



CO₂-Emissionen 1990 - 2007 von Industrie und Dienstleistungen Teil Industrie

Aktualisierte Kurzdokumentation

März 2009

basics

Basics AG
Entscheidungsgrundlagen für Politik und Wirtschaft
Technopark, Technoparkstrasse 1, 8005 Zürich
Telefon 044 - 362 99 00, Fax 044 - 362 99 71
E-Mail: basics@basics.ch

Basics AG

... Ihr Partner

- für die Bereitstellung von Entscheidungsgrundlagen
- zur Begleitung bei der Entscheidungsfindung

... mit den Schwerpunkten

- Evaluation und Impact-Analysen
- Erarbeitung von Zukunftsperspektiven
- Durchführung von Risiko-Analysen
- Komplexe Marktabklärungen
- Coaching von Entscheidungsprozessen, Konzept- und Strategieentwicklung

1 Einleitung

Für die Energie- und Umweltpolitik der Schweiz ist die Verfügbarkeit von durchgängigen und nach einheitlichen Kriterien ermittelten Zeitreihen für die CO₂-Emissionen unabdingbar. Wegen verschiedenen Statistikwechseln vor allem in den 90er Jahren können dies die bestehenden CO₂-Mengengerüste aber noch nicht leisten. So wurde mit der Einführung der NOGA-Systematik der energetische Split Industrie versus Dienstleistungen verändert, aber auch verschiedenen Änderungen in der Energiestatistik selbst (insbesondere beim Heizöl extra leicht oder beim energetisch genutzten Holz) haben zu Statistikbrüchen geführt.

Deshalb wurde Basics vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), heute: Bundesamt für Umwelt (BAFU) und dem Bundesamt für Energie (BFE) Mitte 2003 beauftragt, ausgehend von der heutigen Statistiksituation für die Industrie durchgehende und nach vorgegebenen Branchen bzw. Branchengruppen differenzierte CO₂-Zeitreihen ab 1990 zu erarbeiten. Dabei sollten die dafür notwendigen Arbeiten in enger Abstimmung mit einem analogen Projekt für die Dienstleistungen durchgeführt werden. Die von Basics seit 1993 erarbeiteten und zuletzt für die Perspektivarbeiten 2003 bis 2006 aktualisierten und verbesserten Energieverbrauchsmodelle sollten dabei die methodische Ausgangslage abgeben. Modellbasiert galt es, unter bestmöglicher Berücksichtigung der Statistikdaten einen "best guess" abzuleiten.

Per Ende September 2004 wurden die Arbeiten im Wesentlichen abgeschlossen. Wichtigstes Resultat war eine Excel-Arbeitsmappe ("D-BUWAL.xls", heute: "D-BAFU.xls"), die die von den Auftraggebern gewünschten Daten für die Jahre 1990 bis 2003 zusammenfasst. Dazu wurde im Sinne einer Kurzdokumentation ein Bericht verfasst.¹

Seit dem wurde vom BUWAL alljährlich eine Aktualisierung der erarbeiteten Daten in Auftrag gegeben, mit dem Ziel, die Daten des jeweils aktuellen Statistikjahres zu integrieren und zusätzlich allenfalls notwendige Korrekturen und/oder Verbesserungen vorzunehmen (man vgl. die entsprechenden Berichte²).

Im vorliegenden Dokument geht es nun um die Integration des Statistikjahres 2007. Des besseren Verständnisses wegen erfolgt die Berichterstattung – wie schon für die früheren Jahre – in Form einer aktualisierten bzw. bereinigten Kurzdokumentation.

¹ Basics (2004): CO₂-Emissionen 1990 – 2003 von Industrie und Dienstleistungen, Teil Industrie, Kurzdokumentation

² Basics (2006): CO₂-Emissionen 1990 – 2004 von Industrie und Dienstleistungen, Teil Industrie, Aktualisierte Kurzdokumentation; Basics (2007): CO₂-Emissionen 1990 – 2005 von Industrie und Dienstleistungen, Teil Industrie, Aktualisierte Kurzdokumentation. Für den Einbezug des Statistikjahres 2006 wurde kein Bericht erstellt, sondern lediglich das Datenfile aktualisiert.

Das vorliegende Dokument ist wie folgt aufgebaut:

Abschnitt 2 fasst das methodische Vorgehen zusammen. In Abschnitt 3 wird gezeigt, wo und weshalb Diskrepanzen zur (Energie-) Statistik des Bundesamtes für Energie bestehen. Abschnitt 4 resümiert einige Resultate.

2 Methodisches Vorgehen

2.1 Ansatz

Basics verfügt über ein Energie-Nachfrage-Modell, das einerseits mehr oder weniger genau die historische Entwicklung 1990 bis 2007 reproduziert und andererseits als taugliches Instrument für perspektivische Fragestellungen dienen kann. Die Güte der Reproduktion wird dabei nicht nur daran gemessen, wie genau man etwa die gesamtschweizerische Energiestatistik trifft. Sie misst sich auch daran, dass branchen- und energieträgerspezifisch "vernünftige" Resultate resultieren und dass diese – last but not least – auch gewissen technologischen und ökonomischen Konsistenzanforderungen genügen.

Für die vorliegende Arbeit wurde aber versucht, Zeitreihen zu konstruieren, die sich so weit als möglich der bestehenden Energiestatistik angleichen. Dies hat bei einigen Energieträgern zu beträchtlichen Konsistenzproblemen geführt, die im Rahmen der bestehenden Energiestatistik nicht immer aufgelöst werden konnten. Mit andern Worten: Die Modellresultate werden nur bei jenen Energieträgern auf die Statistik kalibriert, wo dies im Rahmen einer vernünftigen Genauigkeitsanforderung noch als sinnvoll erachtet werden kann (vgl. Abschnitt 3).

Es ist hier nicht der Raum, eine erschöpfende Beschreibung des Energie-Modells zu geben. Dies auch deshalb, weil im Rahmen der kürzlich abgeschlossenen Perspektivarbeiten eine relativ ausführliche Dokumentation erstellt worden ist.³ Wir beschränken uns deshalb auf einige wenige Anmerkungen.

Die Grundidee des Modells besteht darin, die Vielfalt des industriellen Energieverbrauchs im Sinne eines so genannten Bottom-up-Ansatzes auf einzelne Prozesse herunter zu brechen. 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.

³ Basics (2006): Der Energieverbrauch der Industrie, 1990 – 2035, Ergebnisse der Szenarien I bis IV und der zugehörigen Sensitivitäten BIP hoch, Preise hoch und Klima wärmer; Untersuchung im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern

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 Produktionsindices, aber auch Energiebezugsflächen (m²). Durch die Multiplikation von Hochrechnungsfaktor und spezifischem Verbrauchsfaktor ergibt sich der Energieverbrauch für diesen Prozess, differenziert nach den 12 im Modell unterschiedenen Energieträgern. Durch Aufaddieren all dieser Energieverbräuche erhält man schliesslich den gesamtschweizerischen industriellen Energieverbrauch:

$$E(t) = \sum_{\substack{i=1 \text{ bis } 203 \\ j=1 \text{ bis } 12}} HF_i(t) \cdot SV_{i,j}(t)$$

- $E(t)$: Energieverbrauch im Kalenderjahr t
 HF : Hochrechnungsfaktor
 SV : Spezifischer Verbrauchsfaktor
 t : Kalenderjahr
 i : Prozess (in der Produktion oder in der Haustechnik)
 j : Energieträger

Dabei gilt, dass jedem Prozess genau ein Hochrechnungsfaktor zugeordnet ist. Die umgekehrte Relation ist aber nicht eindeutig; so beziehen sich meist mehrere Prozesse auf den gleichen Hochrechnungsfaktor.

Tabelle 2-1 zeigt für die Jahre 1990, 2005 und 2007 die produktionsbezogenen Hochrechnungsfaktoren. Man sieht, dass diese Faktoren im Zeitablauf beträchtlichen Schwankungen unterworfen sein können. Da die Hochrechnungsfaktoren in den meisten Branchen in erster Näherung proportional zum Energieverbrauch sind (quantitativ wichtigste Ausnahme: Chemie), ergibt sich schon allein daraus, dass die Energieverbräuche auf der Ebene einzelner Prozesse und damit auch Branchen stark streuen, auch wenn gesamtschweizerisch die Entwicklung sehr viel "glatter" verläuft.

Wendet man diesen Modellierungsansatz nun auf die Vergangenheit an, dann ist einsichtig, dass man mit komplexen Konsistenzproblemen konfrontiert sein wird: Zunächst sind die Hochrechnungsfaktoren vorgegeben bzw. recht genau bekannt, 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 für die meisten Energieträger recht genau 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. Mathematisch helfen in solchen Situationen die Methoden der Ausgleichsrechnung, allerdings nur so lange, als sich die "auszugleichenden" Informationen nicht effektiv widersprechen (was sie leider oft tun).

Tab. 2-1: Prozessbezogene Hochrechnungsfaktoren für die Jahre 1990, 2005, 2006 und 2007 (Quellen: BFS, Branchenverbände, Basics)

Nr.	Branche (Kurztitel)	Hochrechnungs-faktor	Dimension	1990	2005	2006	2007
1	Nahrung, Getränke etc.	Bier	Mio hl	4.170	3.417	3.494	3.532
		Schokolade	Mio t	0.109	0.160	0.168	0.181
		Zucker	Mio t	0.142	0.221	0.185	0.251
		Nahrungsmittel Rest	PI	97.5	92.3	96.7	101.8
2	Bekleidung / Textil	Textil	PI	104.0	58.8	60.7	63.7
		Bekleidung, Schuhe	PI	145.2	94.4	100.9	103.8
3	Papier und Karton	Zellstoff	Mio t	0.122	0.116	0.110	0.109
		Papier und Karton	Mio t	1.513	1.752	1.685	1.705
		andere Papierwaren	PI	95.7	81.1	77.6	79.0
4	Chemie	Chem. Grundstoffe	MI	88.9	133.4	141.9	147.8
		Pharma	MI	76.2	146.6	159.3	176.4
		Übrige Chemie	MI	87.9	126.9	133.9	141.2
		Chemiefaser	Mio t	0.121	0.049	0.053	0.059
5	Glas	Glas-Herstellung	Mio t	0.270	0.186	0.147	0.223
		Glas-Verarbeitung	PI	121.7	197.9	204.6	202.7
6	Keramik und Ziegel	Ziegel, Backsteine	Mio t	1.304	0.847	0.880	0.885
		Keramik	PI	121.7	197.9	204.6	202.7
7	Zement	Zement	Mio t	5.180	4.200	4.231	4.253
8	Übrige NE-Mineralien	Rest NE-Mineralien	PI	121.7	197.9	204.6	202.7
9	Metalle, Giessereien	Metallbearbeitung	PI	116.6	94.2	92.9	102.4
		Stahl	PI	1.131	1.158	1.252	1.264
10	NE-Metalle	Rohaluminium	Mio t	0.072	0.045	0.012	0.000
		Halbzeuge	Mio t	0.177	0.193	0.202	0.213
		Alufolie	Mio t	0.015	0.013	0.012	0.012
11	Metallerzeugnisse	Metallerzeugnisse	PI	103.1	121.1	127.8	132.6
12	Maschinen / F'zeugbau	Maschinen	PI	96.1	107.3	118.3	132.1
13	Geräte	Geräte	PI	97.5	114.1	131.8	152.3
14	Energie, Wasser	Energie, Wasser	PI	88.0	106.6	108.8	111.3
15	Baugewerbe	Bauhauptgewerbe	Index	114.8	102.9	106.9	107.5
16	Übrige	Druck	Index	95.3	106.6	106.5	110.7
		Kautschuk/Kunststoff	PI	107.2	122.3	131.5	141.7
		Rest	PI	101.5	98.9	103.5	113.6
		Holzbearbeitung	PI	109.6	115.3	122.7	125.1
Schweiz total			PI	97.0	122.9	132.5	145.1

PI = Produktionsindex, MI = Mengenindex. Abmachungsgemäss wird im Modell von Basics der Wert aller Indices für das Jahr 1995 auf 100 gesetzt (1995 war das Startjahr des Vorgänger-Modells).

Die wichtigsten von uns für diesen Ausgleichsprozess nebst unserem Modell verwendeten Informationsquellen sind die folgenden:

- Gesamtenergiestatistik des BFE 1990 – 2007
- Statistik des Energiekonsumenten-Verbandes (EKV) 1990 – 1998
- Helbling-Originaldaten 1999 – 2007
- EnAW-Daten für die Jahre 1990 und 2000 (bzw. 2001/2)

- Branchendaten aus den verschiedensten Jahresberichten
- Absatzdaten der CARBURA 1985 – 2007
- Beschäftigtendaten des BFS 1991 bis 2008
- Diverse Produktionsindices des BFS.

Grundsätzlich wurde bei diesem Ausgleichsprozess so vorgegangen, dass ausgehend von den sichersten Daten versucht wurde, die weniger sicheren Daten möglichst stimmig abzuleiten bzw. auszugleichen. In einer zweiten Runde wurde dann die Gesamtplausibilität überprüft und mögliche Abweichungen mit geeigneten Gewichten auf die Teilaggregate rückverteilt. Wo offensichtliche Widersprüche bestehen, führt dieses Vorgehen aber nicht zu einem sinnvollen inhaltlichen Ziel. In diesen Fällen mussten wir ad hoc aufgrund von mutmasslichen Fehlerwahrscheinlichkeiten bestimmte Entscheide fällen.

Aus Sicht der Perspektivarbeiten für das BFE liegt der Kern der "eigentliche" Modellierung aber in der Konstruktion der *zukünftigen* Grössen *HF* und *SV*: Ausgehend von vorgegebenen Wertschöpfungsdaten werden die Hochrechnungsfaktoren (*HF*) ermittelt, welche über einen Kohortenalgorithmus einen dazu "passenden" spezifischen Energieverbrauch (*SV*) liefern. Dabei werden neben dem (allgemeinen) technischen Fortschritt branchenspezifische Gegebenheiten, die Energiepreise oder etwaige energiepolitische Massnahmen berücksichtigt.

2.2 Branchenaufgliederung

Für das BAFU ist die Branchenaufgliederung der CO₂-Emissionen eines der ganz zentralen Elemente. Sie sollte möglichst genau den IPCC-Vorgaben entsprechen.

Tabelle 2-2 zeigt zunächst die Branchenaufgliederung des Industriemodells. Sie orientiert sich einerseits an der NOGA-Struktur, andererseits an der Energieverbrauchsthematik, indem grosse, homogen Verbraucher möglichst eine eigene "Branche" bilden sollten.

Tab. 2-2: Branchenaufgliederung des Industriemodells von Basics

Nr.	Branche (Kurztitel)	Beschreibung	Unterab- schnitt (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
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-Mineralien	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, Giesse- reien	Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen (EGKS), Herstellung von Rohren, Sonstige Erstbearbeitung von Eisen und Stahl; Herstellung von Ferrolegierungen nicht EGKS; Giessereiindustrie	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

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

Nr.	Branche (Kurztitel)	Beschreibung	Unterab- schnitt (NOGA)	Abteilung, Gruppe, Art (NOGA)
12	Maschinenbau, Fahrzeugbau	Maschinenbau; Herstellung von Automobi- len, Anhängern und Zubehör, Herstellung von sonstigen Fahrzeugen	DK	29 34 35
13	Geräte	Herstellung von Büromaschinen, Datenver- arbeitungsgeräten und -einrichtungen, Her- stellung von Geräten der Elektrizitätserzeu- gung, -verteilung u. ä., Herstellung von Ge- räten der Radio-, Fernseh- und Nachrichten- technik, Herstellung von medizinischen Ge- räten, Präzisionsinstrumenten, optischen Ge- räten 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
16	Übrige	Kohle- und Torfgewinnung, Gewinnung von Erdöl und Erdgas, Erbringung damit verb- undener 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 Her- stellung von Möbeln)	DD	20
		Verlagsgewerbe, Druckgewerbe, Vervielfäl- tigung von bespielten Ton-, Bild- und Daten- trägern	DE	22
		Herstellung von Gummi- und Kunststoffwa- ren	DH	25
		Herstellung von Möbeln, Schmuck, Musik- instrumenten, Sportgeräten, Spielwaren und sonstigen Erzeugnissen, Rückgewinnung und Vorbereitung für die Wiederverwertung (Recycling)	DN	36 37

Diese Branchenaufteilung passt recht gut zur vom BAFU gewünschten Aufteilung (vgl. Tabelle 2-3). Einzige Ausnahme stellen die Druckereien dar. Sie sind im Modell von Basics in der Branche 16 "Übrige" enthalten, werden aber separat modelliert.

Tab. 2-3: Konkordanz von IPCC-Branchen und Modell-Branchen

IPCC-Branchen	Entsprechende Branche(n) und Prozesse im Modell	Bemerkungen
1 Public Electricity and Heat Production	Branche 14	enthält allerdings auch die Energieverbräuche der Raffinerien für Raumheizung, Büroelektronik u.ä., Fehler ist aber vernachlässigbar
2a Iron and Steel (ISIC* Group 271 and Class 2731)	Branche 9	
2b Non-Ferrous-Metals (ISIC* Group 272 and Class 2732)	Branche 10	
2c Chemicals (ISIC* Division 24)	Branche 4	Enthält auch die Chemiefaserindustrie
2d Pulp, Paper and Print (ISIC* Divisions 21 and 22)	Branche 3 plus Druckprozesse aus Branche 16	
2e Food Processing, Beverages and Tobacco (ISIC* Divisions 15 and 16)	Branche 1	
Cement (ISIC* Class 2694)	Branche 7	
2f Other	Gesamte Industrie minus obige Branchen und Prozesse	

* ISIC = International Standard Industrial Classification of Economic Activities (vgl. z.B. United Nations: *International Standard Industrial Classification of Economic Activities, Third Revision*, Statistical Papers, Series M, No. 34, Rev. 3 (United Nations publication, Sales No. E.58.XVII.7))

Zudem müssen im Sinne eines Gesamtbefreffnisses der Anteil aller Grossverbraucher ausgewiesen werden. Da hierzu kaum statistische Informationen vorliegen, haben wir den Anteil der Grossverbraucher über die branchenspezifische Grössenverteilung der Unternehmen abgeschätzt. Die Grenze wurde bei Unternehmen mit 250 oder mehr Mitarbeitern (Beschäftigten) gezogen. In einzelnen Branchen (etwa Papier, Zement) wurde aufgrund von Einzelinformationen die Grenze noch tiefer angesetzt. Es muss hier aber

ausdrücklich betont werden, dass der ausgewiesene Anteil der Grossverbraucher nur den Status einer qualifizierten Schätzung beanspruchen kann.

2.3 Energieträger und Systemabgrenzungen

Im Modell werden gesamthaft 13 verschiedene Energieträger unterschieden, vgl. Tabelle 2-4. Die Reihenfolge der einzelnen Energieträger hat keine inhaltliche Bedeutung, sie entspricht einfach der "historisch gewachsenen" Reihenfolge im Modell. Sie entspricht auch der Reihenfolge in der Arbeitsmappe.

Tab. 2-4: Energieträger im Modell

Kürzel	Erläuterungen
HEL	Heizöl extra leicht
GAS	Primär Erdgas, früher auch Stadtgas
ELEKT	Elektrizität, inkl. selbst produzierter Elektrizität; etwaiger fossilthermischer Input wird dabei als Endverbrauch bei den entsprechenden Energieträgern gerechnet.
FERN	Nah- und Fernwärme, ohne innerbetriebliche Abwärmenutzung u.ä.
HOLZ	Holz und Holzkohle, kein Altholz und keine Holzabfälle
KOHLE	Braun- und Steinkohle, Koks
ERNEU	(neue) erneuerbare Energieformen (Umgebungswärme über Wärmepumpen, solarthermische Anwendungen u.ä.)
DIES	Diesel, vor allem im Baugewerbe (off-road), kleine Verkehrsanteile aber enthalten
HMS	Heizöl mittel und schwer (erstes kommt praktisch nicht mehr vor)
ABFALL	Industrieabfälle, Altholz u.a.
PETRK	Petrolkoks
UEBGAS	Übrige Gase, Flüssiggase (Propan und Butan), Leuchtpetrol, White Spirit usw.

In Bezug auf die Systemgrenzen sind die obigen Abmachungen aus energetischer Sicht nicht absolut konsistent – aber international durchaus üblich: Indem sowohl die fossilen Inputenergien für die Eigenstromerzeugung als auch die produzierte Elektrizität selbst

als Verbrauch gezählt werden, ergibt sich über die Elektrizität eine Doppelzählung in der Grössenordnung von rund 3 PJ).

Weiter ist zu betonen, dass bei Angaben zum Energieverbrauch grundsätzlich immer der *Endverbrauch* gemeint ist. Damit sind z.B. die energetischen Aufwendungen einer Ölraffinerie im Rahmen des Raffinationsprozesses nicht enthalten, wohl aber deren Energieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser.

2.4 Klimanormierung

Der wichtigste kurzfristige exogene Einfluss auf den Energieverbrauch stellt die Witterung (das "Klima") dar. Diese Abhängigkeit bezieht sich in der aktuellen Energiemodellierung aber nur auf den Energiebedarf für das Heizen und die Bereitstellung von Warmwasser (für Sanitärzwecke). Andere Effekte, wie etwa der erhöhte Kühlungsbedarf an speziell heissen Sommertagen werden zur Zeit nicht abgebildet. Berücksichtigt werden hingegen kurzfristig realisierte Produktionsänderungen, sofern sich diese in den Hochrechnungsfaktoren niederschlagen, d.h. in jenen Modellgrössen, die die (physische) Produktion der Industrie beschreiben. Dazu gehört etwa die Bierproduktion, die tatsächlich in dem besonders heissen Sommer 2003 leicht höher war, als es der längerfristige Trend hätte erwarten lassen (die statistisch fassbare Witterungsabhängigkeit der Bierproduktion ist aber tatsächlich sehr gering).

Das Vorgehen bei der Modellierung des Klimaeinflusses auf den Energieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser ist wie folgt: In einem ersten Schritt wird der Energieverbrauch in Bezug auf einlangjähriges Durchschnittsklima modelliert. Erst in einem zweiten Schritt wird dann auf die effektive Witterung "korrigiert". Für diesen Korrekturprozess werden zwei verschiedene Verfahren angewendet. Das eine Verfahren orientiert sich allein an den Heizgradtagen auf Jahresbasis, das andere an Gradtagen und Strahlung auf Monatsbasis.

Die Korrektur basierend auf den jährlichen Heizgradtagen bezieht sich auf alle Energieträger mit Ausnahme des Heizöls (extra leicht). Dabei kommt folgender Ansatz mit einem einfachen Korrekturfaktor zum Tragen:

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

E: klimaabhängiger Energieverbrauch (im Wesentlichen Raumheizung und Warmwasser)

HGT: Heizgradtagzahl (3588 stellt das langjährige Mittel dieser Zahl dar)

Für das Heizöl (extra leicht) wird ein monatsbasiertes Verfahren angewandt, das sich nicht auf Heizgradtage sondern auf Gradtage und zusätzlich auf die Strahlung abstützt. Dabei sind Heizgradtage und Gradtage auf Jahresbasis wie folgt definiert (auf Monatsbasis würde man einfach die Summen auf den entsprechenden Monat beschränken):

$$HGT = \sum_{i=1}^{365} (20 - T_i) \cdot H(12 - T_i)$$

$$GT = \sum_{i=1}^{365} (20 - T_i) \cdot H(20 - T_i)$$

T_i : Durchschnittliche Tagestemperatur (energieverbrauchsgewichtetes Mittel von 40 Meteo-Stationen, in Grad Celsius)

$H(x)$ Heaviside'sche Sprungfunktion mit $H(x) = \begin{cases} 0 & \text{für } x < 0 \\ 1 & \text{für } x \geq 0 \end{cases}$

Bei beiden Grössen werden also die Tagesdifferenzen zwischen einer fixen Innentemperatur von 20 Grad Celsius und der durchschnittlichen (Aussen-)Temperatur aufsummiert, wobei im einen Fall die Differenz aber nur gezählt wird, wenn sie grösser als 12 Grad Celsius ist, im andern Fall sobald sie positiv ist. In den Wintermonaten sind die beiden Zahlen praktisch identisch, nicht aber in den übrigen Monaten, in denen die GT-Zahl definitionsgemäss deutlich grösser ist. In der Jahresbilanz ergibt sich im Zeitablauf das in Abbildung 2-5 wieder gegebene Bild. Im Wesentlichen ergibt sich übers Jahr gesehen ein mehr oder weniger konstanter Unterschied.

Die Strahlung wird wie folgt definiert:

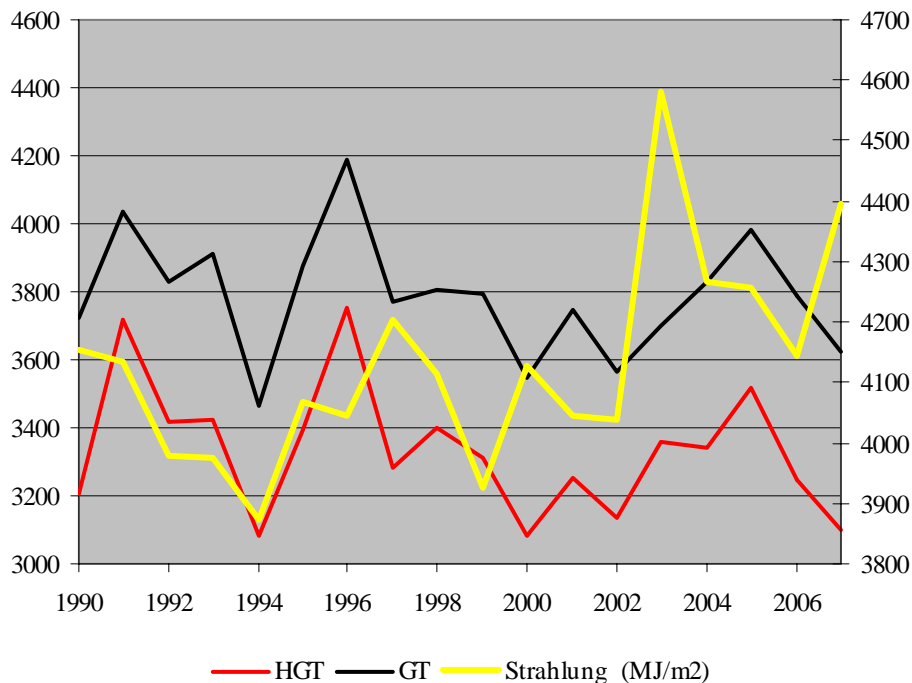
$$S = \sum_{i=1}^{365} S_i$$

S_i : Tagessumme der eingestrahltten solaren Energie (energieverbrauchsgewichtetes Mittel von 40 Meteo-Stationen, in MJ/m²)

Mit den Resultaten einer Arbeit von Prognos⁴ werden für Heizöl (extra leicht) mit einem geeigneten Elastizitäts-Verfahren die vom Nachfragemodell auf Jahresbasis ermittelten Energieverbräuche für Raumwärme und Warmwasser mit den Monatswerten von Gradtagen und Strahlung auf die einzelnen Monate herunter gebrochen.

⁴ Prognos (2003): Einfluss von Temperatur und Globalstrahlungsschwankungen auf den Energieverbrauch der Gebäude, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Basel

Abb. 2-5: Entwicklung von Heizgradtagen, Gradtagen und Strahlung 1990 bis 2007



Der Hauptgrund für die detailliertere (und genauere) Rechnung für das Heizöl (extra leicht) gegenüber den andern Energieträgern liegt darin, dass der vom BFE in der Energiestatistik ausgewiesene Heizölverbrauch auf Jahresbasis für alle Verbrauchssektoren (also auch für die Haushalte und die Dienstleistungen) seit 2003/2004 auf eben solchen Rechnungen basiert, zwar nicht absolut, aber in der relativen Veränderung. Mit andern Worten: Um bei einem Abgleich mit den Zahlen des BFE konsistent zu bleiben, muss auch im vorliegenden Zusammenhang entsprechend gerechnet werden. Im Regelfall ergeben sich zwischen der jahresbasierten Modellierung über Heizgradtage und der monatsbasierten Modellierung über Gradtage und Strahlung im Jahresvergleich keine grossen Unterschiede, zumeist liegen sie unterhalb einer Zweiprozentschwelle.⁵

Zusammengefasst ergibt sich damit, dass der modellmässig berechnete klimaabhängige Energieverbrauch - geeignet auf die Statistik kalibriert (vgl. nächstes Kapitel) - auf zwei verschiedenen "Klimamodellen" beruht. Wegen der erwähnten kleinen Unterschiede stellt dies in der Regel kein Problem dar. Es kann aber dann zum Problem werden, wenn man ausgehend von den modellmässigen Verbrauchsdaten auf einen klima-

⁵ Zu betonen ist hier im Übrigen, dass in der monatsbasierten Rechnung auch die Energiepreise und die (mutmassliche) Industrieproduktion jeweils monatsaktuell eingehen, um den Jahresgang des Verbrauchs im Wechselspiel mit den monatlichen Absatzdaten verfolgen zu können.

normierten Verbrauch mit *einem* Verfahren zurückrechnet und die beiden Klimamodelle ausnahmsweise einen grösseren Unterschied ergeben - wie gerade im Jahr 2007.

Tatsächlich wird für die Bestimmung der klimanormierten Verbräuche für *alle* Energieträger das HGT-Verfahren verwendet, in dem die oben gegebene Formel einfach invertiert wird:

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

Das Berichtsjahr 2007 war als ganzes, aber vor allem der April sehr warm (vgl. Tabelle 2-6). Im April erreichte die Strahlung Werte, wie sie für den Hochsommer üblich sind.

Tab. 2-6: Klimadaten für die Jahre 2006 und 2007 (Quelle: MeteoSchweiz; Umrechnungen: Basics)

Monat	HGT's (Gradtage)	GT's (Gradtage)	Strahlung (MJ/m ²)
Jan 06	676	676	127
Feb 06	554	554	149
Mrz 06	501	516	307
Apr 06	290	334	413
Mai 06	91	204	493
Jun 06	43	64	665
Jul 06	0	4	685
Aug 06	37	148	424
Sep 06	6	92	381
Okt 06	117	228	253
Nov 06	389	395	148
Dez 06	543	543	102
Jan 07	489	493	116
Feb 07	431	431	181
Mrz 07	443	444	363
Apr 07	112	198	609
Mai 07	90	167	560
Jun 07	21	79	573
Jul 07	16	69	601
Aug 07	14	84	487
Sep 07	105	203	421
Okt 07	281	327	260
Nov 07	505	505	131
Dez 07	594	594	90

Da das monatsbasierte Modell mit Gradtagen und Strahlung als Input auf warme Übergangsmonate relativ deutlich stärker reagiert als das Modell mit Heizgradtagen, liefert es für den April 2007 und schliesslich auch für das ganze Jahr 2007 einen klar geringeren Energieverbrauch. Nur schon für die Industrie allein folgt ein Unterschied von rund

900 TJ zwischen den beiden Klimamodellen (*ceteris paribus*). Dies macht immerhin gut 7 % des für das Heizen und die Warmwasserbereitstellung in der Industrie benötigten Heizöls (extra leicht) aus. Mit andern Worten: Wenn man den auf Gradtagen basierenden Heizölverbrauch mit der auf Heizgradtagen "klimanormiert", wird dieser Verbrauch um eben diese 900 TJ unterschätzt.

Aus der Klimanormierung des Energieverbrauchs folgt automatisch die entsprechende Normierung in den CO₂-Emissionen. Diese Art der Normierung entspricht dem Vorgehen, das BFE und BAFU mit der Energieagentur der Wirtschaft (EnAW) abgesprochen haben.

3 Unterschiede zur bisherigen Statistik

Wie schon angedeutet konnte die bisherige (Industrie-)Statistik nicht vollumfänglich reproduziert werden. Es folgt deshalb eine knappe Diskussion der wichtigsten Unterschiede.

3.1 Bisherige Statistik

Im eigentlichen Sinne des Wortes gibt es für die Industrie tatsächlich gar keine vollständige "bisherige" Energie-Verbrauchs-Statistik. Diese muss aus öffentlichen und internen Angaben erst konstruiert werden. So findet man z.B. für den Verbrauch von Heizöl extra leicht in der Industrie in der Gesamtenergiestatistik gar keine separate Angabe, man kann aber über Differenz- und Rekalibrierungsrechnungen einen entsprechenden Verbrauch ableiten bzw. schätzen. In diesem Sinne haben wir versucht, unter Berücksichtigung der uns vom Bundesamt für Energie alljährlich für die Ex-Post-Analysen überlassenen Informationen eine "durchgehende" Statistik zu kreieren. Dabei werden (vom Diesel- und HEL-Verbrauch abgesehen) *keine eigenen* Energie-Modelle verwendet, aber Statistik-Wechsel nach bestem Wissen bereinigt. Gegenüber dem letzten Bericht wurden die Brüche der Holzstatistik nicht vollständig, aber mindestens so bereinigt, dass der Vergleich 1990 bis 2007 nun in sich stimmiger ist. Die Daten beinhalten keine Klimanormierung, meinen also effektive Energieverbräuche meinen.

Das Resultat zeigt Tabelle 3-1. Gesamthaft resultiert im Zeitraum 1990 bis 2007 ein Mehrverbrauch von rund 10 Prozent, wobei die einzelnen Energieträger z.T. stark gegenläufige Bewegungen aufweisen (Substitutionen). Abbildung 3-2 zeigt die daraus resultierenden CO₂-Emissionen, Tabelle 3-3 die für die Berechnung verwendeten CO₂-Emissionsfaktoren.

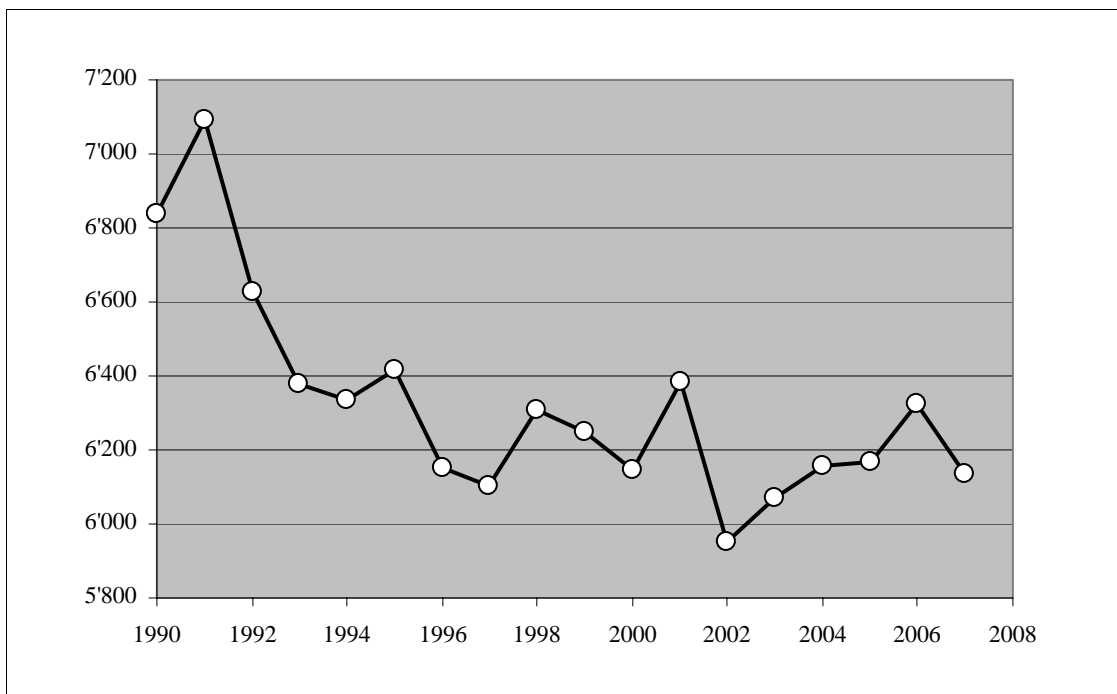
Tab. 3-1: Energieverbrauch der Industrie 1990 – 2007 gemäss "bisheriger Statistik" (in TJ, Effektivdaten, ohne neue erneuerbare Energien; Quellen: BFE, Basics; Fortsetzung nächste Seite)

Jahr	HEL	GAS	ELEKT	N'FERN	HOLZ	KOHLE
1990	25'887	19'233	62'053	3'397	3'417	13'680
1991	31'777	21'838	62'118	3'946	3'724	11'790
1992	30'823	23'273	60'732	3'912	3'795	8'120
1993	29'194	25'840	58'324	4'135	4'051	6'720
1994	26'679	26'406	57'233	4'632	3'808	6'850
1995	28'010	28'275	57'935	4'838	4'244	7'430
1996	29'566	28'826	57'586	4'907	4'635	5'660
1997	31'428	29'470	58'424	5'164	4'250	4'350
1998	32'964	30'136	59'972	5'318	6'750	3'650
1999	32'997	30'950	61'283	5'490	7'010	3'820
2000	31'552	31'880	65'084	5'600	7'010	5'700
2001	31'930	32'580	66'064	5'830	7'530	6'020
2002	29'626	31'570	65'452	5'830	7'670	5'580
2003	30'867	33'040	65'848	6'020	8'230	5'790
2004	30'185	34'130	67'110	5'800	8'270	5'250
2005	30'533	35'050	68'030	5'800	5'920	5'580
2006	29'153	36'310	68'390	6'370	6'920	6'010
2007	26'975	37'200	68'380	6'130	7'750	7'050

Tab. 3-1: Energieverbrauch der Industrie 1990 – 2007 gemäss "bisheriger Statistik" (in TJ, Effektivdaten, Total mit erneuerbare Energien; Quellen: BFE, Basics, Fortsetzung)

Jahr	DIES	HMS	ABFALL	PETRK	UEBGAS	Total
1990	10'283	18'870	6'710	1'400	4'100	169'029
1991	9'660	17'386	7'850	980	4'780	175'850
1992	9'637	16'851	8'370	315	4'318	170'145
1993	9'647	14'379	9'720	1'120	4'150	167'279
1994	9'991	14'914	8'450	1'470	4'230	164'663
1995	9'046	13'678	8'450	1'260	4'270	167'435
1996	8'540	11'083	9'020	1'050	4'440	165'312
1997	8'654	9'764	10'090	280	5'320	167'195
1998	8'710	10'380	10'320	455	6'160	174'816
1999	8'407	8'570	10'000	525	6'670	175'722
2000	8'660	6'010	11'350	560	5'930	179'337
2001	8'942	8'030	11'350	420	5'570	184'266
2002	9'107	4'940	11'150	700	6'160	177'785
2003	8'939	5'310	11'950	210	5'330	181'533
2004	9'167	6'220	11'930	840	5'200	184'102
2005	9'451	4'900	12'050	1'160	4'600	183'074
2006	9'769	5'730	12'250	1'610	5'060	188'273
2007	9'911	4'000	11'560	1'360	4'550	185'626

Abb. 3-2: CO₂-Emissionen gemäss bisheriger Statistik (inkl. Diesel für Off-Road-Anwendungen, Effektivdaten, in Tausend Tonnen)



Tab. 3-3: Verwendete CO₂-Emissionsfaktoren (für jene Energieträger, die nicht als CO₂-frei gelten, in 1000 Tonnen je PJ)

HEL	GAS	KOHLE	DIES	HMS	PETRK	UEBGAS
73.7	55.0	94.0	73.6	77.0	77.0	65.5

Tabelle 3-4 fasst schliesslich einige Indikatoren zur Beschreibung der industriellen Energieverbrauchsentwicklung zusammen.

Tab. 3-4: Verschiedene Indikatoren für die Energieverbrauchsentwicklung der Industrie (Quellen: BFE, BFS, SECO, Basics)

Jahr	HGT *	Gaspreise **	HEL-Preise **	Produktion	Reale Wert- schöpfung Industrie ***	Beschäftigte *** ****
	(-)	(90 = 100)	(90 = 100)	(90 = 100)	(90er Fr.)	(-)
1990	3'203	100.0	100.0	100.0	103'710	1'168'173
1991	3'715	113.7	100.9	100.0	103'853	1'130'884
1992	3'420	117.1	88.5	99.2	103'934	1'067'535
1993	3'421	117.2	81.9	97.3	102'901	1'027'019
1994	3'080	110.2	68.1	101.6	106'296	1'025'130
1995	3'397	106.7	60.5	103.5	106'052	1'042'504
1996	3'753	106.3	81.0	103.5	104'147	1'000'757
1997	3'281	108.5	90.7	108.3	105'210	954'333
1998	3'400	110.7	66.8	112.2	107'033	950'637
1999	3'313	106.3	79.6	116.1	107'125	946'431
2000	3'081	119.6	146.8	125.9	108'043	968'132
2001	3'256	153.2	131.5	125.1	111'096	979'543
2002	3'135	136.4	112.4	118.6	110'879	970'323
2003	3'357	135.7	124.2	119.2	111'273	965'447
2004	3'339	133.9	148.4	123.9	113'163	975'288
2005	3'517	149.9	211.4	127.2	115'153	985'953
2006	3'246	173.6	238.9	137.1	117'013	995'141
2007	3'101	183.2	237.0	149.9	118'329	998'905

* entspricht der bisherigen Definition als gewichtetes Mittel von 40 Messstationen

** Grossverbraucherpreise

*** Die Werte für die Jahre 2002 bis 2007 sind Schätzungen von Basics aufgrund der Angaben von ECOPLAN im Rahmen der Perspektivarbeiten (vgl. Basics 2006)

**** in Vollzeitäquivalente umgerechnet

3.2 Energieträger im Einzelnen

Im Folgenden werden auf der Ebene der einzelnen Energieträger die Unterschiede besprochen, die sich aus den neuen Zeitreihen im Vergleich zur "bisherigen Statistik" ergeben. Die Reihenfolge der Energieträger entspricht der schon weiter oben verwendeten Reihenfolge.

3.2.1 Heizöl extra leicht

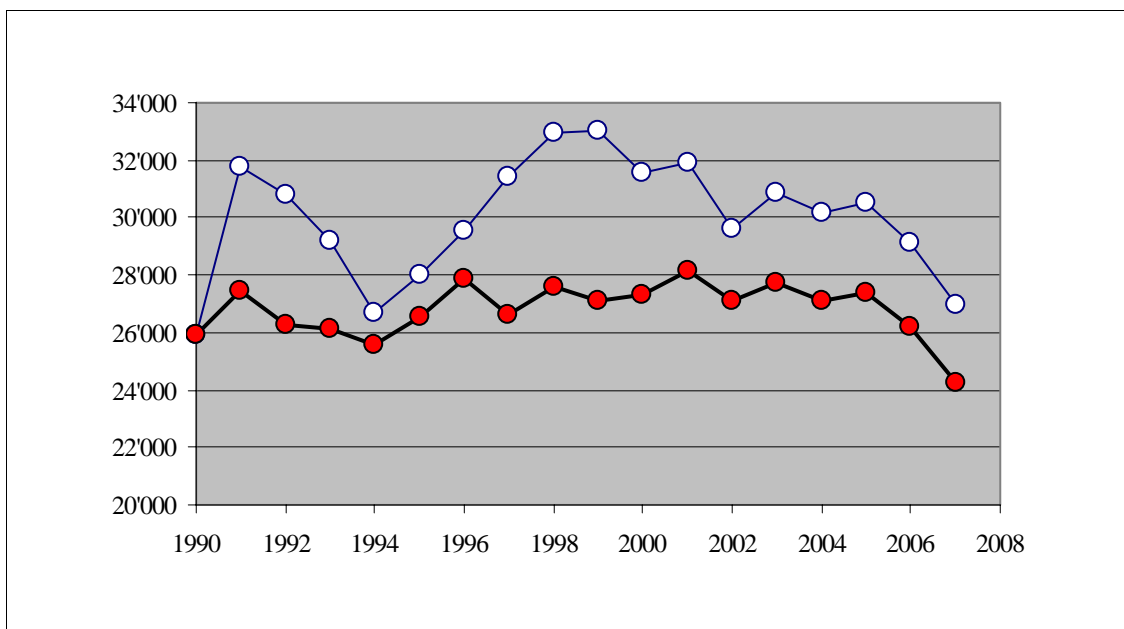
Im letzten Bericht wurde darauf hingewiesen, dass im langjährigen Vergleich des gesamtschweizerischen Absatzes mit dem statistisch ausgewiesenen Verbrauch sich für alle Verbrauchssektoren zusammengenommen eine wachsende Diskrepanz abzeichnet. Und zwar in dem Sinne, dass die Bevorratung mit Heizöl extra leicht über die letzten Jahre hinweg kontinuierlich zurückgeht. Dieser Trend hat sich - mit Ausnahme der

Herbstmonate 2006 - für die zwei neuen Berichtsjahre eher noch verstärkt. Zum Zeitpunkt der Niederschrift dieser Zeilen (März 2009) ist gar der tiefste je ermittelte gesamtschweizerische Füllgrad registriert worden (Wert im Februar 2009: 22 %).

Auch wenn die geringen Füllgrade durchaus im Einklang mit den wirtschaftlichen Rahmendaten sind, ist nicht auszuschliessen, dass die Modelle den Verbrauch etwas überschätzen - also die Füllgrade tatsächlich etwas höher sein müssten. Für die Industrie wurden denn auch im Nachgang zur letzten Konsumentenbefragung (Herbst 2004) einige (kleine) Anpassungen vorgenommen, die auch einige Unstimmigkeiten in Bezug auf die Entwicklung bei den Dienstleistungen entschärften. Gesamthaft ergibt sich daraus für die Industrie ein durchaus plausibles Bild (vgl. Abbildung 3-5).

Alles in allem ist die modellmässige Entwicklung für die Industrie gleichmässiger und passt besser zu den exogenen Einflussfaktoren (Klima, Preise, Produktion) als die Entwicklung gemäss "bisheriger Statistik". Gleichwohl wird die neue, gerade anlaufende Konsumentebefragung auch für die Industrie eine grosse Bedeutung haben. Leider ist erst im Herbst 2009 mit belastbaren Resultaten zu rechnen.

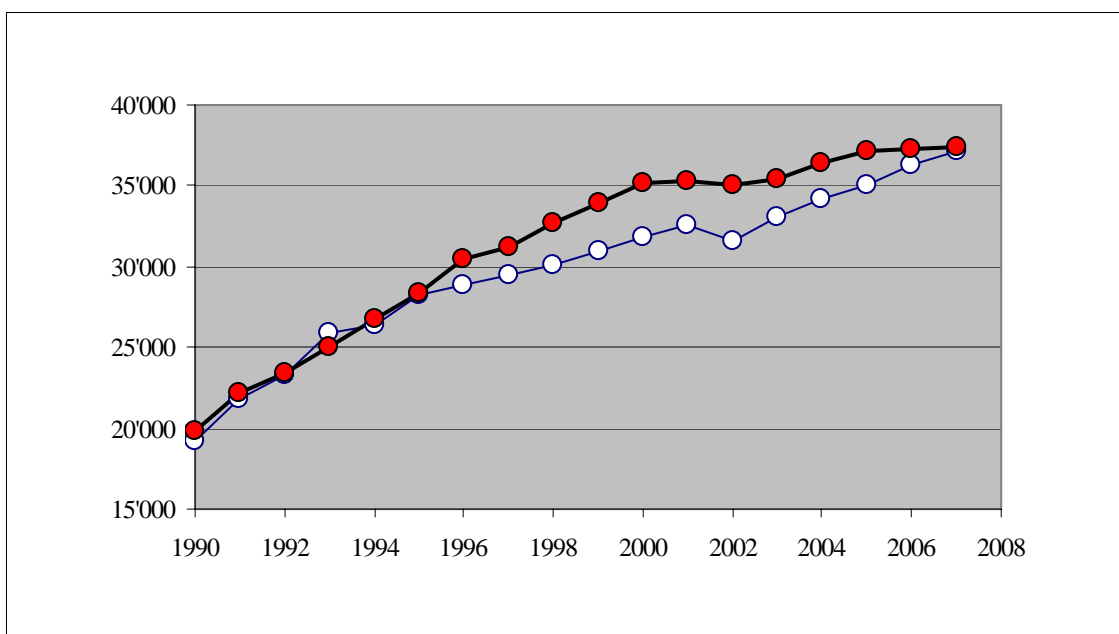
Abb. 3-5: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Heizöl extra leicht (in TJ): grösserer Unterschied



3.2.2 Erdgas

Der industrielle Verbrauch von Erdgas wurde mit der ersten Helbling-Erhebung deutlich nach unten korrigiert. Unsere Analysen deuten darauf hin, dass damit aber der Gasverbrauch in der Industrie unterschätzt wird, aber deutlich weniger dramatisch als vermutet. Es ergibt sich für die Jahre 1996 bis 2006 eine trendmässige Unterschätzung des Verbrauchs in der Grössenordnung von 2 bis 3 PJ, die für 2007 aber praktisch verschwunden ist. Abbildung 3-6 zeigt die Details im zeitlichen Verlauf. Anders als beim Heizöl extra leicht hätte man beim Erdgas ohne grössere Konsistenzprobleme auf die Gesamtenergiestatistik kalibrieren können, da sich kein einziges Jahr (ev. mit Ausnahme von 1996) als ein "Ausreisser" präsentiert. Da es aber sehr viele Hinweise darauf gibt, dass der Gasverbrauch der Industrie in der Statistik für einige Jahre effektiv unterschätzt wurde, haben wir auf die Kalibrierung auf die Statistik verzichtet.

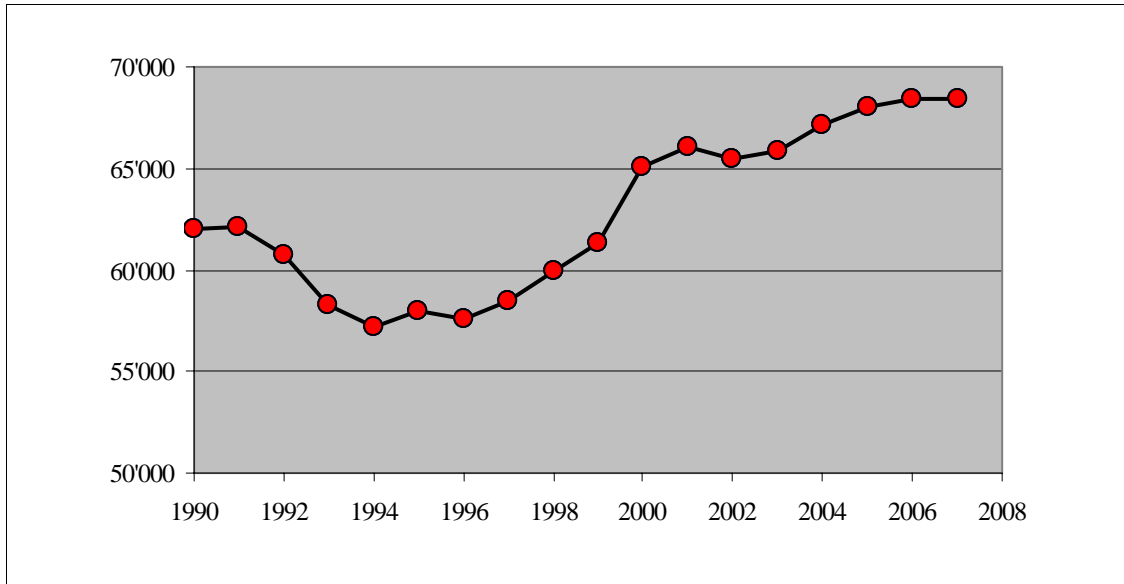
Abb. 3-6: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Erdgas (in TJ): trendmässiger Unterschied



3.2.3 Elektrizität

Bei der Elektrizität passen Modell und Statistik sehr gut zusammen. Deshalb haben wir auf die Statistik kalibriert. Den Zeitverlauf zeigt Abbildung 3-7. Die gute Übereinstimmung gilt aber nur dann, wenn beim Elektrizitätsverbrauch der mit WKK-Anlagen erzeugte Strom als Verbrauch mitgezählt wird.

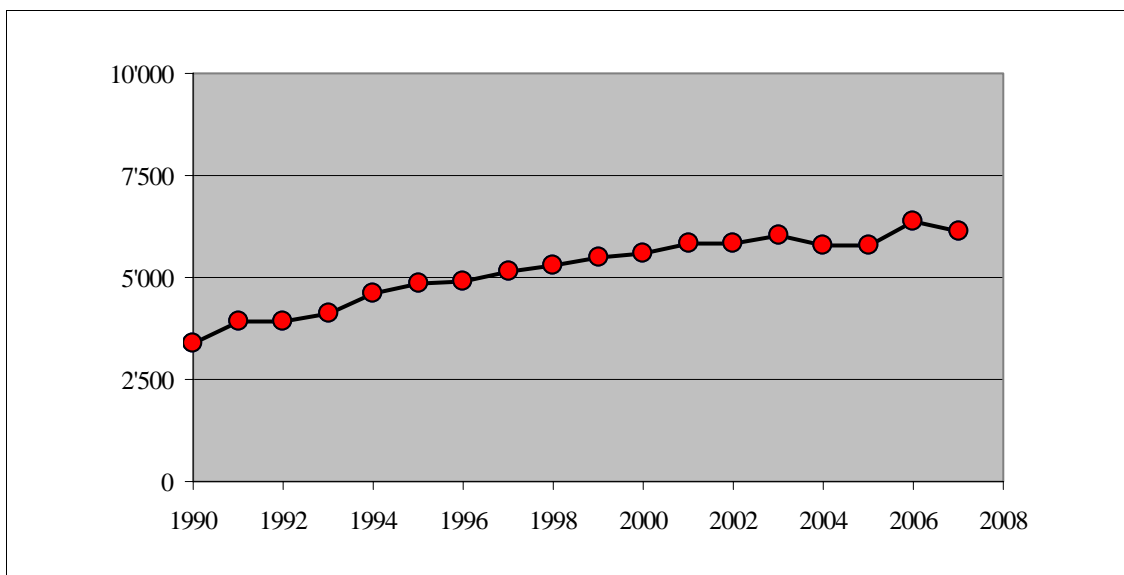
Abb. 3-7: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Elektrizität (in TJ): kein Unterschied



3.2.4 Nah- und Fernwärme

Auch bei der Nah- und Fernwärme gilt, dass Modell und Statistik recht gut zusammenpassen; wir haben deshalb auch hier auf die Statistik kalibriert (vgl. Abbildung 3-8).

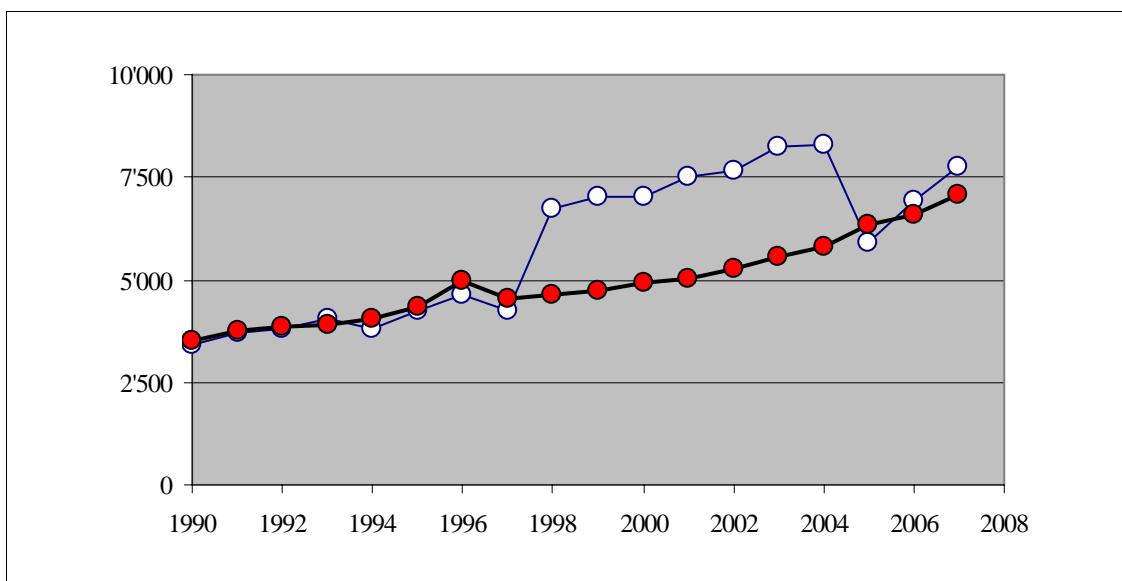
Abb. 3-8: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Nah- und Fernwärme (in TJ): kein Unterschied



3.2.5 Holz

Die Holzstatistik wurde mittlerweile auf eine neue Grundlage gestellt. Die Experten sind sich danach einig, dass der Industrie (primär dem Holzgewerbe) zwischenzeitlich deutlich zu viel Holz zugeordnet wurde und dem Haushaltssektor deutlich zu wenig. Dies kommt auch in unserer Analyse zum Ausdruck. Der "neue" Holzverbrauch der Industrie passt nun sehr viel besser zum modellmässig ermittelten Verbrauch. Die Details zeigt Abbildung 3-9. Deutlich werden die beiden Statistikbrüche. Auch wenn nun alles besser zusammenpasst, bleibt ein Vorbehalt: Der neue Holzverbrauch ist angesichts der effektiven "Beheizungsmöglichkeiten" (Energiebezugsflächen) eigentlich immer noch zu hoch.

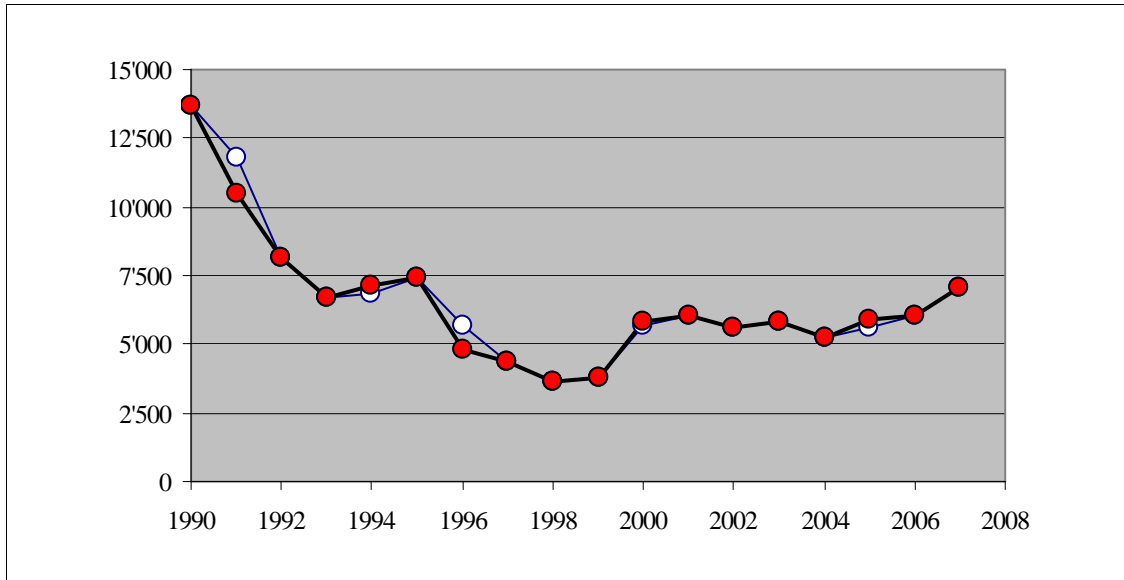
Abb. 3-9: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Holz (in TJ): im Wesentlichen ein Niveauunterschied



3.2.6 Kohle

Die Kohle ist insofern ein spezieller Fall, als dass der gesamtschweizerische Kohleverbrauch angesichts der geringen Zahl von Konsumenten eigentlich recht genau bekannt sein müsste. Tatsächlich ergeben sich für einige Jahre aber eindeutige Widersprüche, so dass wir in diesen Jahren nicht auf die Statistik kalibrieren und die Resultate der Modellrechnung übernehmen. Die Details zeigt Abbildung 3-10.

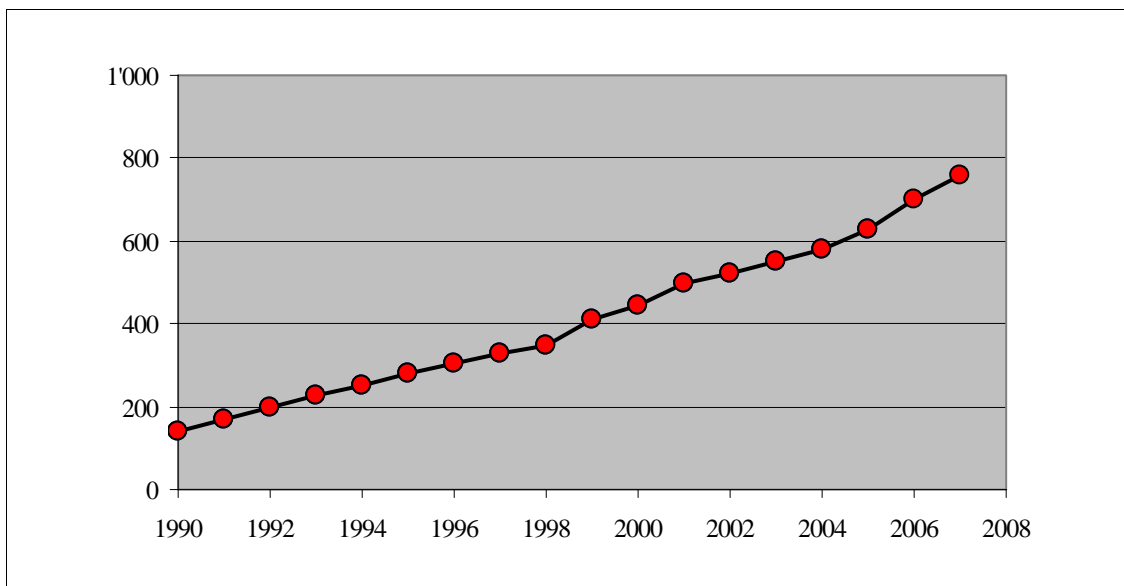
Abb. 3-10: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Kohle (in TJ): Unterschiede in einzelnen Jahren



3.2.7 (Neue) Erneuerbare Energien

Die (neuen) erneuerbaren Energien betrachten wir als fixe Vorgabe durch die Statistik. Es drängen sich keine Änderungen oder Anpassungen auf. Die Details der zeitlichen Entwicklung zeigt Abbildung 3-11.

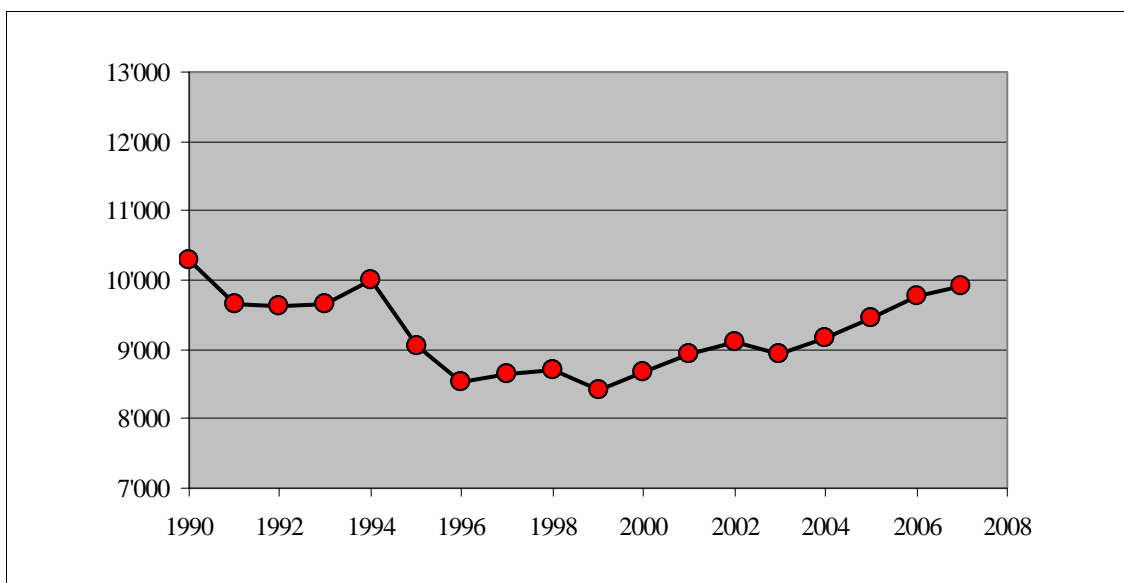
Abb. 3-11: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für erneuerbare Energien (in TJ): kein Unterschied



3.2.8 Diesel

Diesel ist ein Sonderfall, in dem in der Energiestatistik keine Angaben zum Dieselverbrauch der Industrie im Off-road-Bereich (der vor allem von den Baumaschinen herührt) enthalten sind. Die ausgewiesenen Daten sind somit reine Modell-Daten. Damit gibt es auch keinen Unterschied zur Statistik (vgl. Abbildung 3-12).

Abb. 3-12: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für den Off-Road-Diesel-Verbrauch (in TJ): kein Unterschied



3.2.9 Heizöl mittel und schwer

Die Verbrauchsdaten von Heizöl mittel und schwer sind eigentlich Absatzdaten. Ähnlich wie beim Petrolkoks ergeben sich mit den Detailinformationen von grossen Verbrauchern in einigen Jahren beträchtlich Konsistenzprobleme, wenn man die Absatzdaten als Verbrauchsdaten interpretiert. Wir haben deshalb mit den uns vom BAFU zur Verfügung gestellten Zahlen der grossen Verbraucher eine Regressionsanalyse des restlichen Verbrauchs (einige PJ) anhand der Absatzdaten durchgeführt (Schätzperiode: 1990 bis 2004). Abbildung 3-13 zeigt als weisse Punkte die regressionsanalytisch auszugleichenden Restbetreffnisse, als rote Linie den regressionsanalytisch resultierenden klimanormierten Verbrauch. Was dann schliesslich für den gesamten Verbrauch (wieder "mit" Klima) an Heizöl mittel und schwer resultiert, ist in Abbildung 3-14 dargestellt.

Abb. 3-13: Verbrauch von Heizöl mittel und schwer: Regressionsanalytische Schätzung des (klimanormierten) Restbetreffnisses (weisse Punkte: "bisherige Statistik", rote Linie: Regression)

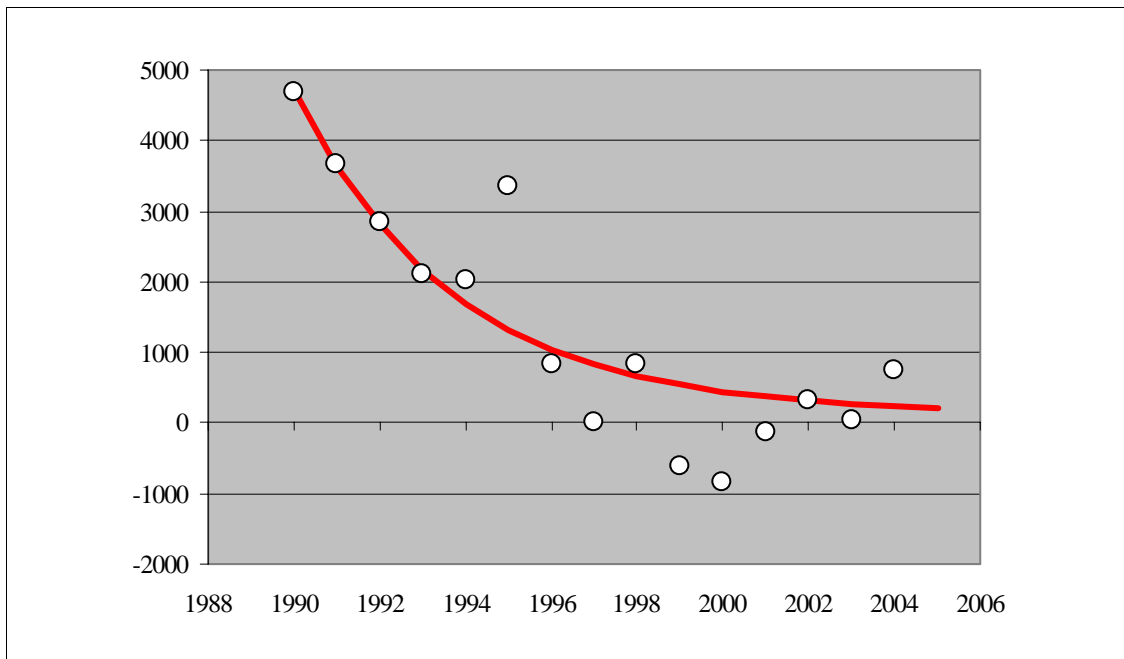
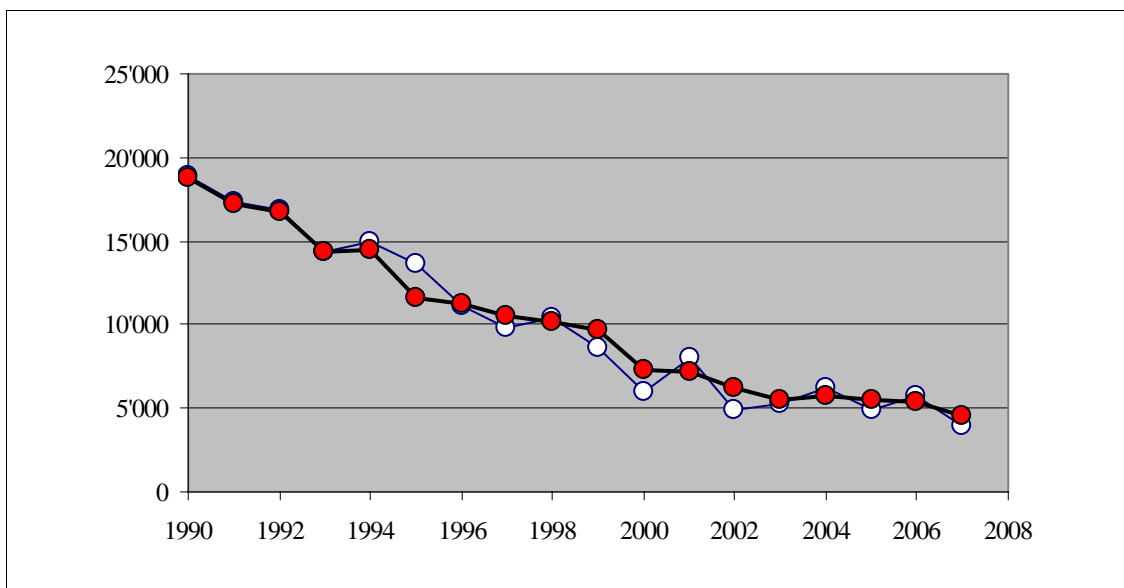


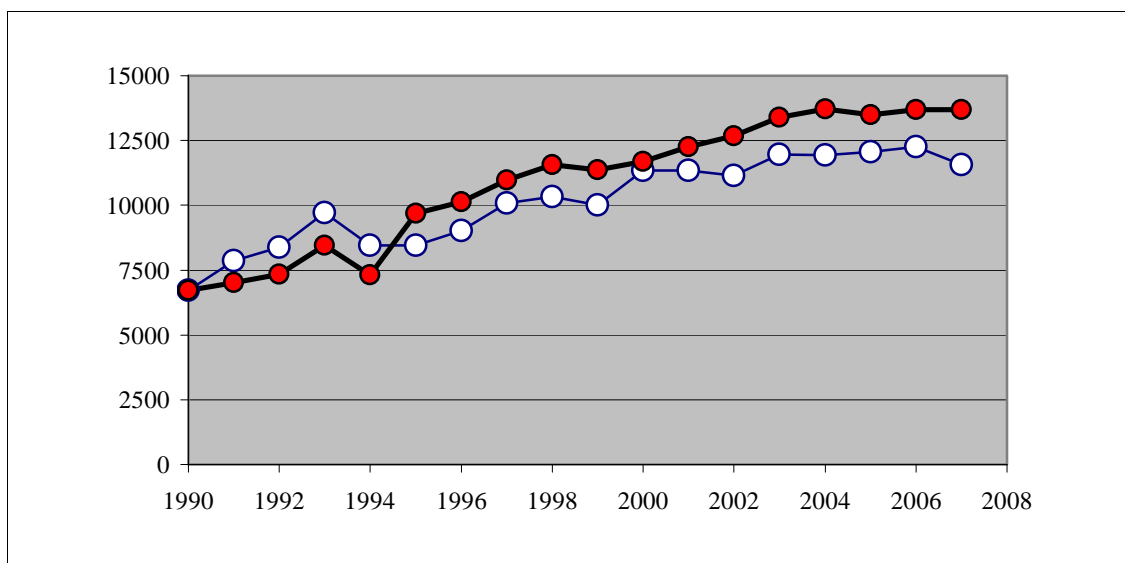
Abb. 3-14: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Heizöl mittel und schwer (in TJ): Grössere Unterschiede in mehreren Jahren



3.2.10 Abfall

Bei den Abfällen ist die Situation etwas komplizierter (vgl. Abbildung 3-15). Bis 1994 liegt der ausgeglichene Abfallverbrauch deutlich unter den Statistikwerten, ab dem Jahr 1995 ist es umgekehrt. Unsere Einschätzung beruht auf "grossen" Abfallkonsumenten: Zement, Papier und Chemie: Ohne die vorgenommenen Korrekturen hätten die übrigen Abfallkonsumenten zum Teil etwas unplausible Substitutionen vornehmen müssen.

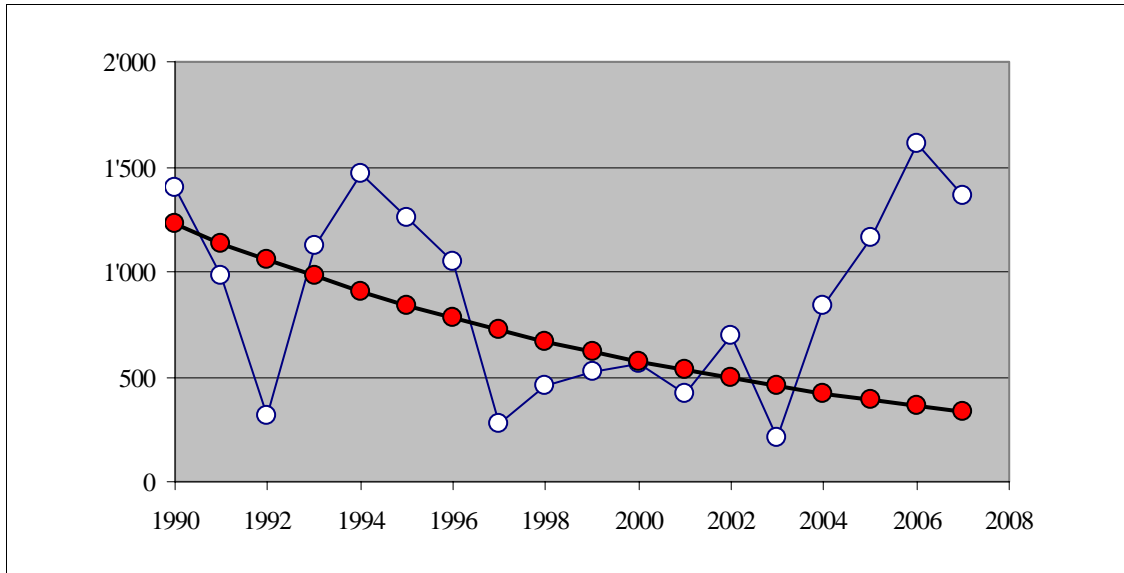
Abb. 3-15: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Abfall (in TJ): Systematischer Unterschied



3.2.11 Petrolkoks

Petrolkoks ist ein besonders schwieriger Fall. Energetisch ist er zwar ziemlich unbedeutend, erzeugt aber grössere Inkonsistenzen, wenn man den Verbrauchsangaben der grössten Verbraucher glaubt. Die provisorische Lösung besteht in einer regressionsanalytischen Glättung der Verbrauchsangaben des BFE. Dann verschwinden die angedeuteten Inkonsistenzen und die Substitutionsbeziehungen machen auch im Zeitablauf mehr Sinn. Dass dies möglich ist, liegt wohl in der einfachen Lagerbarkeit dieses Energieträgers begründet. Um gerade dieser Lagerbarkeit gerecht zu werden, wird die Regressionsanalyse auf die kumulierten Verbrauchsdaten angewandt. Die beste Korrelation ergibt sich so im Rahmen eines exponentiellen Ansatzes. Aus den geschätzten kumulierten Verbräuchen ergeben sich durch Differenzenbildung schliesslich die gesuchten Jahresverbräuche. Das Resultat ist aber kaum befriedigend. Angesichts der geringen energetischen Bedeutung von Petrolkoks haben wir es aber dennoch übernommen. Beim Einbezug des Berichtjahres 2008 müssen hier methodische Änderungen vorgenommen werden. Die Details zeigt Abbildung 3-16.

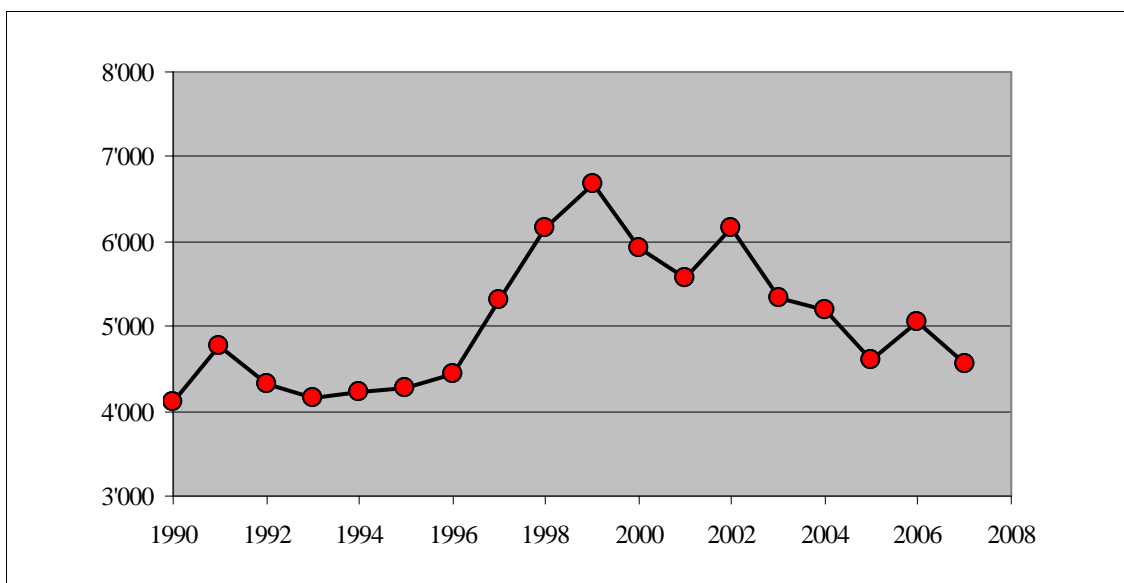
Abb. 3-16: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Petrolkoks (in TJ): Unterschiede durch Übergang zu einem regressionsanalytisch bestimmten Trend



3.2.12 Übrige Gase

Die Daten für die übrigen Gase (vor allem Propan und Butan) sind hingegen deutlich plausibler. Hier war es ohne Probleme möglich, auf die Statistikangaben zu kalibrieren. Die Details zeigt Abbildung 3-17.

Abb. 3-17: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für die Übrigen Gase (in TJ): kein Unterschied



4 Resultate

Die quantitativen Resultate sind in einer separaten Excel-Arbeitsmappe zusammengefasst ("D-BAFU.xls"). Tabelle 4-1 fasst die resultierenden effektiven gesamtschweizerischen Energieverbräuche zusammen.

Abbildung 4.2 zeigt die daraus abgeleiteten effektiven CO₂-Emissionen, Abbildung 4-3 die klimanormierten CO₂-Emissionen. Schliesslich zeigt Abbildung 4-4 die Aufteilung des effektiven Energieverbrauchs auf die vom BAFU gewünschten Industriebranchen.

Tab. 4-1: Endenergieverbrauch der Industrie 1990 – 2007 gemäss Modell (in TJ, Effektivdaten, ohne Ausweis der neuen erneuerbaren Energien; Quellen: BFE, Basics; Teil 1)

Jahr	HEL	GAS	ELEKT	FERN	HOLZ	KOHLE
1990	25'887	19'780	62'053	3'397	3'488	13'680
1991	27'435	22'147	62'118	3'946	3'749	10'464
1992	26'269	23'461	60'732	3'912	3'838	8'120
1993	26'128	25'049	58'324	4'135	3'890	6'720
1994	25'557	26'795	57'233	4'632	4'071	7'161
1995	26'518	28'368	57'935	4'838	4'361	7'430
1996	27'838	30'417	57'586	4'907	4'971	4'818
1997	26'634	31'206	58'424	5'164	4'525	4'350
1998	27'624	32'676	59'972	5'318	4'658	3'650
1999	27'079	33'973	61'283	5'490	4'710	3'820
2000	27'309	35'188	65'084	5'600	4'910	5'800
2001	28'160	35'330	66'064	5'830	5'024	6'020
2002	27'121	35'031	65'452	5'830	5'246	5'580
2003	27'708	35'426	65'848	6'020	5'569	5'790
2004	27'096	36'409	67'110	5'800	5'806	5'250
2005	27'409	37'192	68'030	5'800	6'323	5'880
2006	26'170	37'275	68'390	6'370	6'609	6'010
2007	24'214	37'358	68'380	6'130	7'075	7'050

Tab. 4-1: Endenergieverbrauch der Industrie 1990 – 2007 gemäss Modell (in TJ, Effektivdaten, ohne Ausweis der neuen erneuerbaren Energien; Quellen: BFE, Basics; Teil 2)

Jahr	DIES	HMS	ABFALL	PETRK	UEBGAS	Total
1990	10'283	18'770	6'710	1'228	4'100	169'517
1991	9'660	17'238	7'020	1'138	4'780	169'864
1992	9'637	16'690	7'348	1'055	4'318	165'575
1993	9'647	14'349	8'457	977	4'150	162'051
1994	9'991	14'503	7'319	906	4'230	162'652
1995	9'046	11'576	9'690	840	4'270	165'152
1996	8'540	11'245	10'140	778	4'440	165'985
1997	8'654	10'561	10'982	721	5'320	166'870
1998	8'710	10'225	11'561	668	6'160	171'573
1999	8'407	9'701	11'359	619	6'670	173'522
2000	8'660	7'301	11'689	574	5'930	178'489
2001	8'942	7'167	12'247	532	5'570	181'387
2002	9'107	6'279	12'674	493	6'160	179'494
2003	8'939	5'554	13'387	457	5'330	180'578
2004	9'167	5'713	13'726	423	5'200	182'281
2005	9'451	5'545	13'487	392	4'600	184'739
2006	9'769	5'369	13'687	364	5'060	185'774
2007	9'911	4'550	13'697	337	4'550	184'013

Abb. 4-2: CO₂-Emissionen der Industrie 1990 – 2007 gemäss Modell (inkl. Diesel für Off-Road-Anwendungen, Effektivdaten, in 1000 Tonnen)

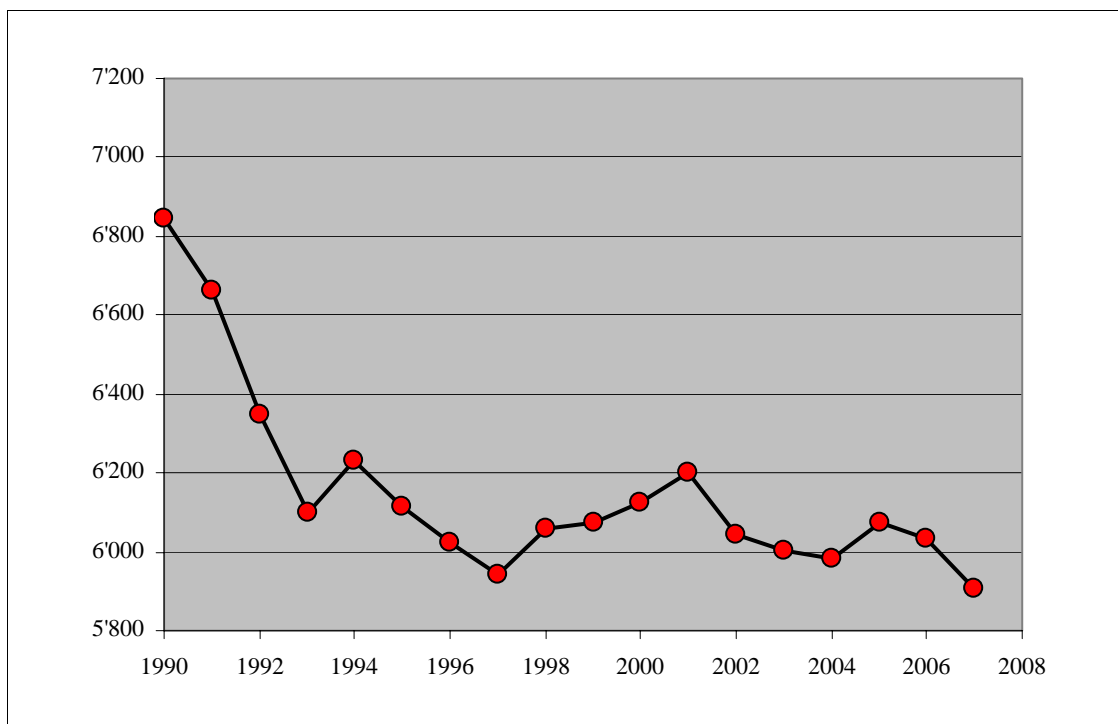


Abb. 4-3: CO₂-Emissionen der Industrie 1990 – 2007 gemäss Modell (inkl. Diesel für Off-Road-Anwendungen, klimanormierte Daten, in 1000 Tonnen)

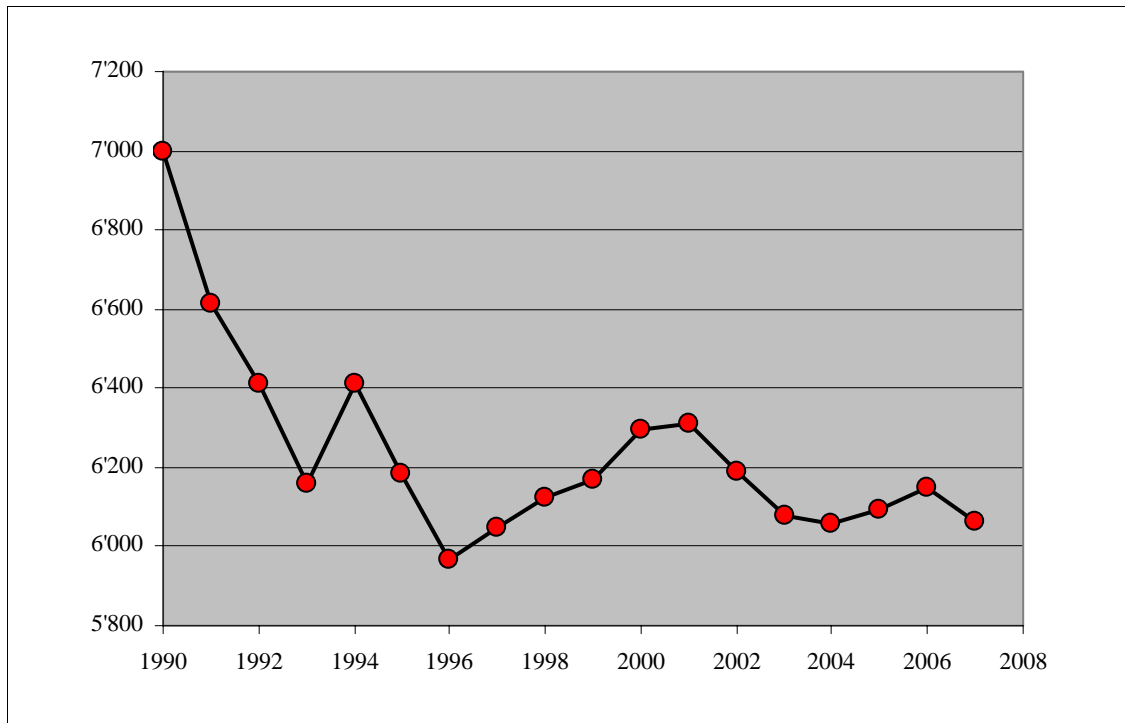


Abb. 4-4: Aufteilung des industriellen Energieverbrauchs 1990 – 2007 gemäss Modell auf die vom BAFU gewünschten IPCC-Branchen (effektive Daten, in TJ)

