

Endbericht / Kurzdokumentation

CO₂-Emissionen 1990 von Industrie und Dienstleistungen

zuhanden Bundesamt für Umwelt, Bern

Auftraggeber
Bundesamt für Umwelt,
Bern

Ansprechpartner
Dr. Almut Kirchner

Kooperationspartner:
Basics AG
Dr. Walter Baumgartner

Basel, 31.10.2011
31 - 7338

Das Unternehmen im Überblick**Geschäftsführer**

Christian Böllhoff

Präsident des Verwaltungsrates

Gunter Blickle

Basel-Stadt Hauptregister CH-270.3.003.262-6

Rechtsform

Aktiengesellschaft nach schweizerischem Recht

Gründungsjahr

1959

Tätigkeit

Prognos berät europaweit Entscheidungsträger in Wirtschaft und Politik. Auf Basis neutraler Analysen und fundierter Prognosen werden praxisnahe Entscheidungsgrundlagen und Zukunftsstrategien für Unternehmen, öffentliche Auftraggeber und internationale Organisationen entwickelt.

Arbeitsprachen

Deutsch, Englisch, Französisch

Hauptsitz

Prognos AG

Henric Petri-Str. 9

CH - 4010 Basel

Telefon +41 61 32 73-200

Telefax +41 61 32 73-300

info@prognos.com

Weitere Standorte

Prognos AG

Goethestr. 85

D - 10623 Berlin

Telefon +49 30 520059-200

Telefax +49 30 520059-201

Prognos AG

Schwanenmarkt 21

D - 40213 Düsseldorf

Telefon +49 211 887-3131

Telefax +49 211 887-3141

Prognos AG

Sonnenstraße 14

D - 80331 München

Telefon +49 89 515146-170

Telefax +49 89 515146-171

Prognos AG

Wilhelm-Herbst-Straße 5

D - 28359 Bremen

Telefon +49 421 2015-784

Telefax +49 421 2015-789

Prognos AG

Avenue des Arts 39

B - 1040 Brüssel

Telefon +32 2 51322-27

Telefax +32 2 50277-03

Prognos AG

Werastraße 21-23

D - 70182 Stuttgart

Telefon +49 711 2194-245

Telefax +49 711 2194-219

Internet

www.prognos.com

Inhalt

1	Einleitung	1
2	Methodisches Vorgehen	2
2.1	Ansatz	2
2.2	Branchenaufgliederung	5
2.3	Energieträger und Systemabgrenzungen	9
2.4	Klimanormierung	10
3	Unterschiede zur bisherigen Statistik	13
3.1	Bisherige Statistik	13
3.2	Energieträger im Einzelnen	16
3.2.1	Heizöl extra leicht	16
3.2.2	Erdgas	17
3.2.3	Elektrizität	18
3.2.4	Nah- und Fernwärme	19
3.2.5	Holz	20
3.2.6	Kohle	20
3.2.7	(Neue) Erneuerbare Energien	21
3.2.8	Diesel	22
3.2.9	Heizöl mittel und schwer	22
3.2.10	Abfall	24
3.2.11	Petrolkoks	24
3.2.12	Übrige Gase	25
4	Resultate	26
4.1	Sektor Industrie	26
4.2	Sektor Dienstleistungen	30

Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1:	Prozessbezogene Hochrechnungsfaktoren für die Jahre 1990, 2005, 2009 und 2010 (Quellen: BFS, Branchenverbände, Basics)	4
Tab. 2-2:	Branchenaufgliederung des (alten) Industriemodells	6
Tab. 2-2:	Branchenaufgliederung des (alten) Industriemodells (Fortsetzung)	7
Tab. 2-3:	Konkordanz von IPCC-Branchen und Modell-Branchen	8
Tab. 2-4:	Energieträger im Modell	9
Tab. 3-1:	Energieverbrauch der Industrie 1990 – 2010 gemäss "bisheriger Statistik" (in TJ, Effektivdaten, ohne neue erneuerbare Energien; Quellen: BFE, Basics; Fortsetzung nächste Seite)	14

Tab. 3-1: Energieverbrauch der Industrie 1990 – 2010 gemäss "bisheriger Statistik" (in TJ, Effektivdaten, Total mit erneuerbare Energien; Quellen: BFE, Basics, Fortsetzung)	15
Tab. 3-3: Verwendete CO ₂ -Emissionsfaktoren (für jene Energieträger, die nicht als CO ₂ -frei gelten, in 1000 Tonnen je PJ)	16
Tab. 4-1: Endenergieverbrauch der Industrie 1990 – 2010 gemäss Modell (in TJ, Effektivdaten, ohne Ausweis der neuen erneuerbaren Energien; Quellen: BFE, Prognos/Basics; Teil 1)	26
Tab. 4-1: Endenergieverbrauch der Industrie 1990 – 2010 gemäss Modell (in TJ, Effektivdaten, ohne Ausweis der neuen erneuerbaren Energien; Quellen: BFE, Prognos/Basics; Teil 2)	27
Tab. 4-2: CO ₂ -Emissionen des Dienstleistungssektors 1990 – 2010 gemäss Modell (in kt, effektive Witterung, Quellen: BFE, CEPE / TEP)	30

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-5: Entwicklung von Heizgradtagen, Gradtagen und Strahlung 1990 bis 2010	12
Abb. 3-2: CO ₂ -Emissionen gemäss bisheriger Statistik (inkl. Diesel für Off-Road-Anwendungen, Effektivdaten, in Tausend Tonnen)	16
Abb. 3-4: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Heizöl extra leicht (in TJ): grösserer Unterschied	17
Abb. 3-5: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Erdgas (in TJ): trendmässiger Unterschied	18
Abb. 3-6: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Elektrizität (in TJ): kein Unterschied	18
Abb. 3-7: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Nah- und Fernwärme (in TJ): kein Unterschied	19
Abb. 3-8: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Holz (in TJ): im Wesentlichen ein Niveauunterschied	20
Abb. 3-9: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Kohle (in TJ): Unterschiede in einzelnen Jahren	21
Abb. 3-10: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für erneuerbare Energien (in TJ): kein Unterschied	21
Abb. 3-11: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für den Off-Road-Diesel-Verbrauch (in TJ): kein Unterschied	22

Abb. 3-12: Verbrauch von Heizöl mittel und schwer: Regressionsanalytische Schätzung des (klimanormierten) Restbetrags (weisse Punkte: "bisherige Statistik", rote Linie: Regression)	23
Abb. 3-13: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Heizöl mittel und schwer (in TJ): Grössere Unterschiede in mehreren Jahren	23
Abb. 3-14: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Abfall (in TJ): Systematischer Unterschied	24
Abb. 3-15: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Petrolkoks (in TJ): Unterschiede durch Übergang zu einem regressionsanalytisch bestimmten Trend	25
Abb. 3-16: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für die Übrigen Gase (in TJ): kein Unterschied	25
Abb. 4-2: CO ₂ -Emissionen der Industrie 1990 – 2007 gemäss Modell (inkl. Diesel für Off-Road-Anwendungen, Effektivdaten, in 1000 Tonnen)	28
Abb. 4-3: CO ₂ -Emissionen der Industrie 1990 – 2010 gemäss Modell (inkl. Diesel für Off-Road-Anwendungen, klimanormierte Daten, in 1000 Tonnen)	28
Abb. 4-4: Aufteilung des industriellen Energieverbrauchs 1990 – 2010 gemäss Modell auf die vom BAFU gewünschten IPCC-Branchen (effektive Daten, in TJ)	29
Abb. 4-5: Aufteilung der industriellen CO-Emissionen 1990 – 2010 gemäss Modell auf die vom BAFU gewünschten IPCC-Branchen (effektive Daten, in tausend t)	29

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 Statistikwechsellern 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 damals gültigen 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 Modellierungsarbeiten 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 zusammenfasste. Dazu wurde im Sinne einer Kurzdokumentation ein Bericht verfasst.¹

Seit dem wurde vom BAFU mit einer Ausnahme 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 2010. Des besseren Verständnisses wegen erfolgt die Berichterstattung – wie schon für die früheren Jahre – in Form einer aktualisierten bzw. bereinigten Kurzdokumentation. Das Dokument wurde von Prognos in Zusammenarbeit mit Basics (W. Baumgartner) verfasst.

In den vergangenen Jahren wurde der Teil „Dienstleistungen“ durch das CEPE an der ETH Zürich erbracht, im Jahr 2010 erstmals durch die TEP GmbH. Hintergrund ist der durch organisatorische Veränderungen am CEPE bedingte Übergang des Energiemodells für den Dienstleistungssektor von CEPE zu TEP.

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. Basics (2008): CO₂-Emissionen 1990 – 2007 von Industrie und Dienstleistungen, Teil Industrie, Aktualisierte Kurzdokumentation. Für den Einbezug der Berichtsjahre 2006, 2008 und 2009 wurde kein Bericht erstellt, sondern lediglich das Datenfile aktualisiert.

Auf einen gesonderten Auftrag für den Dienstleistungssektor wurde in diesem Jahr (für das Statistikjahr 2010) diesmal seitens des Auftraggebers verzichtet, da im Dienstleistungssektor keine weitere Branchenaufteilung notwendig ist und mittlerweile eine inoffizielle Aufteilung der Energieverbräuche für den Industrie- und Dienstleistungssektor sowie statistische Differenz und Landwirtschaft nach Energieträgern vom BFE für die Ex-Post-Analysen zur Verfügung gestellt wird. Es wurde daher mit minimalem Aufwand ein Vergleich dieser Verbrauchsdaten mit den CEPE-Berechnungen der Vorjahre vorgenommen und aus den fossilen Energieträgern eine entsprechende Zahl für die CO₂-Emissionen abgeleitet.

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 für den Industrie- und den Dienstleistungssektor.

Diese Dokumentation ist nicht zur Veröffentlichung bestimmt.

2 Methodisches Vorgehen

2.1 Ansatz

Das von Prognos von Basics übernommene (und zwischenzeitlich bereits deutlich weiterentwickelte) Energie-Nachfrage-Modell für die Industrie reproduziert nicht nur mehr oder weniger genau die historische Entwicklung 1990 bis 2010, es dient auch als Instrument für perspektivische Fragestellungen. 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.

Die vorliegende Arbeit orientiert sich noch an den von Basics erarbeiteten Modellstrukturen. Dabei wurde 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 (alten) Energie-Modells zu geben. Es wurde ja im Rahmen der 2007 abgeschlossenen Perspektivarbeiten eine relativ ausführliche Dokumentation erstellt.³ Zudem ist das neue Modell zwar mittlerweile

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

verfügbar, aber für die hier verlangten Berechnungen noch nicht angewandt worden. Damit sollen Zeitreihenbrüche vermieden werden. Inwiefern künftig ein Übergang zum neuen Modell vorgenommen werden soll oder nicht, muss der Auftraggeber entscheiden.

Wir beschränken uns deshalb auf einige wenige Modell-Anmerkungen, die grundsätzlich auch für die verbesserte Version des Modells gelten.

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 hier noch verwandten 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 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 2010 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.

Tab. 2-1: Prozessbezogene Hochrechnungsfaktoren für die Jahre 1990, 2005, 2009 und 2010 (Quellen: BFS, Branchenverbände, Basics)

Nr.	Branche (Kurztitel)	Hochrechnungsfaktor	Dimension	1990	2005	2009	2010
1	Nahrung, Getränke etc.	Bier	Mio hl	4.170	3.417	3.55	3.54
		Schokolade	Mio t	0.109	0.160	0.17	0.18
		Zucker	Mio t	0.142	0.221	0.28	0.22
2	Bekleidung / Textil	Nahrungsmittel Rest	PI	97.5	92.3	102.00	103.20
		Textil	PI	104.0	58.8	50.70	53.21
		Bekleidung, Schuhe	PI	145.2	94.4	96.23	92.31
3	Papier und Karton	Zellstoff	Mio t	0.122	0.116	0.00	0.00
		Papier und Karton	Mio t	1.513	1.752	1.52	1.56
		andere Papierwaren	PI	95.7	81.1	69.00	71.61
4	Chemie	Chem. Grundstoffe	MI	88.9	133.4	150.85	155.76
		Pharma	MI	76.2	146.6	180.06	185.91
		Übrige Chemie	MI	87.9	126.9	144.13	148.82
		Chemiefaser	Mio t	0.121	0.049	0.04	0.05
5	Glas	Glas-Herstellung	Mio t	0.270	0.186	0.22	0.22
		Glas-Verarbeitung	PI	121.7	197.9	184.41	179.04
6	Keramik und Ziegel	Ziegel, Backsteine	Mio t	1.304	0.847	0.91	0.94
		Keramik	PI	121.7	197.9	184.41	179.04
7	Zement	Zement	Mio t	5.180	4.200	4.33	4.55
8	Übrige NE-Mineralien	Rest NE-Mineralien	PI	121.7	197.9	184.41	179.04
9	Metalle, Giessereien	Metallbearbeitung	PI	116.6	94.2	88.87	107.35
		Stahl	PI	1.131	1.158	0.93	1.33
10	NE-Metalle	Rohaluminium	Mio t	0.072	0.045	0.00	0.00
		Halbzeuge	Mio t	0.177	0.193	0.14	0.17
		Alufolie	Mio t	0.015	0.013	0.02	0.03
11	Metallerzeugnisse	Metallerzeugnisse	PI	103.1	121.1	111.86	123.65
12	Maschinen / F'zeugbau	Maschinen	PI	96.1	107.3	103.44	111.89
13	Geräte	Geräte	PI	97.5	114.1	145.87	162.02
14	Energie, Wasser	Energie, Wasser	PI	88.0	106.6	112.49	115.29
15	Baugewerbe	Bauhauptgewerbe	Index	114.8	102.9	110.40	113.87
16	Übrige	Druck	Index	95.3	106.6	98.68	100.02
		Kautschuk/Kunststoff	PI	107.2	122.3	118.33	130.00
		f					
		Rest	PI	101.5	98.9	96.85	94.46
		Holzbearbeitung	PI	109.6	115.3	119.06	127.77
Schweiz total			PI	97.0	122.9	135.4	143.7

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

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).

Die wichtigsten von uns verwendeten Informationsquellen sind die folgenden:

- Gesamtenergiestatistik des BFE 1990 – 2010
- Statistik des Energiekonsumenten-Verbandes (EKV) 1990 – 1998
- Helbling-Originaldaten 1999 – 2009
- EnAW-Daten für die Jahre 1990 und 2000 (bzw. 2001/2)
- Branchendaten aus den verschiedensten Jahresberichten
- Absatzdaten der CARBURA 1985 – 2010
- Beschäftigtendaten des BFS 1991 bis 2008
- Diverse Produktionsindices des BFS.

Grundsätzlich wird dabei so vorgegangen, dass ausgehend von den sichersten Daten versucht wird, 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 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 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 (alten) Industriemodells

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, Giessereien	Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegerungen (EGKS), Herstellung von Rohren, Sonstige Erstbearbeitung von Eisen und Stahl; Herstellung von Ferrolegerungen nicht EGKS; Giessereiindustrie	DJ	27.1 27.2 27.3 27.5

Tab. 2-2: Branchenaufgliederung des (alten) Industriemodells (Fortsetzung)

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 medizinischen 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
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
		Herstellung von Möbeln, Schmuck, Musikinstrumenten, 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 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 und zeitlich nicht variiert wird. In einer künftigen Version könnte hier (wieder) mehr gemacht werden.

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 (ersteres 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 Ö Raffinerie 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 eingestrahnten 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.

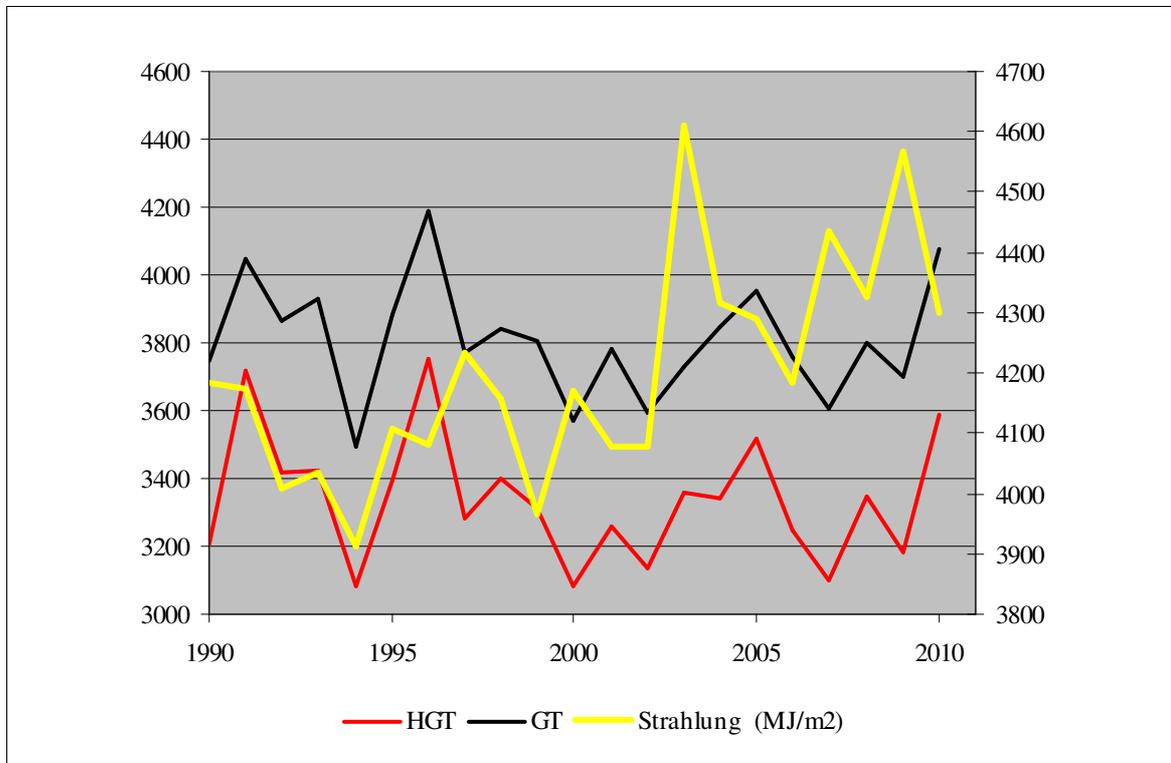
Tatsächlich wird für die Bestimmung der klimanormierten Verbräuche für *alle* Energieträger das HGT-Verfahren verwendet, in dem die oben gegebene Formel einfach invertiert wird:

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

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.

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 2010



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

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

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.

Das Resultat zeigt Tabelle 3-1. Gesamthaft resultiert im Zeitraum 1990 bis 2010 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.

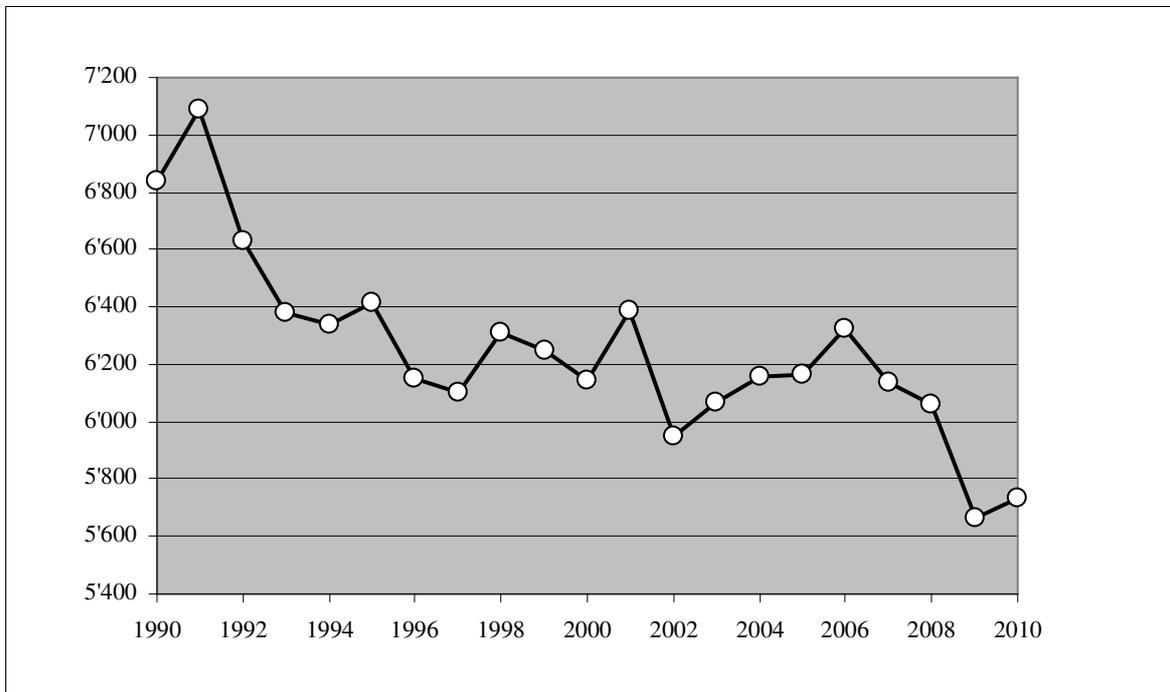
Tab. 3-1: *Energieverbrauch der Industrie 1990 – 2010 gemäss "bisheriger Statistik" (in TJ, Effektivdaten, ohne neue erneuerbare Energien; Quellen: BFE, Basics; Fortsetzung nächste Seite)*

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
2008	26'407	38'560	69'408	6'760	8'970	6'320
2009	24'959	35'130	65'552	6'420	9'010	5'890
2010	23'789	37'796	69'370	6'638	9'670	6'120

Tab. 3-1: *Energieverbrauch der Industrie 1990 – 2010 gemäss "bisheriger Statistik" (in TJ, Effektivdaten, Total mit erneuerbare Energien; Quellen: BFE, Basics, Fortsetzung)*

Jahr	DIES	HMS	ABFALL	PETRK	UEBGAS	Total
1990	10'281	18'870	6'710	1'400	4'100	169'027
1991	9'658	17'386	7'850	980	4'780	175'848
1992	9'635	16'851	8'370	315	4'318	170'143
1993	9'645	14'379	9'720	1'120	4'150	167'277
1994	9'989	14'914	8'450	1'470	4'230	164'661
1995	9'043	13'678	8'450	1'260	4'270	167'433
1996	8'538	11'083	9'020	1'050	4'440	165'309
1997	8'652	9'764	10'090	280	5'320	167'192
1998	8'707	10'380	10'320	455	6'160	174'814
1999	8'405	8'570	10'000	525	6'670	175'719
2000	8'658	6'010	11'350	560	5'930	179'334
2001	8'941	8'030	11'350	420	5'570	184'264
2002	9'108	4'940	11'150	700	6'160	177'785
2003	8'941	5'310	11'950	210	5'330	181'536
2004	9'169	6'220	11'930	840	5'200	184'104
2005	9'453	4'900	12'050	1'160	4'600	183'076
2006	9'771	5'730	12'250	1'610	5'060	188'274
2007	9'873	4'000	11'560	1'360	4'550	185'584
2008	9'903	3'910	10'996	1'160	4'320	187'587
2009	9'755	2'840	10'640	1'330	4'600	177'036
2010	10'029	2'270	10'970	1'640	4'395	183'838

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

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.

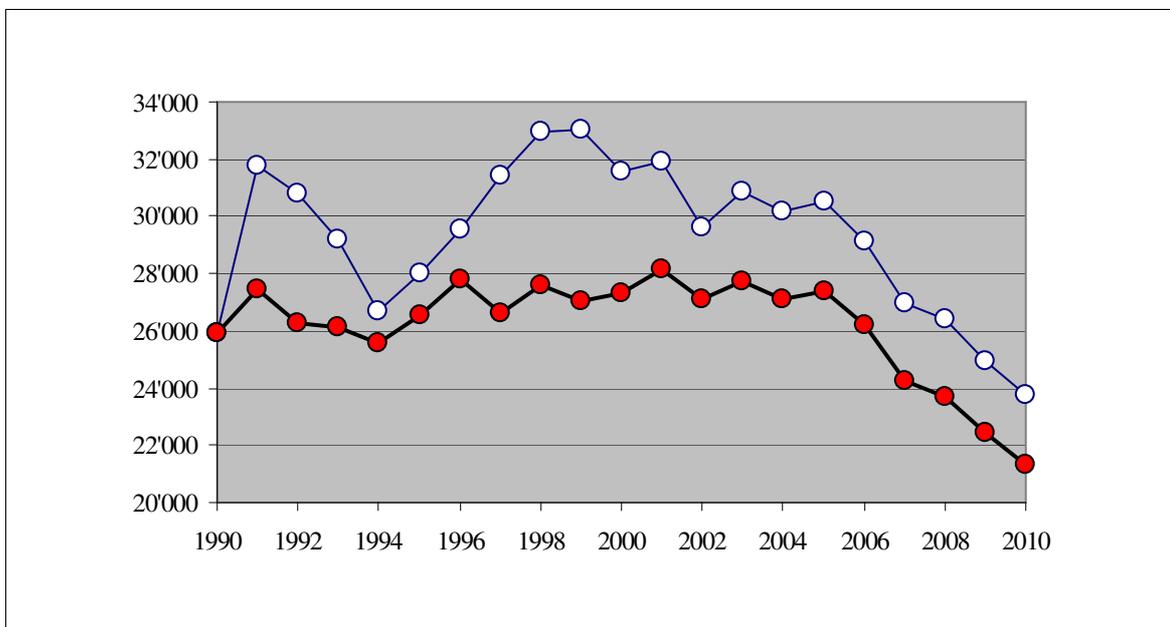
3.2.1 Heizöl extra leicht

In früheren Berichten 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 für das Berichtsjahr 2010 eher noch verstärkt. In den Monaten März und April 2010 wurde mit rund 18 % der tiefste je ermittelte Füllgrad erreicht.

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 der letzten Konsumentenbefragungen (2004 und 2009) einige (kleine) Anpassungen vorgenommen.

Alles in allem ist damit die modellmässige Entwicklung für die Industrie gleichmässiger geworden und passt besser zu den exogenen Einflussfaktoren (Klima, Preise, Produktion) als die Entwicklung gemäss "bisheriger Statistik" (vgl. Abbildung 3-4). Gleichwohl bestehen nach wie vor einige Ungereimtheiten (vor allem auch im Vergleich mit den Helbling-Daten), die einer weiteren Studie angegangen werden sollten.

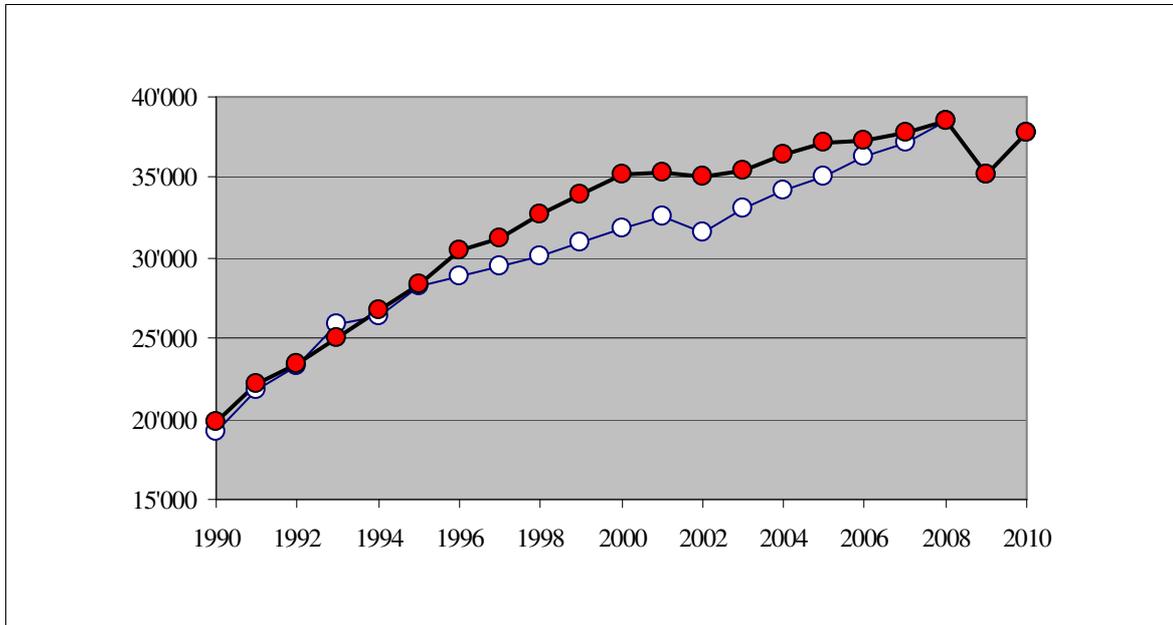
Abb. 3-4: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Heizöl extra leicht (in TJ): grösserer Unterschied



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 ab 2007 aber praktisch verschwunden ist. Abbildung 3-5 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.

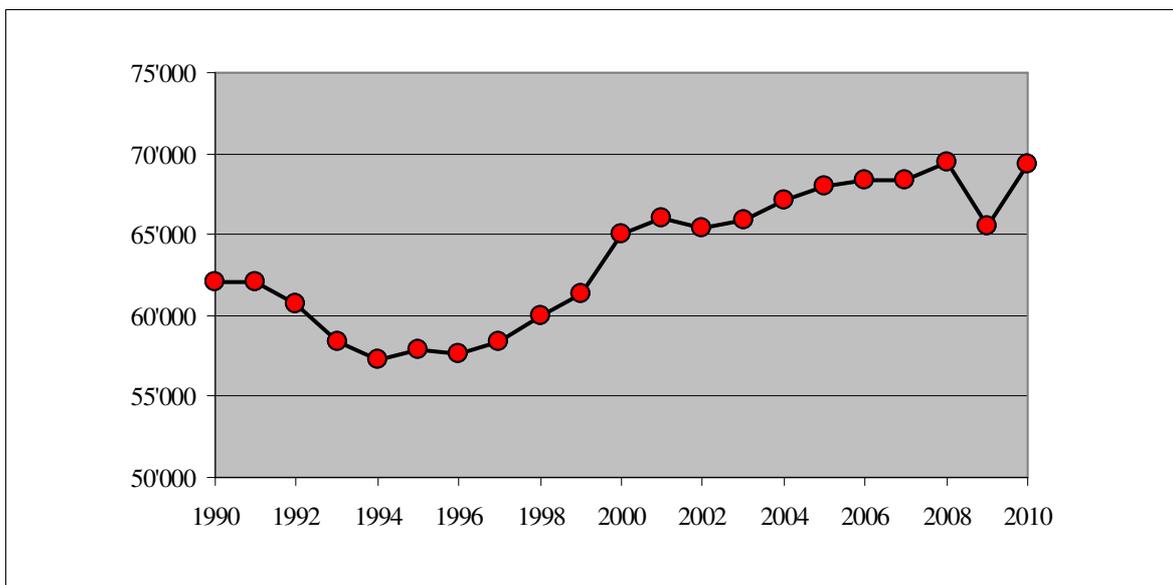
Abb. 3-5: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Erdgas (in TJ): trendmässiger Unterschied



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 3-6. Die gute Übereinstimmung gilt aber nur dann, wenn beim Elektrizitätsverbrauch der mit WKK-Anlagen eigenerzeugte Strom als Verbrauch mitgezählt wird.

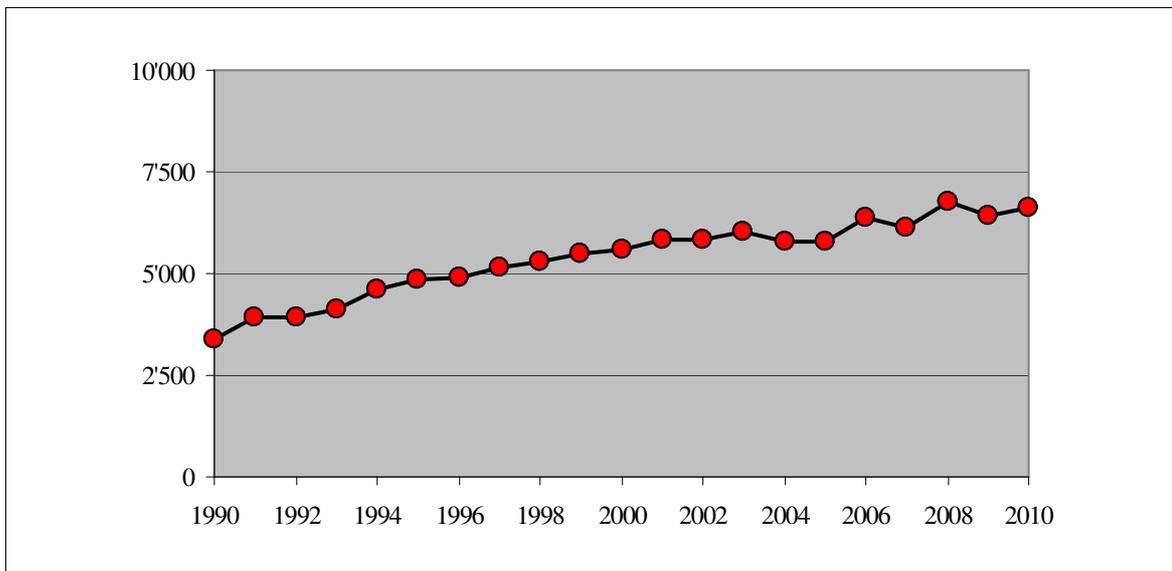
Abb. 3-6: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Elektrizität (in TJ): kein Unterschied



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 3-7).

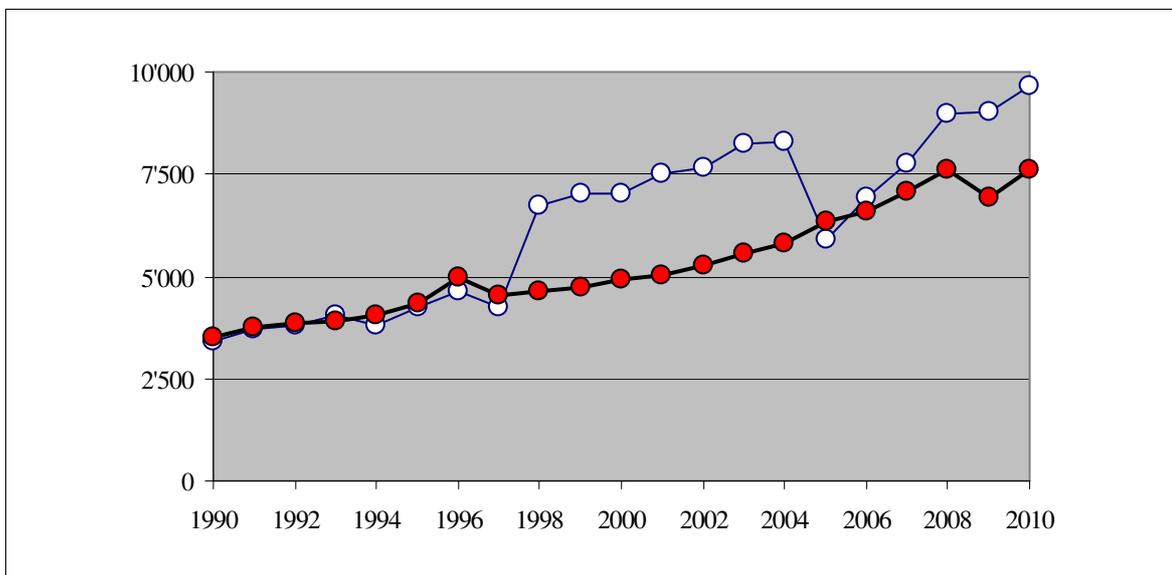
Abb. 3-7: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Nah- und Fernwärme (in TJ): kein Unterschied



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 passte vorübergehend besser zum modellmässig ermittelten Verbrauch, hat in der jüngsten Vergangenheit aber wieder den alten Wachstumspfad erreicht. Die Details zeigt Abbildung 3-8.

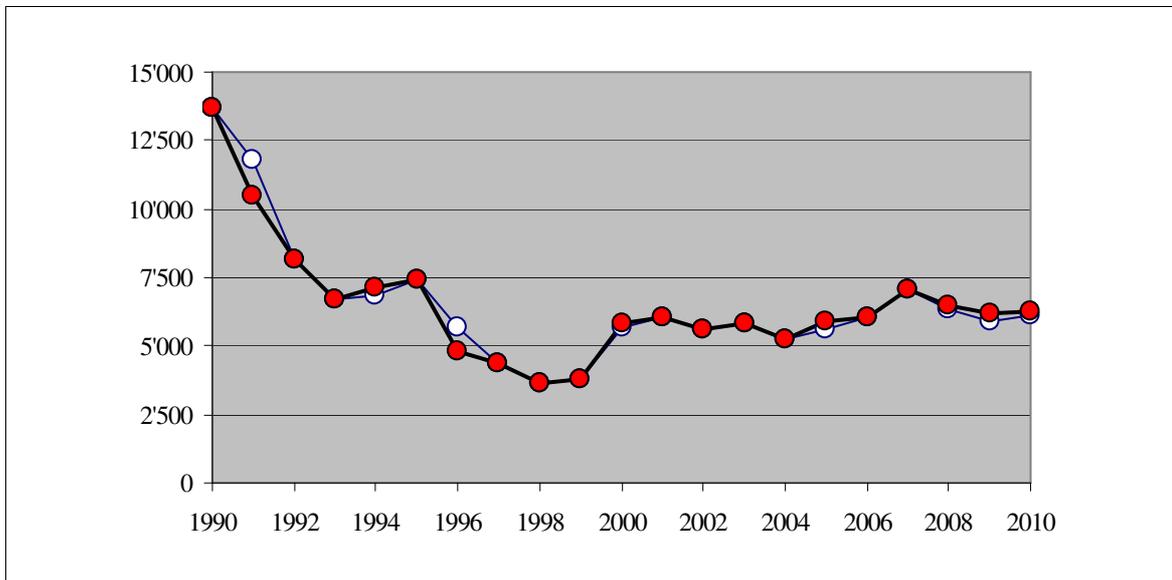
Abb. 3-8: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Holz (in TJ): im Wesentlichen ein Niveauunterschied



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 3-9.

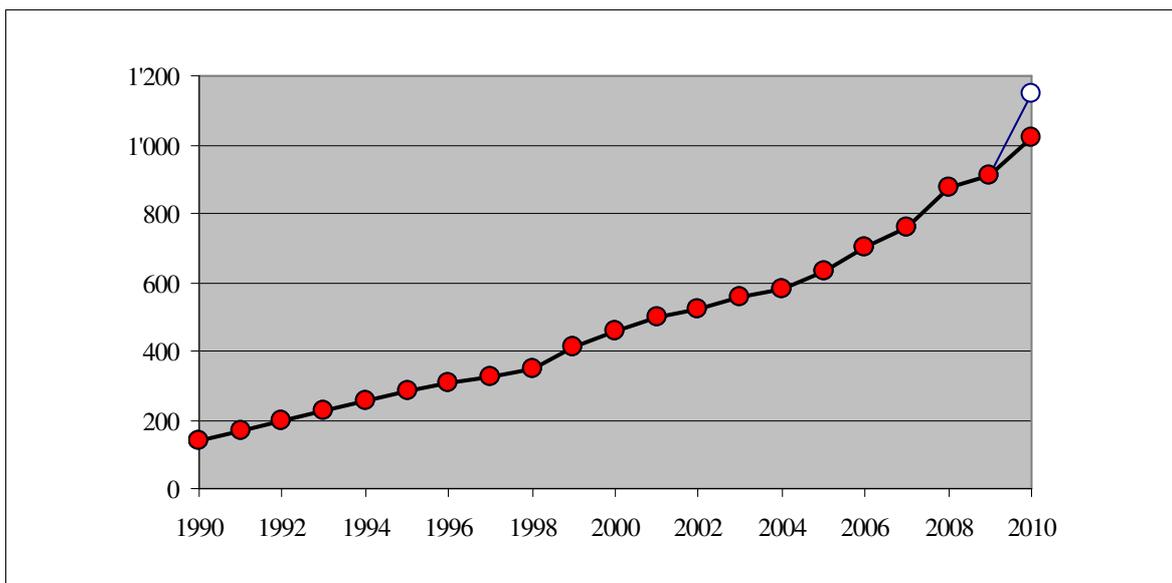
Abb. 3-9: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Kohle (in TJ): Unterschiede in einzelnen Jahren



3.2.7 (Neue) Erneuerbare Energien

Bis auf das Berichtsjahr werden die (neuen) erneuerbaren Energien als fixe Vorgabe durch die Statistik betrachtet. Der Statistikwert für 2010 scheint zu hoch. Die Details der zeitlichen Entwicklung zeigt Abbildung 3-10.

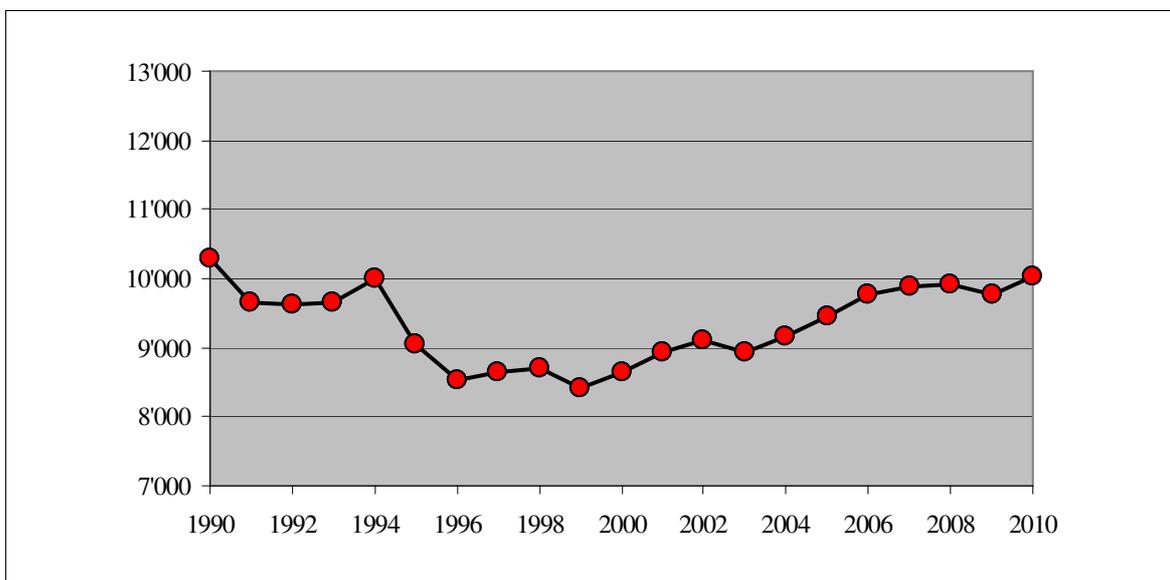
Abb. 3-10: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für erneuerbare Energien (in TJ): kein Unterschied



3.2.8 Diesel

Diesel ist ein Sonderfall, in dem in der Energiestatistik keine Angaben zum Dieserverbrauch der Industrie im Off-road-Bereich (der vor allem von den Baumaschinen herrührt) enthalten sind. Die ausgewiesenen Daten sind somit reine Modell-Daten. Damit gibt es auch keinen Unterschied zur Statistik (vgl. Abbildung 3-11).

Abb. 3-11: 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 beträchtliche 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 3-12 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 3-13 dargestellt.

Abb. 3-12: Verbrauch von Heizöl mittel und schwer: Regressionsanalytische Schätzung des (klimanormierten) Restbetrags (weisse Punkte: "bisherige Statistik", rote Linie: Regression)

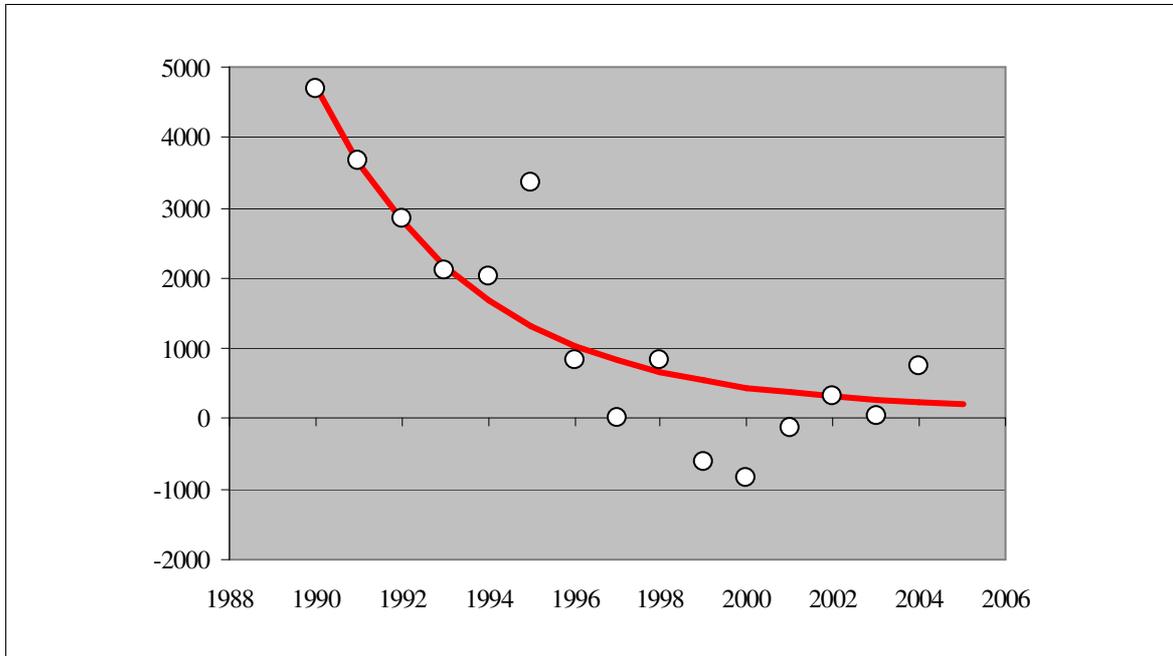
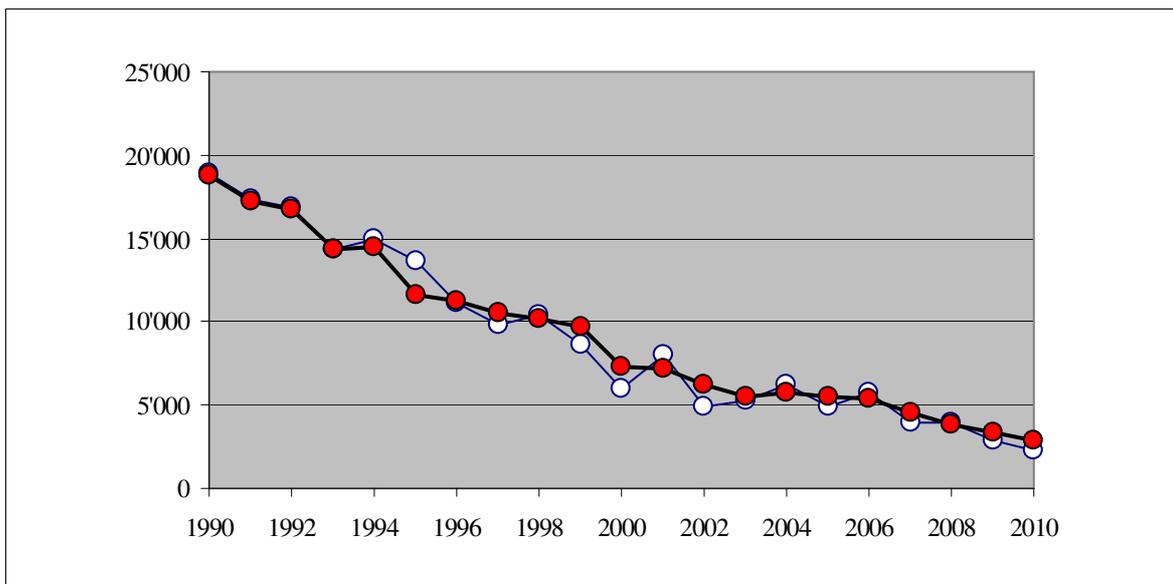


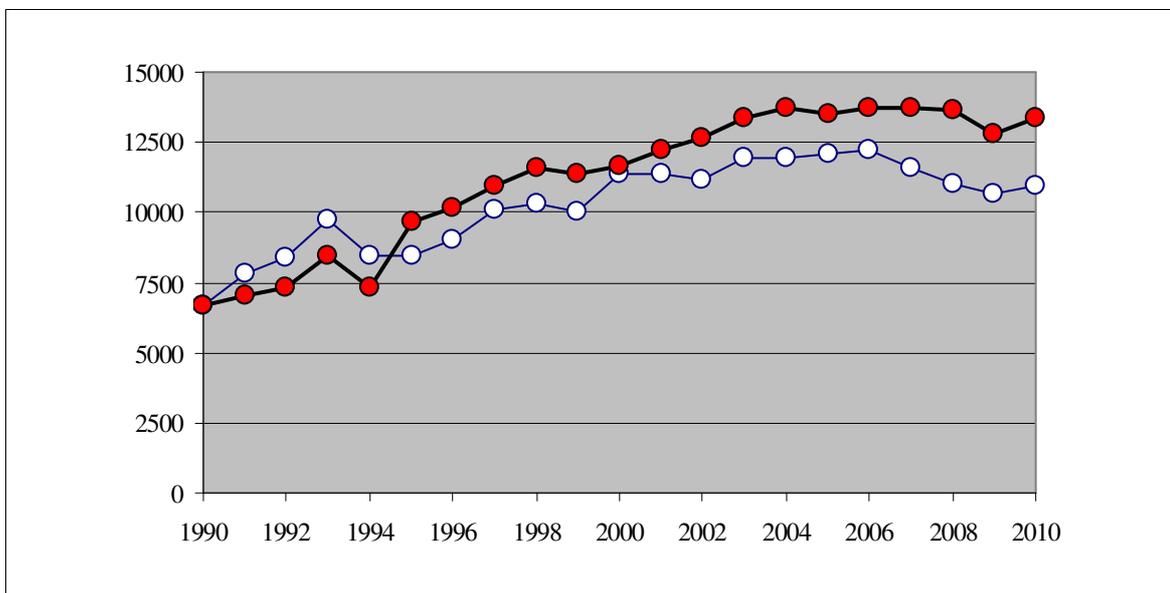
Abb. 3-13: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Heizöl mittel und schwer (in TJ): Grössere Unterschiede in mehreren Jahren



3.2.10 Abfall

Bei den Abfällen ist die Situation etwas komplizierter (vgl. Abbildung 3-14). 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 un plausible Substitutionen vornehmen müssen. Allerdings muss betont werden, dass die energetische Verwendung von Abfall nicht immer klar ist.

Abb. 3-14: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Abfall (in TJ): Systematischer Unterschied

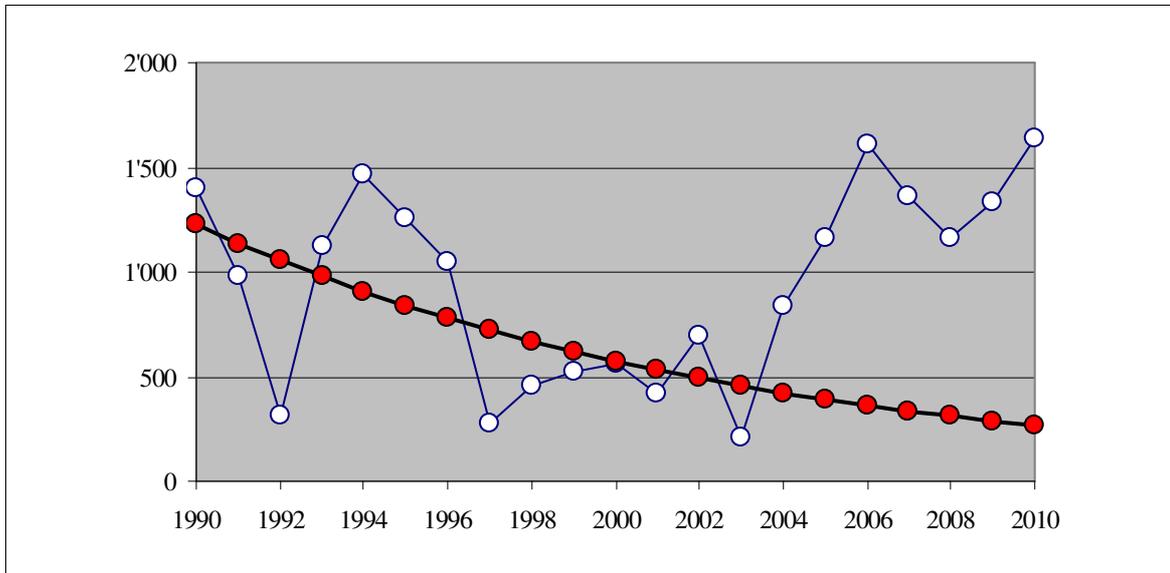


3.2.11 Petrolkoks

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. Eine Neubewertung des Verbrauchs von Petrolkoks ist aber dringend nötig. Die Details zeigt Abbildung 3-15.

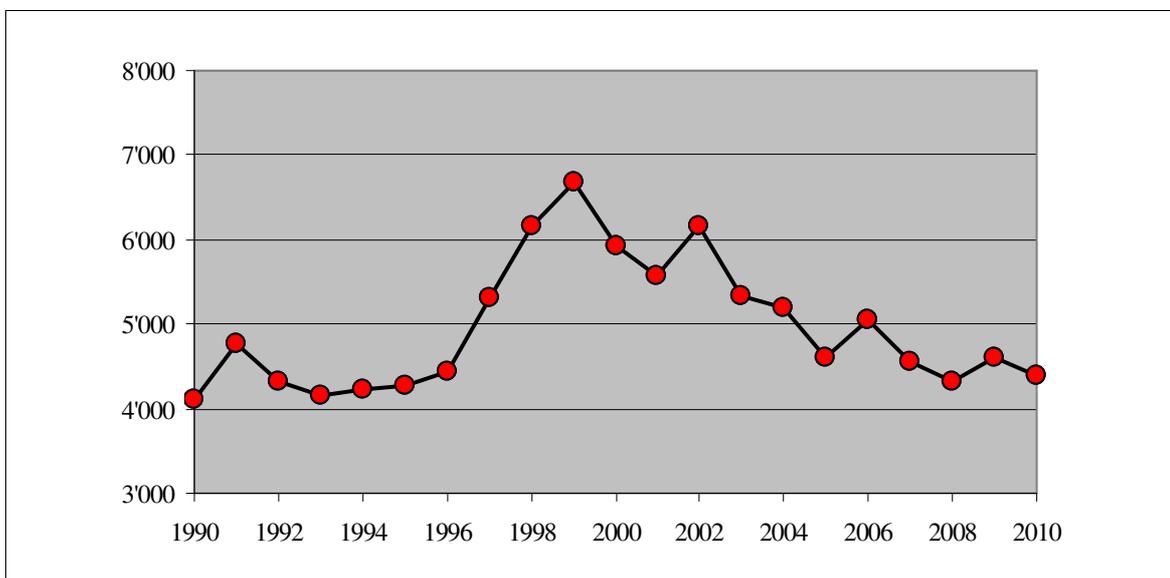
Abb. 3-15: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für Petrolkoks (in TJ): Unterschiede durch Übergang zu einem regressionsanalytisch bestimmten Trend



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 3-16.

Abb. 3-16: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und "bisheriger Statistik" (weisse Punkte) für die Übrigen Gase (in TJ): kein Unterschied



4 Resultate

4.1 Sektor Industrie

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 – 2010 gemäss Modell (in TJ, Effektivdaten, ohne Ausweis der neuen erneuerbaren Energien; Quellen: BFE, Prognos/Basics; Teil 1)

Jahr	HEL	GAS	ELEKT	FERN	HOLZ	KOHLE
1990	25'887	19'780	62'053	3'397	3'488	13'680
1991	27'436	22'147	62'118	3'946	3'749	10'464
1992	26'268	23'461	60'732	3'912	3'838	8'120
1993	26'127	25'049	58'324	4'135	3'890	6'720
1994	25'553	26'795	57'233	4'632	4'071	7'161
1995	26'513	28'368	57'935	4'838	4'361	7'430
1996	27'833	30'417	57'586	4'907	4'971	4'818
1997	26'625	31'206	58'424	5'164	4'525	4'350
1998	27'615	32'676	59'972	5'318	4'658	3'650
1999	27'069	33'973	61'283	5'490	4'710	3'820
2000	27'296	35'188	65'084	5'600	4'910	5'800
2001	28'151	35'330	66'064	5'830	5'024	6'020
2002	27'113	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	37'808	68'380	6'130	7'075	7'050
2008	23'705	38'560	69'408	6'760	7'591	6'444
2009	22'405	35'130	65'552	6'420	6'947	6'163
2010	21'355	37'796	69'370	6'638	7'604	6'255

Tab. 4-1: *Endenergieverbrauch der Industrie 1990 – 2010 gemäss Modell (in TJ, Effektivdaten, ohne Ausweis der neuen erneuerbaren Energien; Quellen: BFE, Prognos/Basics; Teil 2)*

Jahr	DIES	HMS	ABFALL	PETRK	UEBGAS	Total
1990	10'281	18'770	6'710	1'228	4'100	169'515
1991	9'658	17'238	7'020	1'138	4'780	169'863
1992	9'635	16'690	7'348	1'055	4'318	165'572
1993	9'645	14'349	8'457	977	4'150	162'048
1994	9'989	14'503	7'319	906	4'230	162'646
1995	9'043	11'576	9'690	840	4'270	165'145
1996	8'538	11'245	10'140	778	4'440	165'977
1997	8'652	10'561	10'982	721	5'320	166'858
1998	8'707	10'225	11'561	668	6'160	171'561
1999	8'405	9'701	11'359	619	6'670	173'510
2000	8'658	7'301	11'689	574	5'930	178'490
2001	8'941	7'167	12'247	532	5'570	181'372
2002	9'108	6'279	12'674	493	6'160	179'487
2003	8'941	5'554	13'387	457	5'330	180'587
2004	9'169	5'713	13'726	423	5'200	182'280
2005	9'453	5'545	13'487	392	4'600	184'741
2006	9'771	5'369	13'687	364	5'060	185'775
2007	9'873	4'550	13'697	337	4'550	184'421
2008	9'903	3'802	13'633	312	4'320	185'312
2009	9'755	3'380	12'777	290	4'600	174'329
2010	10'029	2'877	13'357	268	4'395	180'964

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

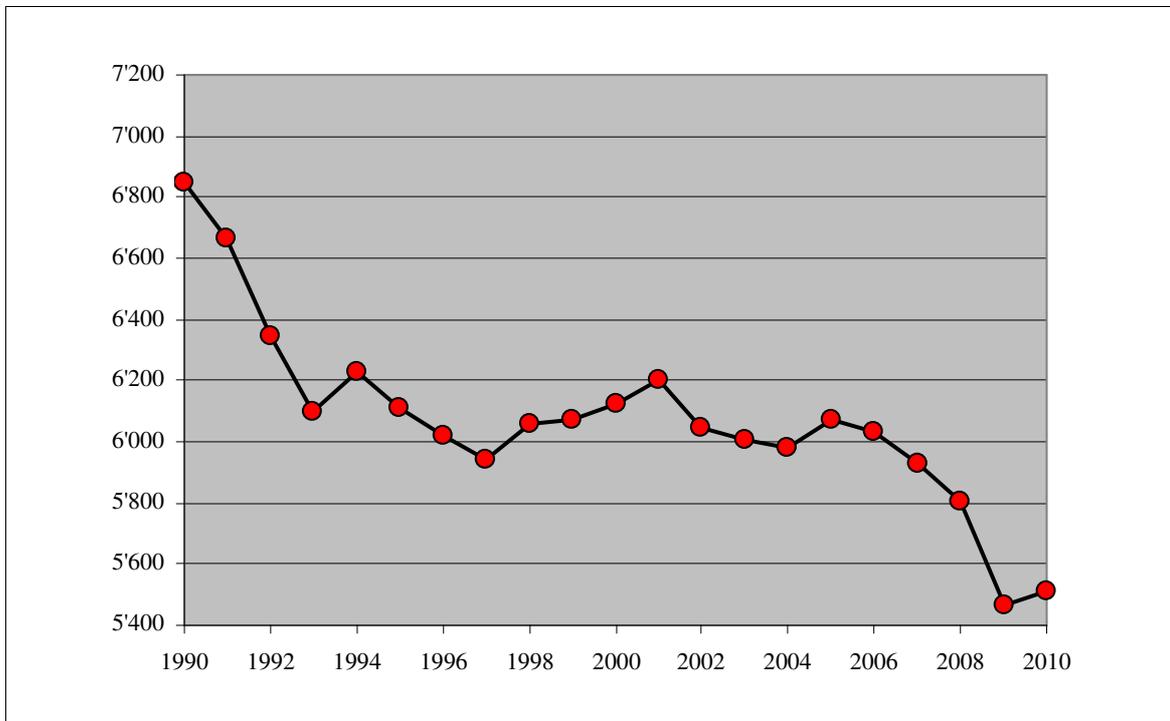


Abb. 4-3: CO₂-Emissionen der Industrie 1990 – 2010 gemäss Modell (inkl. Diesel für Off-Road-Anwendungen, klimanormierte Daten, in 1000 Tonnen)

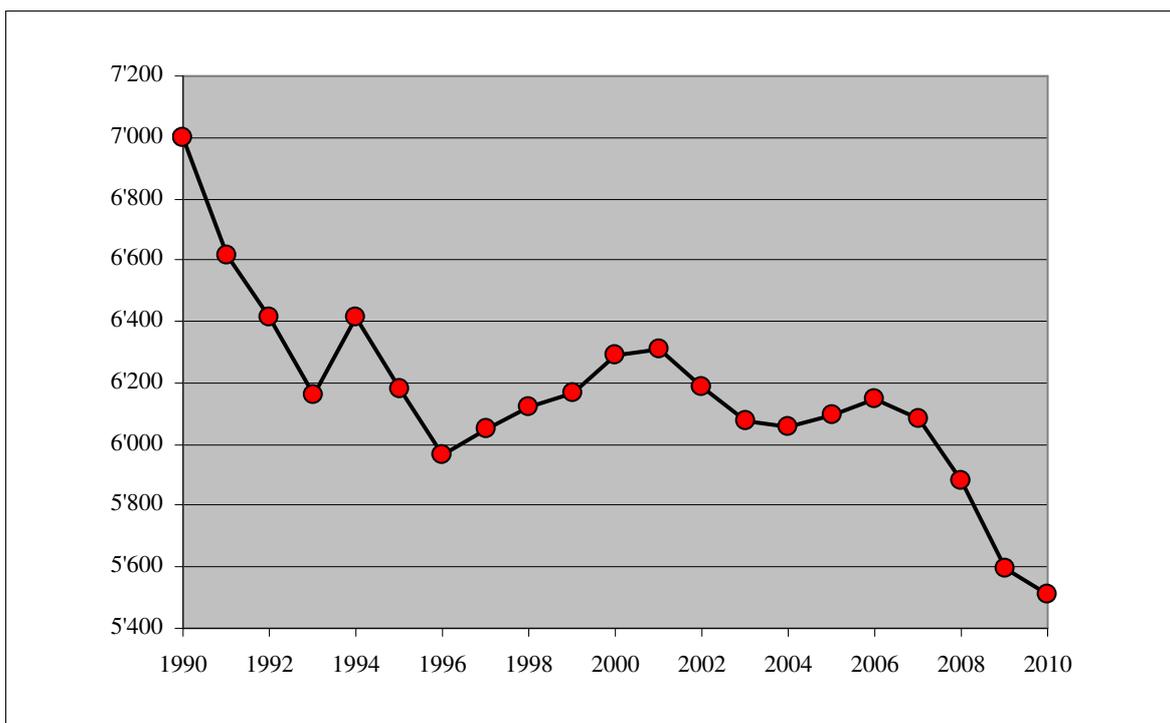


Abb. 4-4: Aufteilung des industriellen Energieverbrauchs 1990 – 2010 gemäss Modell auf die vom BAFU gewünschten IPCC-Branchen (effektive Daten, in TJ)

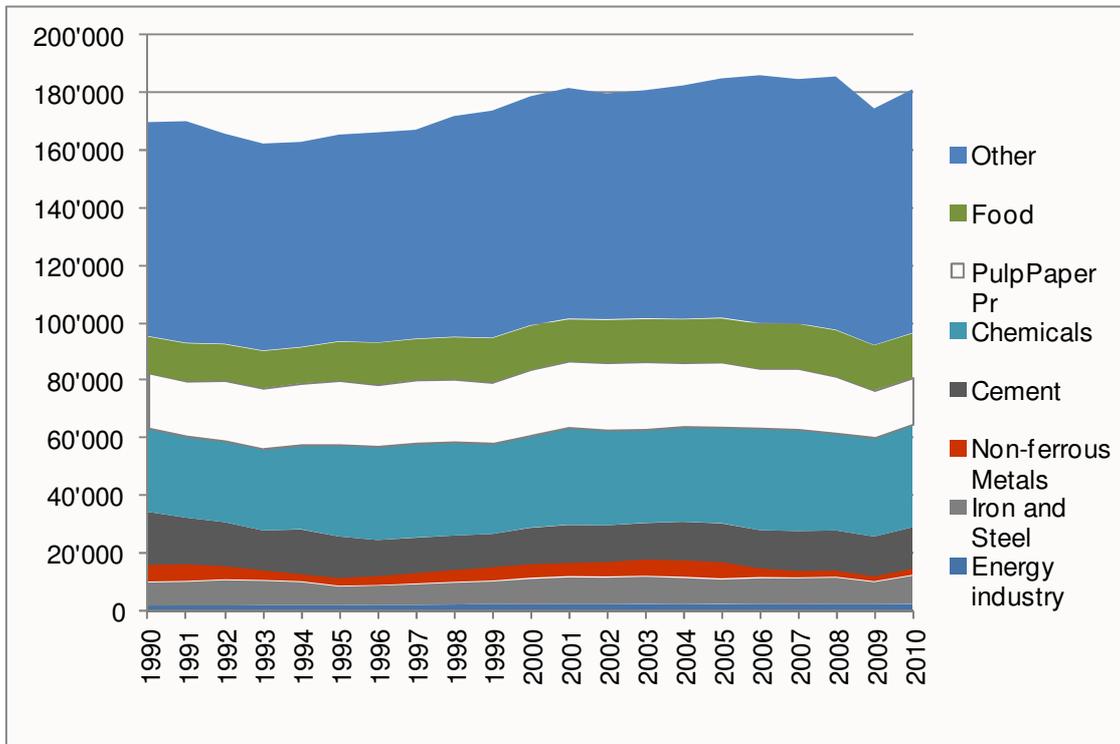
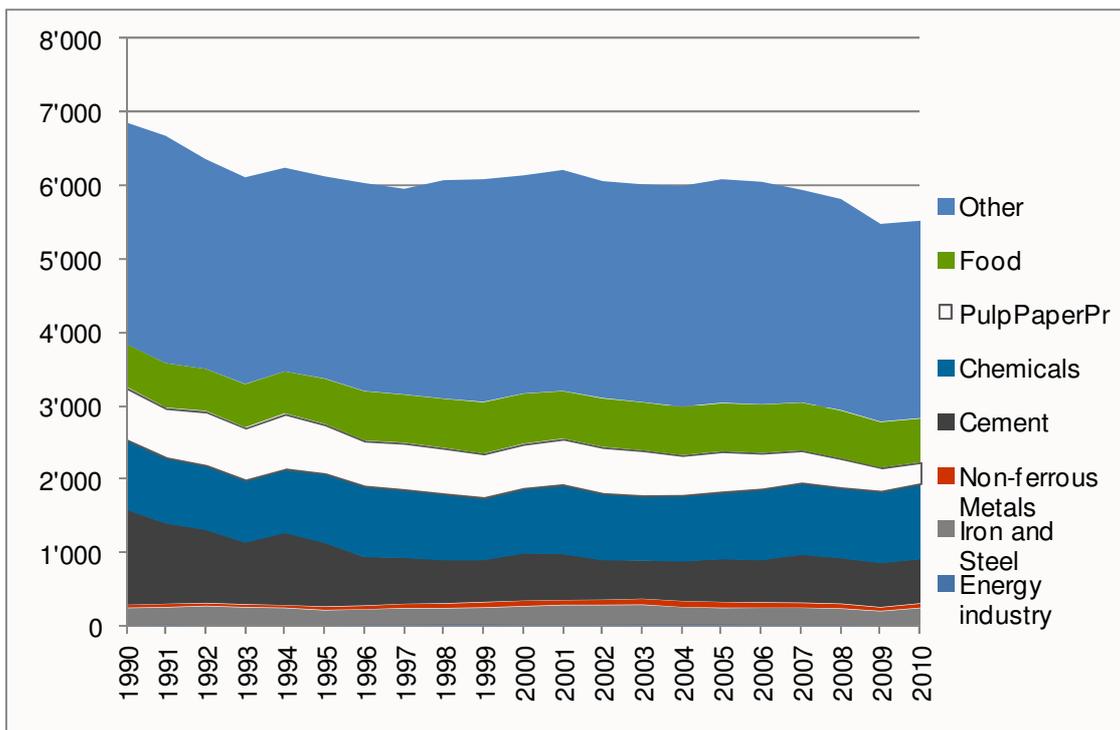


Abb. 4-5: Aufteilung der industriellen CO₂-Emissionen 1990 – 2010 gemäss Modell auf die vom BAFU gewünschten IPCC-Branchen (effektive Daten, in tausend t)



4.2 Sektor Dienstleistungen

Das BFE hat neu eine inoffizielle Aufteilung der Energieverbräuche auf die Sektoren Industrie, Dienstleistungen sowie statistische Differenz und Landwirtschaft nach Energieträgern vorgenommen, in die z.T. Informationen aus den Modellrechnungen und Ex-Post-Analysen einfließen. Diese Daten (witterungsabhängige Effektivwerte) stimmen für die vergangenen Jahre recht gut mit den bisher berechneten Modelldaten von CEPE (additive Normierung, aktuelle Witterung) überein. Daher wird an dieser Stelle die Reihe von CEPE durch den aktuellen, aus den Energieverbräuchen Erdölprodukte und Erdgas berechneten Emissionswert ergänzt. Es ergibt sich damit die folgende Reihe:

Tab. 4-2: CO₂-Emissionen des Dienstleistungssektors 1990 – 2010 gemäss Modell (in kt, effektive Witterung, Quellen: BFE, CEPE / TEP)

<i>Jahr</i>	<i>CO₂ in kt</i>
1990	5'413
1991	5'992
1992	5'639
1993	5'622
1994	5'130
1995	5'524
1996	5'974
1997	5'209
1998	5'362
1999	5'319
2000	4'864
2001	5'175
2002	4'844
2003	5'152
2004	5'045
2005	5'154
2006	4'891
2007	4'420
2008	4'726
2009	4'563
2010	4'797

Quellen: 1990 - 2009 CEPE / TEP, 2010: GEST;