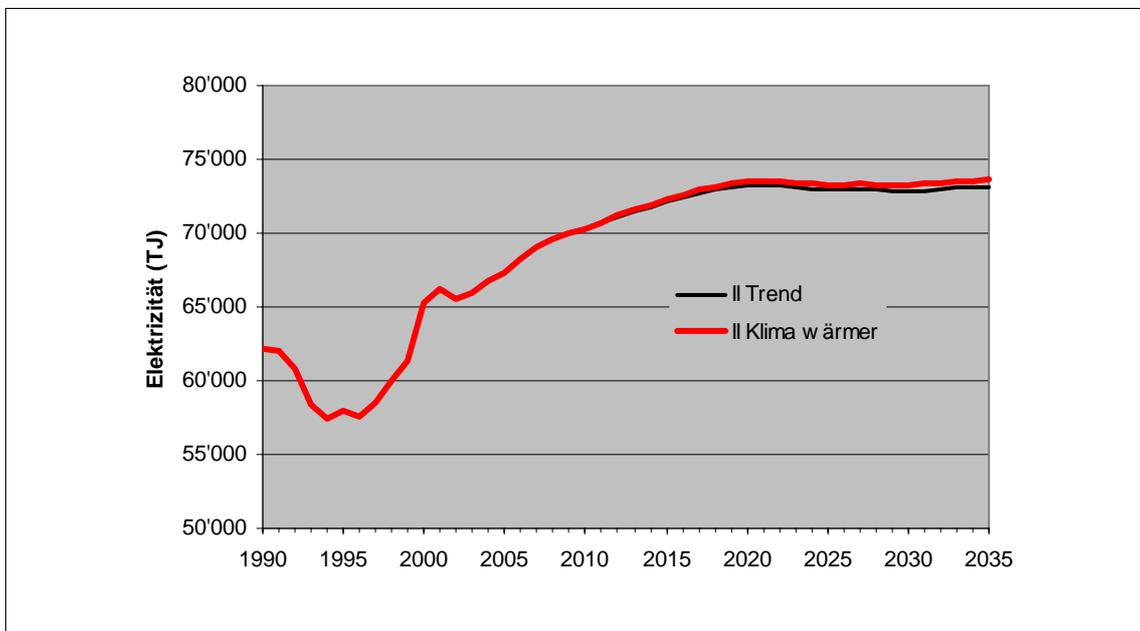
Abbildung 2-13 zeigt den resultierenden Gesamtenergieverbrauch in Szenario II Preise hoch im Vergleich zu Szenario II Trend (die nachfolgenden Abbildungen 2-14 bis 2-16 den Verbrauch der drei wichtigsten Energieträger).

**Abb. 2-13: Energieverbrauch in den Szenarien II Trend und II Klima wärmer**



**Abb. 2-14: Verbrauch von HEL in den Szenarien II Trend und II Klima wärmer**



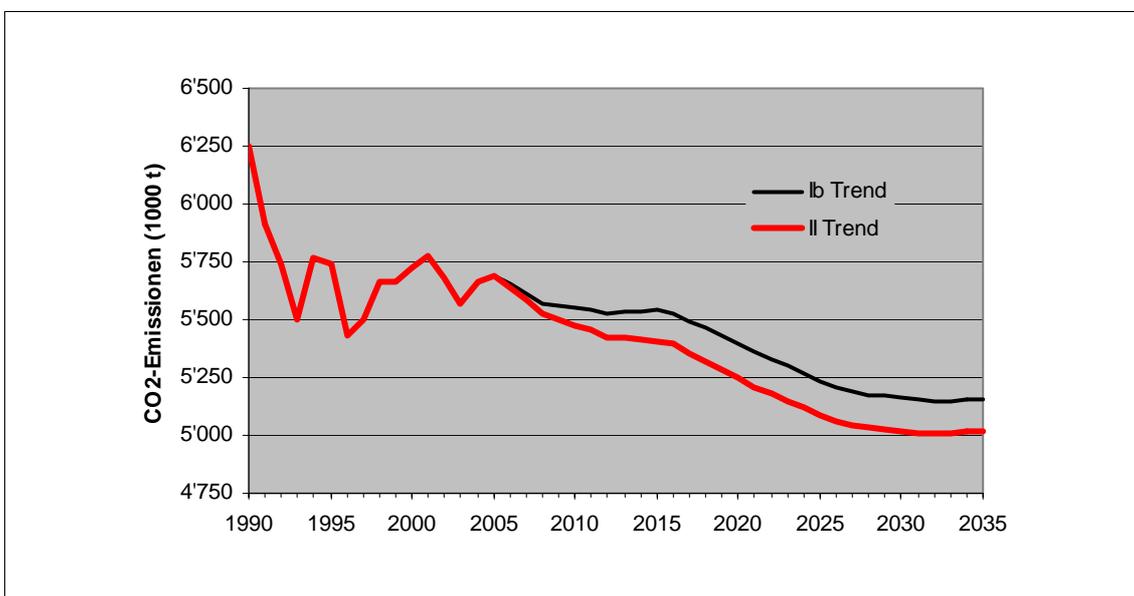
**Abb. 2-15: Verbrauch von Gas in den Szenarien II Trend und II Klima wärmer****Abb. 2-16: Verbrauch von Elektrizität in den Szenarien II Trend und II Klima wärmer**

## 2.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen

### 2.2.1 Trend

Abbildung 2-17 zeigt die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Szenario II Trend im Vergleich zu jenen von Szenario Ib.

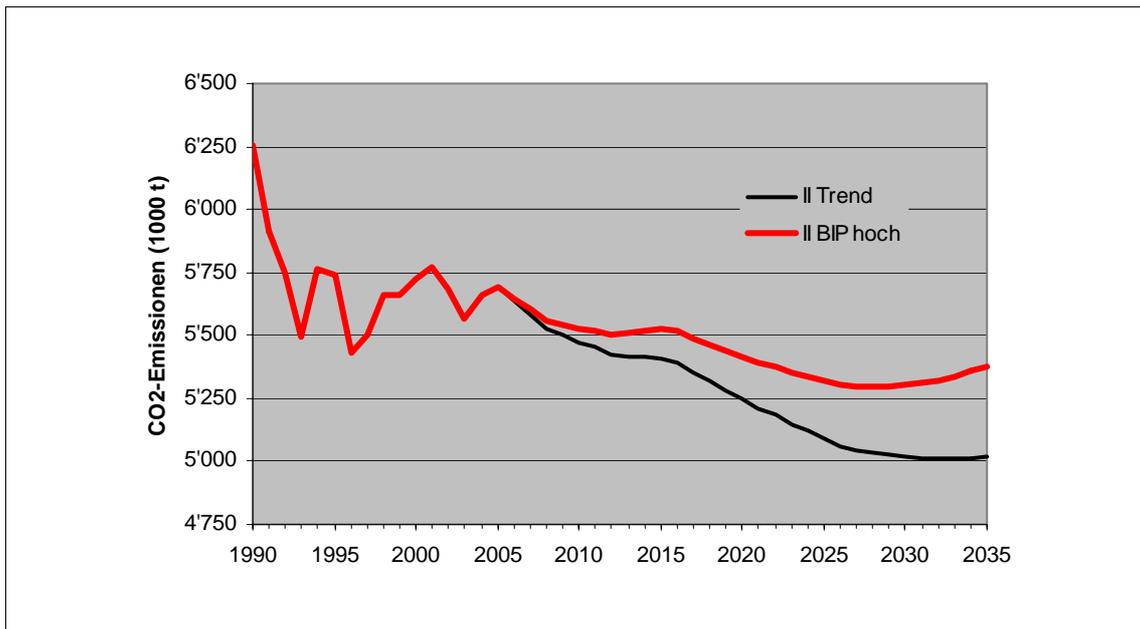
**Abb. 2-17: CO<sub>2</sub>-Emissionen der Szenarien II Trend und Ib Trend**



## 2.2.2 BIP hoch

Abbildung 2-18 zeigt die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Szenario II Trend im Vergleich zu jenen von Szenario II BIP hoch.

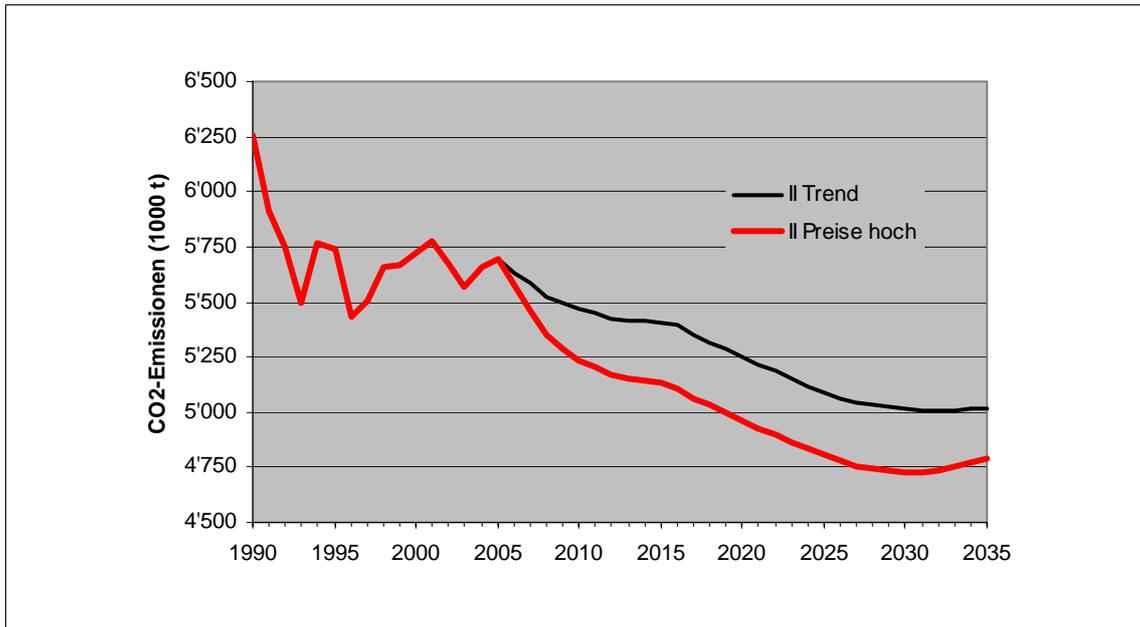
**Abb. 2-18: CO<sub>2</sub>-Emissionen der Szenarien II Trend und II BIP hoch**



### 2.2.3 Preise hoch

Abbildung 2-19 zeigt die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Szenario II Trend im Vergleich zu jenen von Szenario II BIP hoch.

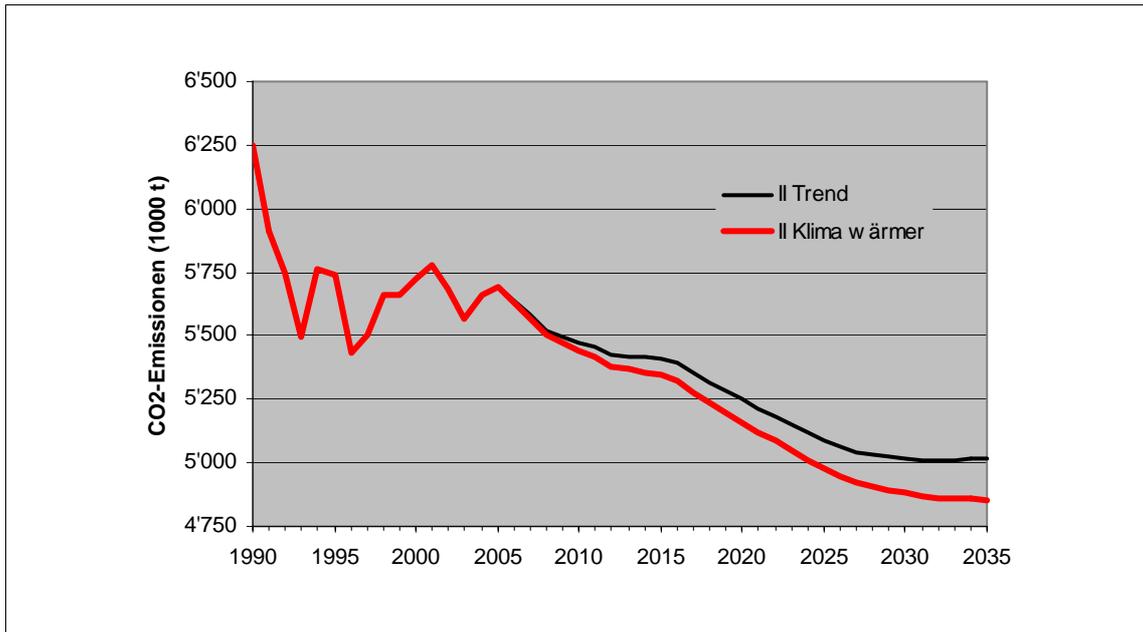
**Abb. 2-19: CO<sub>2</sub>-Emissionen der Szenarien II Trend und II Preise hoch**



## 2.2.4 Klima wärmer

Abbildung 2-20 zeigt die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Szenario II Trend im Vergleich zu jenen von Szenario II Klima wärmer

Abb. 2-20: CO<sub>2</sub>-Emissionen der Szenarien II Trend und II Preise hoch



## 2.3 Übersicht

Tabelle 2-21 zeigt in einer tabellarischen Übersicht für das Jahr 2035 den Energieverbrauch und die jeweiligen CO<sub>2</sub>-Emission aller bislang vollständig durchgerechneten Szenarien in der jeweils aktuellsten Version.

**Tab. 2-21: Übersicht über den Energieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen für alle bisher durchgerechneten Szenarien für das Jahr 2035**

Szenario	Energieverbrauch (TJ)	Index (Szenario Ia = 100)	CO <sub>2</sub> -Emissionen (kt)	Index (Szenario Ia = 100)
Ia Trend	181'747	100	5'280	100
Ia BIP Hoch	193'717	107	5'643	107
Ia Preis Hoch	179'723	99	5'109	97
Ia Klima wärmer	179'011	98	4'990	95
Ib Trend	181'411	100	5'158	98
Ib BIP Hoch	193'335	106	5'512	104
Ib Preis Hoch	179'579	99	5'031	95
Ib Klima wärmer	178'713	98	4'937	94
II Trend	177'004	97	5'017	95
II BIP hoch	189'009	104	5'373	102
II Preise Hoch	175'011	96	4'787	91
II Klima wärmer	174'320	96	4'855	92

## 2.4 Spezifische Reduktionskosten

Schliesslich sollen noch die spezifischen Reduktionskosten angegeben werden. Darunter wird grob gesprochen das Verhältnis der eingesparten Elektrizität bzw. der vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen und den Förderaufwendungen verstanden. Dabei wird die Wirkung aller durch die Förderung in einem Jahr ausgelösten Massnahmen während ihrer Lebensdauer in Rechnung gestellt. Für das Jahr 2010 ergeben sich so für die Elektrizität spezifische Reduktionskosten von etwa 4 Rp./kWh, für die CO<sub>2</sub>-Emissionen von etwa 80 Fr./ t CO<sub>2</sub>. Wegen der Annahme, dass trotz real abnehmender Förderbeiträge die Potenziale auch in ferner(er) Zukunft ausgeschöpft werden können, sinken diese Kosten leicht.

Diese Angaben sind lediglich "indikativ" zu verstehen; denn die Zuordnung der Kosten zur Elektrizität bzw. zu den fossilen Energieträgern ist angesichts des gesamtheitlichen Beratungsansatzes etwas arbiträr. Weiter ist zu beachten, dass auf Seiten der Unternehmen im Prinzip negative Kosten anfallen, ausser möglicherweise bei den kleinsten Firmen, bei denen in einer Vollkostenrechnung die hausinternen Transaktionskosten überproportional zu Buch schlagen können.

## Bibliografie (Auszug)

ATLAS:

[http://europa.eu.int/comm/energy\\_transport/atlas/htmlu/ioeneff.html](http://europa.eu.int/comm/energy_transport/atlas/htmlu/ioeneff.html)

Basics (1996): Perspektiven der Energienachfrage der Industrie für Szenarien I bis III 1990 – 2030, Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern

Basics (2000): Perspektiven des Energieverbrauchs in der Industrie, Modelldokumentation zu Handen des BFE, Bundesamt für Energie, Bern

Basics (2002): Evaluation der energetischen Wirkungen der Luftreinhalteverordnung, Bundesamt für Energie, Bern

Beltrani G. et al. (2003): Förderung von Energieeffizienz in Unternehmen, Förderinstrumente mit und ohne Bezug auf Umweltmanagementsysteme, Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen, Bundesamt für Energie, Bern

BHP (1999): Effiziente Energienutzung: Investitionspraxis in der Industrie, Forschungsprogramm 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.

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

Ecoplan (1998): Method for integrated evaluation of benefits, costs and effect of programmes for promoting energy conservation, Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen, Bundesamt für Energie, Bern

- FfE (2003): Senkung des Energieverbrauchs branchenübergreifender Techniken, Kurzbericht: <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
- IKARUS (1997): IKARUS-Datenbank, Ein Informationssystem zur technischen, wirtschaftlichen und umweltrelevanten Bewertung von Energietechniken, Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich
- Jochem E. et al. (Hrsg. 2004): Energieperspektiven und CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenziale in der Schweiz bis 2010, vdf, Zürich
- Motor Challenge Programme (2005):  
<http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/motorchallenge/>
- Reicher J. et al. (1999): Massnahmen zur Förderung der rationellen Energienutzung bei elektrischen Antrieben, Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Endbericht zum Forschungsauftrag 19/98 an das Bundesministerium für Wirtschaft, Karlsruhe
- 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
- Worrell E., de Beer J. (1993): Industrial Process Data Descriptions, for the EMS study, Utrecht University, Dept. of Science, Technology and Society, The Netherlands.