The page features a decorative pattern of vertical bars in two shades of red, arranged in a grid-like fashion across the background. The bars vary in height and are positioned at regular intervals.

# CO<sub>2</sub>-Emissionen 1990 - 2005 von Industrie und Dienstleistungen Teil Industrie

Aktualisierte Kurzdokumentation

Januar 2007

**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](mailto: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 CO<sub>2</sub>-Emissionen unabdingbar. Wegen verschiedener Statistikwechsel in den 90er Jahren können dies die bestehenden CO<sub>2</sub>-Mengengerüste aber noch nicht leisten. So wurde mit der Einführung der NOGA-Systematik der 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 CO<sub>2</sub>-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 für die laufenden Perspektivarbeiten 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.<sup>1</sup>

Im Herbst 2005 wurde vom BUWAL eine Aktualisierung der erarbeiteten Daten in Auftrag gegeben, mit dem Ziel, die Daten des Statistikjahres 2004 zu integrieren und zusätzlich allenfalls notwendige Korrekturen und/oder Verbesserungen vorzunehmen (vgl. den entsprechenden Bericht<sup>2</sup>).

Im vorliegenden Dokument geht es um die Integration des Statistikjahres 2005. Des besseren Verständnisses wegen erfolgt die Berichterstattung – wie schon letztes Jahr – in Form einer aktualisierten bzw. bereinigten Kurzdokumentation.

Das Dokument ist wie folgt aufgebaut:

---

<sup>1</sup> CO<sub>2</sub>-Emissionen 1990 – 2003 von Industrie und Dienstleistungen, Teil Industrie, Kurzdokumentation, September 2004

<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>-Emissionen 1990 – 2004 von Industrie und Dienstleistungen, Teil Industrie, Aktualisierte Kurzdokumentation, Februar 2006

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 fasst die wichtigsten Resultate zusammen.

## 2 Methodisches Vorgehen

### 2.1 Ansatz

Basics verfügt über ein Energie-Nachfrage-Modell, das einerseits mehr oder weniger genau die historische Entwicklung 1990 bis 2005 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 erhalten werden und dass diese – last but not least – auch gewissen technologischen und ökonomischen Konsistenzanforderungen genügt.

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 wir im Rahmen der bestehenden Energiestatistik nicht immer auflösen konnten. Mit andern Worten: Wir haben unsere Resultate nur bei jenen Energieträgern auf die Statistik kalibriert, wo dies im Rahmen einer vernünftigen Genauigkeitsanforderung noch sinnvoll schien (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 ausführliche Dokumentation erstellt worden ist.<sup>3</sup> 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. beschreiben. Jeder dieser Prozesse, wird mengenmässig über einen "Hochrechnungsfaktor" und energetisch über einen spezifischen Verbrauch beschrieben. Hochrechnungs-

---

<sup>3</sup> 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

faktoren sind z.B. Bier (hl), Rohaluminium (t), Papier (t), Zement (t), verschiedene Produktionsindices, aber auch Energiebezugsflächen (m<sup>2</sup>). Durch die Multiplikation von Hochrechnungsfaktor und spezifischem Verbrauchsfaktor ergibt sich der Energieverbrauch für diesen Prozess. 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  
 $j$ : 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, 2004 und 2005 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 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.

**Tab. 2-1: Prozessbezogene Hochrechnungsfaktoren für die Jahre 1990, 2004 und 2005 (Quellen: BFS, Branchenverbände, Basics)**

| Nr.           | Branche (Kurztitel)      | Hochrechnungsfaktor     | Dimension | 1990  | 2004  | 2005  |
|---------------|--------------------------|-------------------------|-----------|-------|-------|-------|
| 1             | Nahrung, Getränke, Tabak | Bier                    | Mio hl    | 4.170 | 3.561 | 3.564 |
|               |                          | Schokolade              | Mio t     | 0.109 | 0.148 | 0.160 |
|               |                          | Zucker                  | Mio t     | 0.142 | 0.222 | 0.221 |
|               |                          | Nahrungsmittel Rest     | PI        | 97.5  | 91.2  | 92.3  |
| 2             | Bekleidung / Textil      | Textil                  | PI        | 104.0 | 60.3  | 58.8  |
|               |                          | Bekleidung, Schuhe      | PI        | 145.2 | 87.3  | 94.4  |
| 3             | Papier und Karton        | Zellstoff               | Mio t     | 0.122 | 0.123 | 0.116 |
|               |                          | Papier und Karton       | Mio t     | 1.513 | 1.777 | 1.752 |
|               |                          | andere Papierwaren      | PI        | 95.7  | 82.7  | 81.1  |
| 4             | Chemie                   | Chem. Grundstoffe       | MI        | 88.9  | 138.1 | 133.4 |
|               |                          | Pharma                  | MI        | 76.2  | 143.8 | 146.6 |
|               |                          | Übrige Chemie           | MI        | 87.9  | 125.6 | 126.9 |
|               |                          | Chemiefaser             | Mio t     | 0.121 | 0.051 | 0.046 |
| 5             | Glas                     | Glas-Herstellung        | Mio t     | 0.270 | 0.188 | 0.186 |
|               |                          | Glas-Verarbeitung       | PI        | 121.7 | 181.5 | 197.9 |
| 6             | Keramik und Ziegel       | Ziegel, Backsteine      | Mio t     | 1.304 | 0.792 | 0.793 |
|               |                          | Keramik                 | PI        | 121.7 | 181.5 | 197.9 |
| 7             | Zement                   | Zement                  | Mio t     | 5.180 | 3.898 | 4.200 |
| 8             | Übrige NE-Mineralien     | Rest NE-Mineralien      | PI        | 121.7 | 181.5 | 197.9 |
| 9             | Metalle, Giessereien     | Metallbearbeitung       | PI        | 116.6 | 115.8 | 116.1 |
|               |                          | Stahl                   | PI        | 1.131 | 1.226 | 1.158 |
| 10            | NE-Metalle               | Rohaluminium            | Mio t     | 0.072 | 0.045 | 0.045 |
|               |                          | Halbzeuge               | Mio t     | 0.177 | 0.192 | 0.193 |
|               |                          | Alufolie                | Mio t     | 0.015 | 0.025 | 0.025 |
| 11            | Metallerzeugnisse        | Metallerzeugnisse       | PI        | 103.1 | 119.1 | 121.1 |
| 12            | Maschinen / Fahrzeugbau  | Maschinen / Fahrzeugbau | PI        | 96.1  | 108.9 | 107.3 |
| 13            | Geräte                   | Geräte                  | PI        | 97.5  | 108.1 | 114.1 |
| 14            | Energie, Wasser          | Energie, Wasser         | PI        | 88.0  | 109.6 | 106.6 |
| 15            | Baugewerbe               | Bauhauptgewerbe         | Index     | 114.8 | 97.4  | 104.6 |
| 16            | Übrige                   | Druck                   | Index     | 95.3  | 107.5 | 106.6 |
|               |                          | Kautschuk/Kunststoff    | PI        | 107.2 | 122.5 | 122.3 |
|               |                          | Rest                    | PI        | 101.5 | 96.0  | 98.9  |
|               |                          | Holzbearbeitung         | PI        | 109.6 | 114.4 | 115.3 |
| Schweiz total |                          |                         | PI        | 97.0  | 119.8 | 122.9 |

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 – 2005
- Statistik des Energiekonsumenten-Verbandes (EKV) 1990 – 1998
- Helbling-Originaldaten 1999 – 2004
- EnAW-Daten für die Jahre 1990 und 2000 (bzw. 2001/2)

- Branchendaten aus den verschiedensten Jahresberichten
- Absatzdaten der CARBURA 1985 – 2005
- Beschäftigtendaten des BFS 1995, 1998, 2001
- Diverse Produktionsindices des BFS

Grundsätzlich wurde bei diesem Prozess 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 im Übrigen die "eigentliche" Modellierung aber in der Konstruktion der *zukünftigen* Grössen *HF* und *SV*: Ausgehend von 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 CO<sub>2</sub>-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<br>(Kurztitel)   | Beschreibung   | Unterab-<br>schnitt<br>(NOGA) | Abteilung,<br>Gruppe, Art<br>(NOGA) |
|-----|--------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------------|
| 01  | Nahrung, Getränke, Tabak | Herstellung von Nahrungsmitteln und Getränken, Tabakverarbeitung   | DA                            | 15, 16                              |
| 02  | Bekleidung               | Herstellung von Textilien und Bekleidung   | DB                            | 17<br>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<br>26.3<br>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<br>26.7<br>26.8                |
| 09  | Metalle, Giesereien      | 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<br>27.2<br>27.3<br>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<br>(Kurztitel)       | Beschreibung   | Unterab-<br>schnitt<br>(NOGA) | Abteilung,<br>Gruppe, Art<br>(NOGA) |
|-----|------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------------|
| 12  | Maschinenbau,<br>Fahrzeugbau | Maschinenbau; Herstellung von Automobi-<br>len, Anhängern und Zubehör, Herstellung<br>von sonstigen Fahrzeugen   | DK                            | 29<br>34<br>35                      |
| 13  | Geräte                       | Herstellung von Büromaschinen, Datenver-<br>arbeitungsgeräten und -einrichtungen, Her-<br>stellung von Geräten der Elektrizitätserzeu-<br>gung, -verteilung u. ä., Herstellung von Ge-<br>räten der Radio-, Fernseh- und Nachrichten-<br>technik, Herstellung von medizinischen Ge-<br>räten, Präzisionsinstrumenten, optischen Ge-<br>räten und Uhren | DL                            | 30<br>31<br>32<br>33                |
| 14  | Energie, Wasser              | Kokerei; Mineralölverarbeitung; Behandlung<br>von nuklearen Brennstoffen   | DF                            | 23                                  |
|     |                              | Energieversorgung, Wasserversorgung  | E                             | 40<br>41                            |
| 15  | Baugewerbe                   |  | F                             | 45                                  |
| 16  | Übrige                       | Kohle- und Torfgewinnung, Gewinnung von<br>Erdöl und Erdgas, Erbringung damit verb-<br>undener Dienstleistungen, Gewinnung von<br>Uran- und Thoriumerzen   | CA                            | 10<br>11<br>12                      |
|     |                              | Erzbergbau, Gewinnung von Steinen und<br>Erden, sonstiger Bergbau  | CB                            | 13<br>14                            |
|     |                              | Be- und Verarbeitung von Holz (ohne Her-<br>stellung von Möbeln)   | DD                            | 20                                  |
|     |                              | Verlagsgewerbe, Druckgewerbe, Vervielfäl-<br>tigung von bespielten Ton-, Bild- und Daten-<br>trägern   | DE                            | 22                                  |
|     |                              | Herstellung von Gummi- und Kunststoffwa-<br>ren  | DH                            | 25                                  |
|     |                              | Herstellung von Möbeln, Schmuck, Musik-<br>instrumenten, Sportgeräten, Spielwaren und<br>sonstigen Erzeugnissen, Rückgewinnung<br>und Vorbereitung für die Wiederverwertung<br>(Recycling)   | DN                            | 36<br>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. eingenproduzierter Elektrizität; etwaiger fossilthermischer Input wird 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 grundsätzlich immer der *Endverbrauch* gemeint ist. Damit sind z.B. die energetischen Aufwendungen einer Ö raffinerie im Rahmen des Raffinationsprozesses nicht enthalten, wohl aber der Energieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser.

## 2.4 Klimanormierung

Für die Klimanormierung wurde der folgende Ansatz verwendet:

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

*E*: klimaabhängiger Energieverbrauch (im Wesentlichen Raumheizung und Warmwasser)

*HGT*: Heizgradtagzahl

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

Aus der Klimanormierung des Energieverbrauchs folgt dann automatisch die entsprechende Normierung in den CO<sub>2</sub>-Emissionen. Dieses Verfahren entspricht dem Vorgehen, 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* Energie-Modelle verwendet, aber Statistik-Wechsel nach bestem Wissen bereinigt (mit Ausnahme der Holzstatistik, bei der der Bruch im Jahr 2005 nicht rückwirkend korrigiert worden ist). Die Daten beinhalten keine Klimanormierung, meinen also effektive Energieverbräuche meinen.

Das Resultat zeigt Tabelle 3-1. Gesamthaft resultiert im Zeitraum 1990 bis 2005 ein kleiner Mehrverbrauch von rund 7.5 Prozent, wobei die einzelnen Energieträger z.T. stark gegenläufige Bewegungen aufweisen (Substitutionen). Abbildung 3-2 zeigt die daraus resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen, Tabelle 3-3 die für die Berechnung verwendeten CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren. Tabelle 3-4 fasst schliesslich einige Indikatoren zur Beschreibung der industriellen Energieverbrauchsentwicklung zusammen.

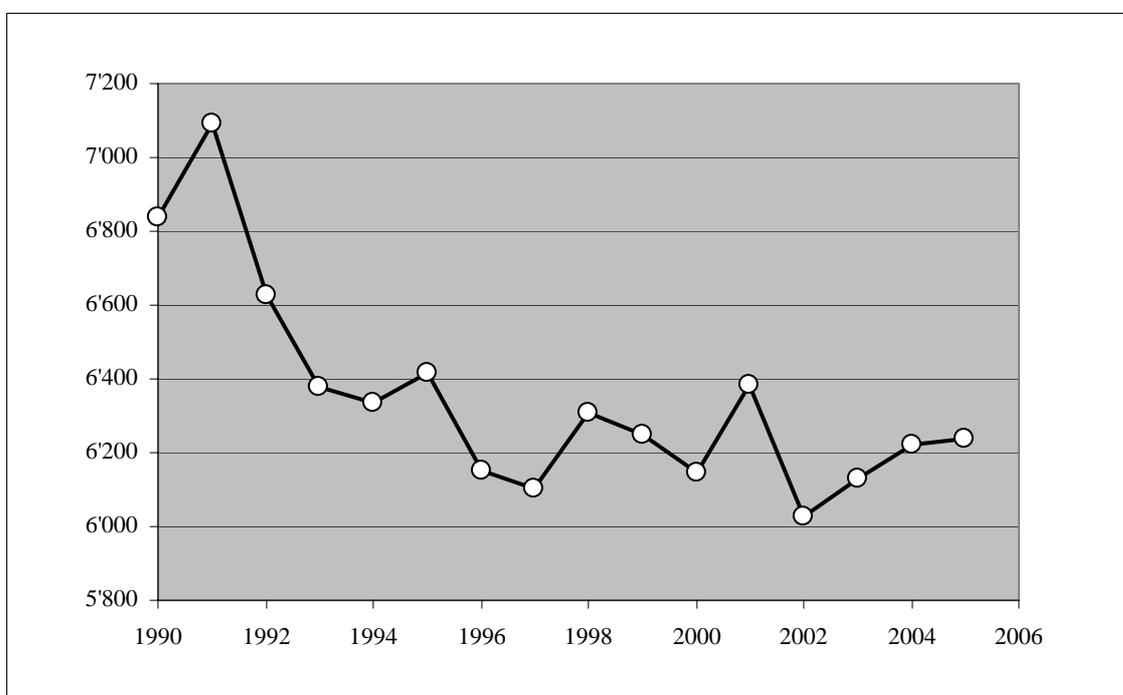
**Tab. 3-1: Energieverbrauch der Industrie 1990 – 2005 gemäss "bisheriger Statistik" (in TJ, Effektivdaten, ohne neue erneuerbare Energien; Quellen: BFE, Basics; Fortsetzung nächste Seite)**

| Jahr | HEL    | GAS    | ELEKT  | N'FERN | HOLZ  | KOHLE  |
|------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| 1990 | 25'887 | 19'233 | 62'053 | 3'397  | 5'585 | 13'680 |
| 1991 | 31'777 | 21'838 | 62'118 | 3'946  | 6'088 | 11'790 |
| 1992 | 30'823 | 23'273 | 60'732 | 3'912  | 6'203 | 8'120  |
| 1993 | 29'194 | 25'840 | 58'324 | 4'135  | 6'622 | 6'720  |
| 1994 | 26'679 | 26'406 | 57'233 | 4'632  | 6'224 | 6'850  |
| 1995 | 28'010 | 28'275 | 57'935 | 4'838  | 6'937 | 7'430  |
| 1996 | 29'566 | 28'826 | 57'586 | 4'907  | 7'576 | 5'660  |
| 1997 | 31'428 | 29'470 | 58'424 | 5'164  | 6'947 | 4'350  |
| 1998 | 32'964 | 30'136 | 59'972 | 5'318  | 7'073 | 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 | 30'640 | 31'570 | 65'452 | 5'830  | 7'670 | 5'580  |
| 2003 | 31'729 | 33'040 | 65'848 | 6'020  | 8'230 | 5'790  |
| 2004 | 31'028 | 34'130 | 67'110 | 5'800  | 8'270 | 5'250  |
| 2005 | 31'386 | 35'050 | 68'030 | 5'800  | 5'920 | 5'580  |

**Tab. 3-1: Energieverbrauch der Industrie 1990 – 2005 gemäss "bisheriger Statistik" (in TJ, Effektivdaten, Total mit erneuerbare Energien; Quellen: BFE, Basics, Fortsetzung)**

| Jahr | DIES   | HMS    | ABFALL | PETRK | UEBGAS | Total   |
|------|--------|--------|--------|-------|--------|---------|
| 1990 | 10'273 | 18'870 | 6'710  | 1'400 | 4'100  | 171'187 |
| 1991 | 9'660  | 17'386 | 7'850  | 980   | 4'780  | 178'214 |
| 1992 | 9'637  | 16'851 | 8'370  | 315   | 4'318  | 172'553 |
| 1993 | 9'648  | 14'379 | 9'720  | 1'120 | 4'150  | 169'851 |
| 1994 | 9'991  | 14'914 | 8'450  | 1'470 | 4'230  | 167'080 |
| 1995 | 9'046  | 13'678 | 8'450  | 1'260 | 4'270  | 170'129 |
| 1996 | 8'539  | 11'083 | 9'020  | 1'050 | 4'440  | 168'252 |
| 1997 | 8'649  | 9'764  | 10'090 | 280   | 5'320  | 169'887 |
| 1998 | 8'710  | 10'380 | 10'320 | 455   | 6'160  | 175'140 |
| 1999 | 8'410  | 8'570  | 10'000 | 525   | 6'670  | 175'725 |
| 2000 | 8'661  | 6'010  | 11'350 | 560   | 5'930  | 179'338 |
| 2001 | 8'938  | 8'030  | 11'350 | 420   | 5'570  | 184'262 |
| 2002 | 9'111  | 4'940  | 11'150 | 700   | 6'160  | 178'803 |
| 2003 | 8'942  | 5'310  | 11'950 | 210   | 5'330  | 182'399 |
| 2004 | 9'258  | 6'220  | 11'930 | 840   | 5'200  | 185'036 |
| 2005 | 9'592  | 4'900  | 12'050 | 1'160 | 4'600  | 184'068 |

**Abb. 3-2: CO<sub>2</sub>-Emissionen gemäss bisheriger Statistik (inkl. Diesel für Off-Road-Anwendungen, Effektivdaten, in Tausend Tonnen)**



**Tab. 3-3: Verwendete CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren (für jene Energieträger, die nicht als CO<sub>2</sub>-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   |

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

| Jahr | HGT<br>* | Gaspreise<br>** | HEL-Preise<br>** | Produktion | Reale Wert-<br>schöpfung<br>Industrie<br>*** | Beschäftigte<br>***<br>**** |
|------|----------|-----------------|------------------|------------|--|-----------------------------|
|      | (-)      | (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            | 127.1      | 115'153                                      | 985'953                     |

\* entspricht der bisherigen Definition als gewichtetes Mittel von 40 Messstationen

\*\* Grossverbraucherpreise

\*\*\* Die Werte für die Jahre 2002 bis 2005 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 langjährigen Vergleich von gesamtschweizerischem Absatz und statistisch ausgewiesenem Verbrauch zeichnet sich bei Heizöl extra leicht *für alle Verbrauchssektoren zusammengenommen*<sup>4</sup> eine wachsende Diskrepanz ab (vgl. rote Kurve in Abbildung 3-5). Ein Teil dieser Diskrepanz wird durch den Abbau der Pflichtlager erklärt. Tatsächlich sind nach Angaben der Carbura im Zeitraum zwischen 1990 und 2004 rund 0.95 Mio Tonnen (bzw. rund 40 PJ) Heizöl extra leicht aus der Pflichtlagerhaltung "entlassen" worden. Diese Heizölmenge wurde damit verbraucht, ohne dass ein in diesen Jahren entsprechender Absatz zu verzeichnen wäre. Aufgrund der Schätzungen der Carbura haben wir die Auflösung der Pflichtlager plausibel in der Zeit "verschmiert" und erhalten dann einen neuen Saldo zwischen Absatz und Verbrauch.

Man erkennt, dass durch den Abbau der Pflichtlager die Gesamtbilanz der Jahre 1985 bis 2005 nun deutlich ausgeglichener ist (vgl. die hellgrüne Kurve in der Abbildung 3-5). Der Trend zu einem weiteren systematischen Auseinanderlaufen ist damit aber nicht gebrochen. Selbst wenn man weiter berücksichtigt, dass das "Aussteigen" (Substitution) aus dem Heizöl extra leicht mit einem zusätzlichen Lagerabbau in der Grössenordnung von 15 PJ verkoppelt ist, wird das Trendproblem der letzten 10 Jahre davon aber kaum berührt. Die Steigung der Saldo-Kurve beträgt nach wie vor rund 5 PJ je Jahr (vgl. die dunkelgrüne Kurve in der Abbildung 3-5).

Mit andern Worten: Wäre das Verbrauchsniveau aller Sektoren um diesen Betrag kleiner, dann ergäbe sich in den letzten 10 Jahren eine mehr oder weniger horizontal verlaufende Kurve. Aber dieses tiefere Verbrauchsniveau kann nicht über den ganzen Betrachtungszeitraum gegolten haben, denn sonst hätte man in der Zeit von 1985 bis 1994 einen massiven Lageraufbau. Also deutet schon die Saldo-Betrachtung darauf hin, dass früher der Verbrauch wieder grösser gewesen sein muss, grösser sogar als bisher in der Statistik ausgewiesen.

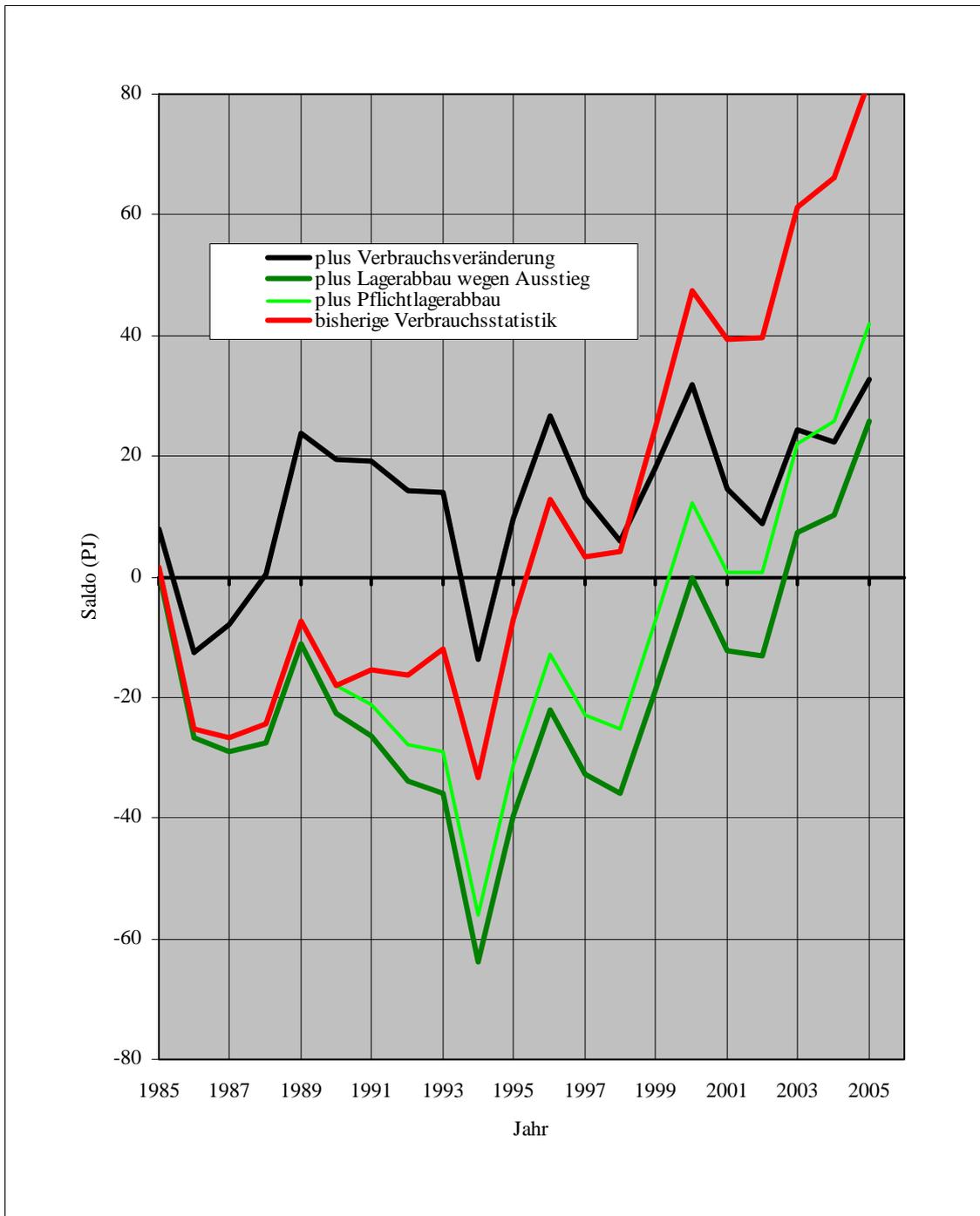
Wie schon früher dargestellt wurde<sup>5</sup>, ist modellmässig der in der Statistik ausgewiesene Rückgang beim Heizöl extra leicht vor allem bei den Dienstleistungen deutlich zu klein und der Zuwachs in der Industrie etwas zu gross. Wenn man basierend auf der Konsumentenerhebung vom Herbst 2004 entsprechende tentative Korrekturen vornimmt, dann ergibt sich in Abbildung 3-5 schliesslich die schwarze Kurve, die trendmässig über den ganzen Zeitraum recht gut horizontal verläuft; mit andern Worten: Absatz und Verbrauch sind über viele Jahre hinweg bilanziert gut im Gleichgewicht.

---

<sup>4</sup> In der Gesamtenergiestatistik findet man einen jährlichen Gesamtverbrauch für alle Verbrauchssektoren zusammengenommen – es gehen damit *keine* Umrechnungen, Kalibrierung usw. in die im Folgenden dargestellten Überlegungen ein.

<sup>5</sup> Vgl. das vertrauliche Diskussionspapier vom Februar 2004

**Abb. 3-5: Kumulierter Saldo Gesamtverbrauch – Gesamtabsatz (indikative Rechnung; Quellen: Carbura, BFE, Basics)**

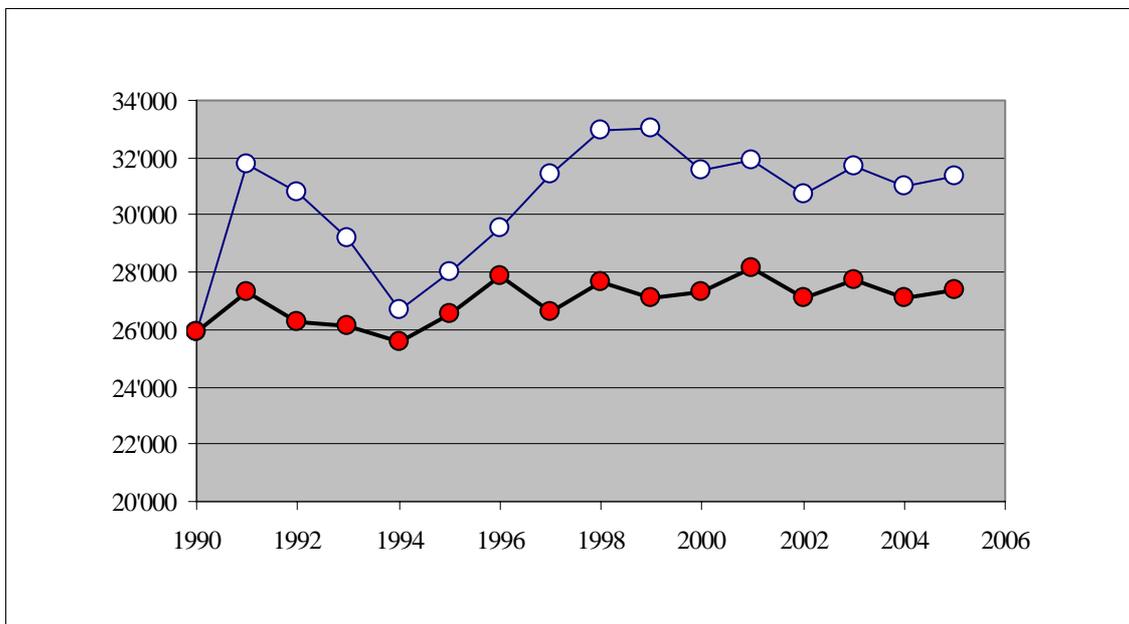


Man beachte, dass diese Überlegungen nach wie vor provisorisch sind. Zwar dürfte mit den vorgenommenen Korrekturen die Verlauf der letzten fünf Jahre einigermaßen zutreffend erfasst sein, der längerfristige Verlauf, insbesondere für den Zeitraum 1985 bis 1999, ist aber nach wie vor noch unklar. Eine einigermaßen definitive Klärung wäre

unseres Erachtens nur möglich, wenn man das bestehende Panel-Modell für den Verbrauch von Heizöl extra leicht für die drei massgebenden Sektoren (Haushalte, Dienstleistungen und Industrie) in die Vergangenheit ausdehnen würde und dann ab 1985 rechnen könnte – unter Auswertung der Helbling-Daten für die Jahre 1999 bis 2005 sowie der Unternehmensdaten der EnAW für die Jahre 1990 bis 2005.

Für die Industrie *allein* zeichnet sich auf Grund der aktuellen Arbeiten um das Heizöl-Panel für die letzten Jahre eine Klärung ab. Danach muss man davon ausgehen, dass der Verbrauch bezüglich der "bisherigen Statistik" um rund 4 PJ überschätzt wurde. Eine modellmässige Rückextrapolation bis ins Jahr 1990 ergibt schliesslich den in Abbildung 3-6 dargestellten Zeitablauf. Dabei fällt insbesondere auf, dass die "übergrosse" Verbrauchsausweitung von 1990 zu 1991 eliminiert ist. Alles in allem ist die modellmässige Entwicklung gleichmässiger und passt besser zu den exogenen Einflussfaktoren (Klima, Preise, Produktion) als die Entwicklung gemäss "bisheriger Statistik".

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

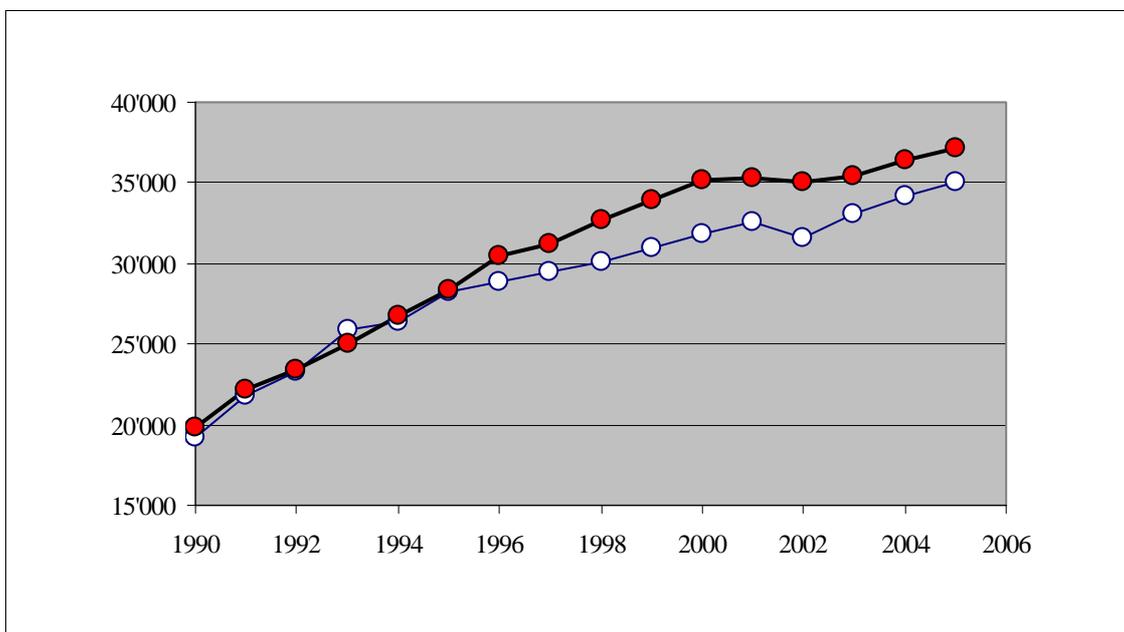


### 3.2.2 Erdgas

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 im Vergleich zu 1990 eine Unterschätzung des Verbrauchs für

2005 in der Grössenordnung von 2 PJ. 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 kein einziges Jahr (ev. mit Ausnahme von 1996) sich als ein "Ausreisser" präsentiert. Da es aber sehr viele Hinweise darauf gibt, dass der Gasverbrauch der Industrie in der Statistik effektiv unterschätzt wird, 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**



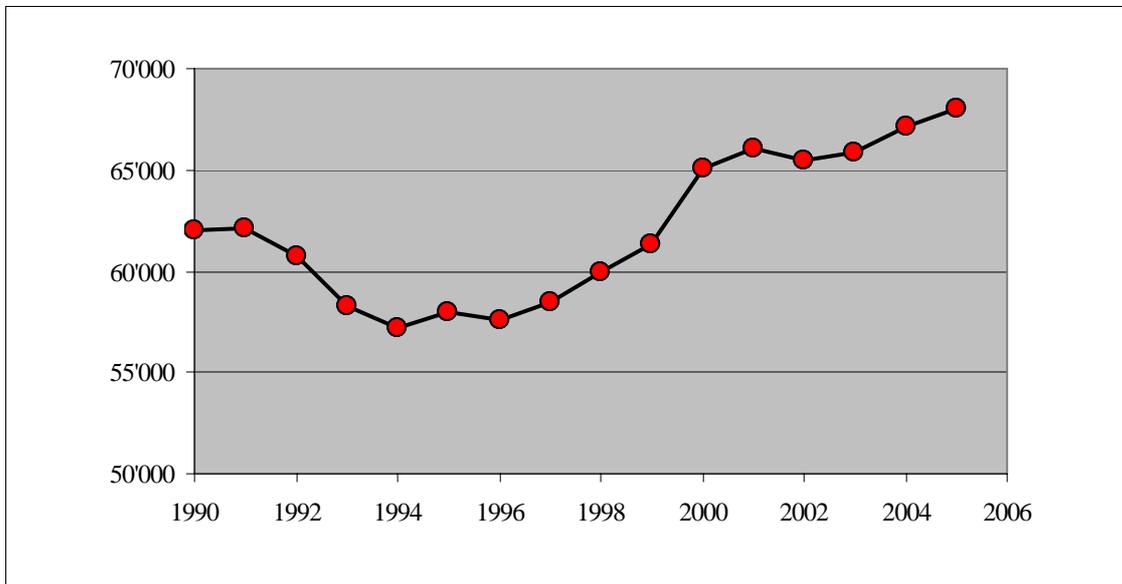
### 3.2.3 Elektrizität

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.

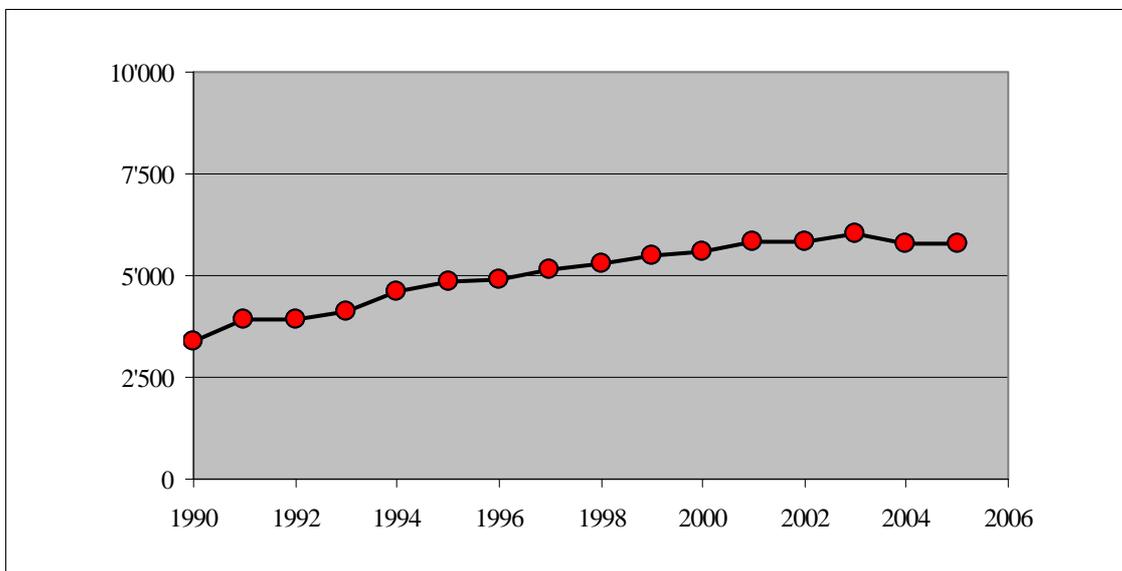
### 3.2.4 Nah- und Fernwärme

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



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

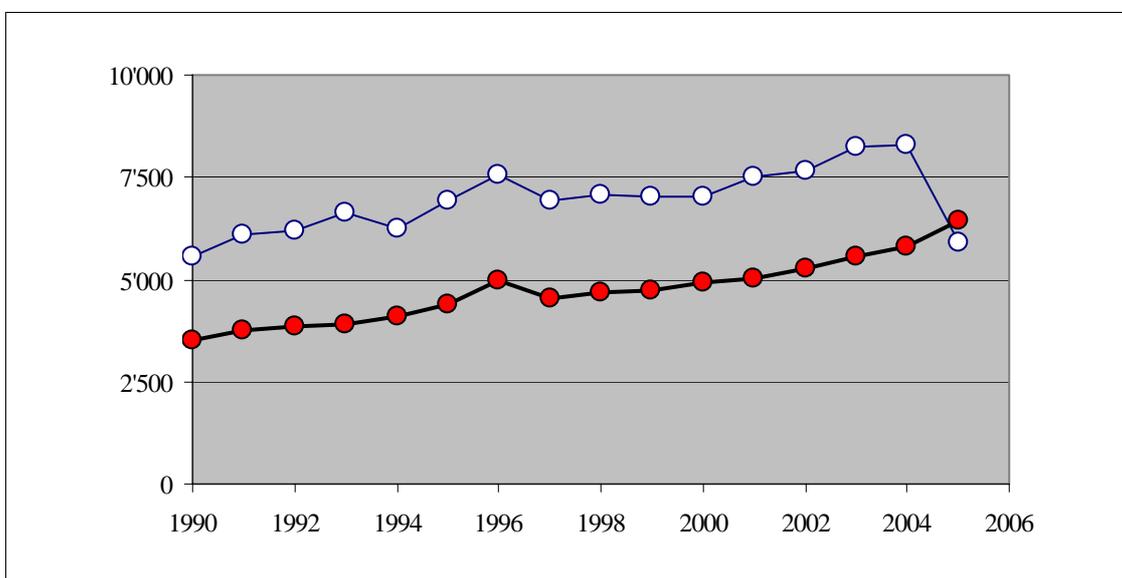


### 3.2.5 Holz

Die Holzstatistik wurde mittlerweile auf eine neue Grundlage gestellt. Die Experten sind sich danach einig, dass der Industrie (primär dem Holzgewerbe) deutlich zu viel Holz zugeordnet wird und dem Haushaltssektor deutlich zu wenig. Dies kommt auch in unserer Analyse zum Ausdruck. Obwohl eine Kalibrierung vom Verlauf her auf die E-

nergiestatistik möglich wäre (allerdings nur unter der Annahme, dass im Holzgewerbe die energetische Nutzung des Holzes zu einem nicht unerheblichen Teil als Abfallverbrennung bilanziert werden müsste), haben wir in der Vergangenheit darauf verzichtet. Der "neue" Holzverbrauch der Industrie passt nun sehr viel besser zum modellmässig ermittelten Verbrauch. Die Details zeigt Abbildung 3-9. Eine rückwirkende Anpassung der "bisherigen Statistik" wurde dabei noch nicht vorgenommen. Insofern ist der starke ist noch ausstehend.

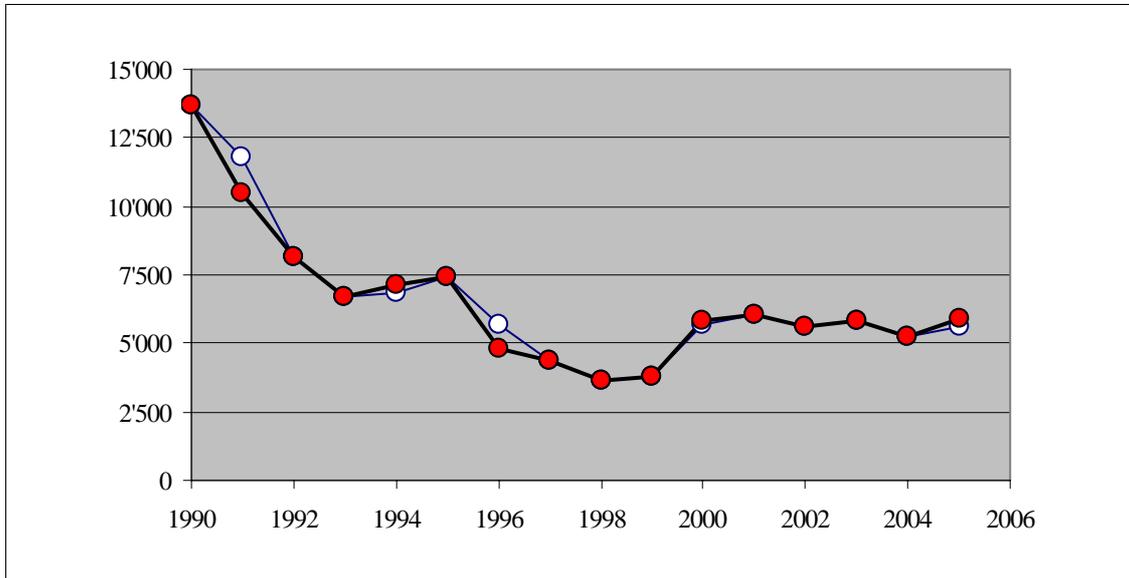
**Abb. 3-9: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und bisheriger Statistik (weisse Punkte) für Holz (in TJ): im Wesentlichen ein Niveauunterschied**



### 3.2.6 Kohle

Die Kohle ist insofern ein spezieller Fall, als wir bis anhin davon ausgegangen sind, dass die gesamtschweizerischen Kohleverbrauchszahlen angesichts der geringen Zahl von Konsumenten eigentlich recht genau bekannt sein müssten. 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 (auf der nächsten Seite).

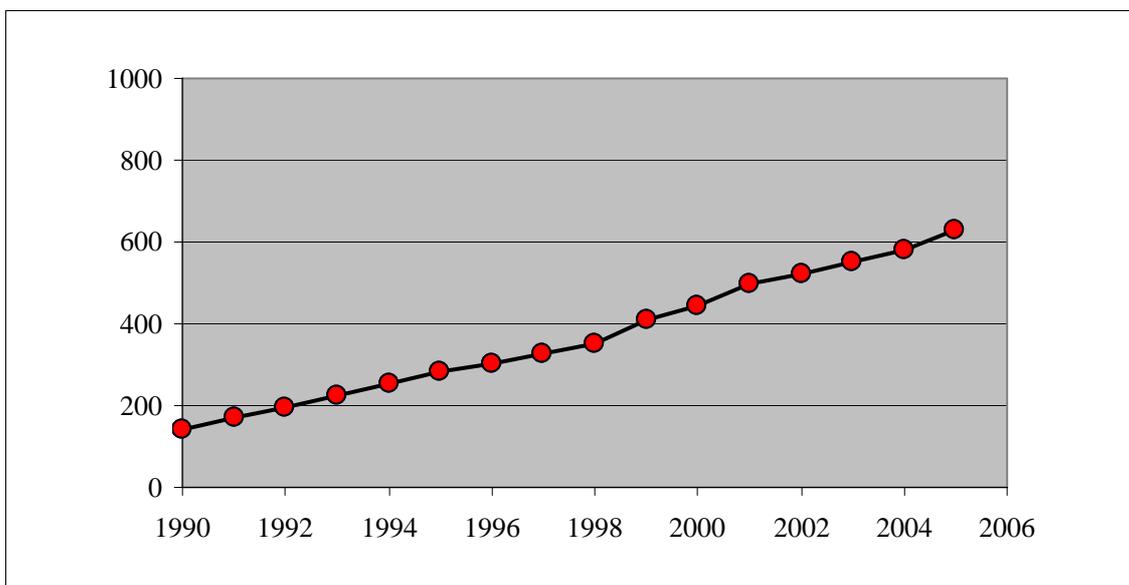
**Abb. 3-10: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und bisheriger Statistik (weisse Punkte) für Kohle (in TJ): Unterschiede in einzelnen Jahren**



### 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.

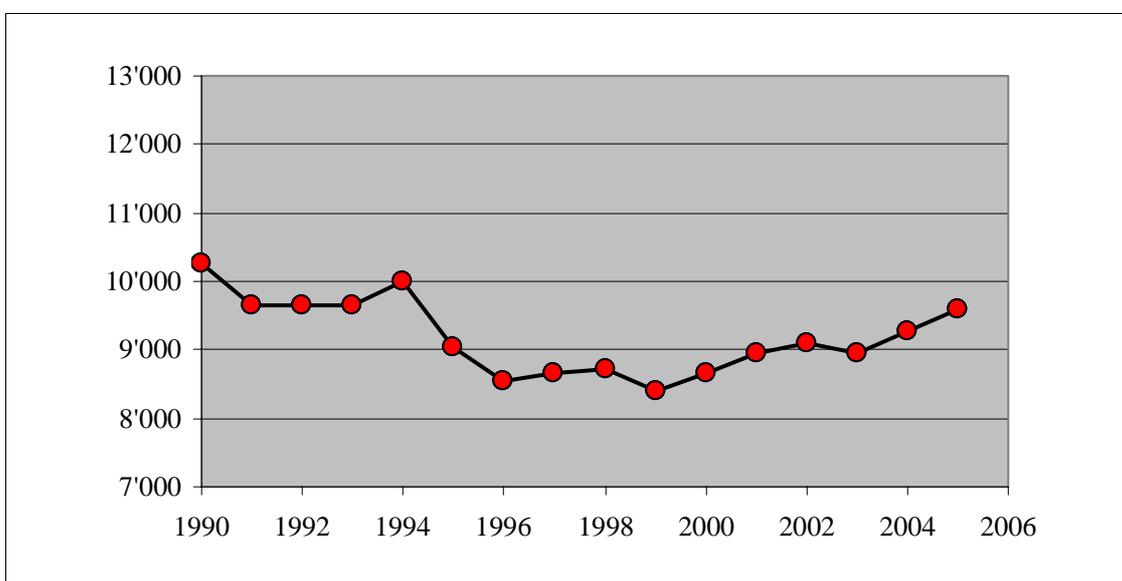
**Abb. 3-11: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und bisheriger Statistik (weisse Punkte) für erneuerbare Energien (in TJ): kein Unterschied**



### 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).

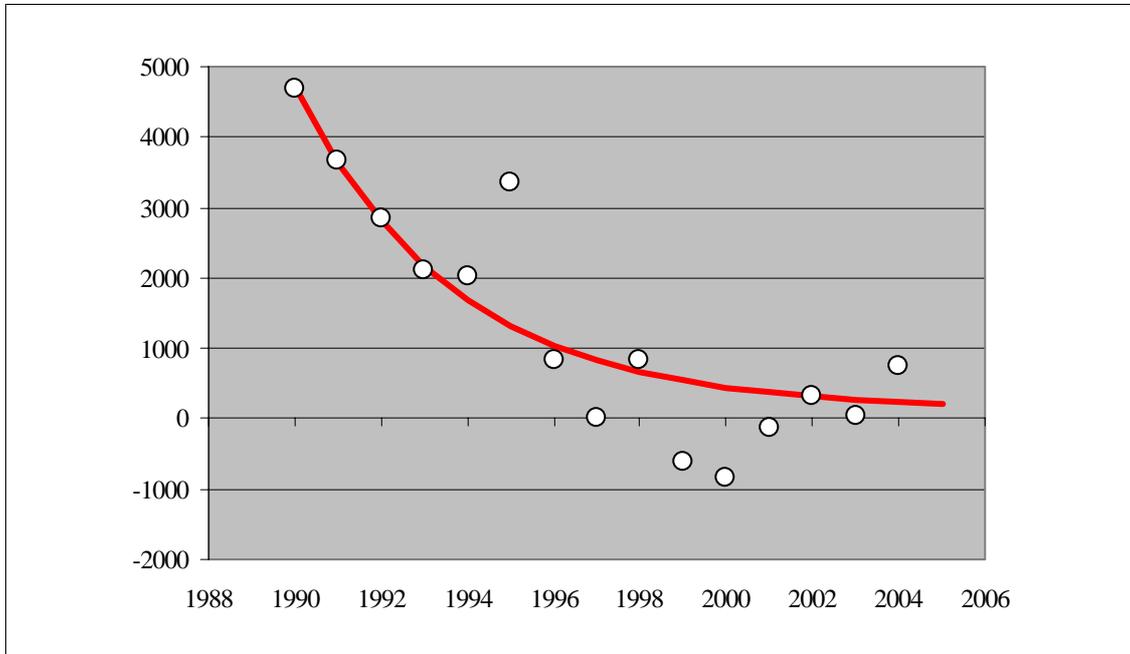
**Abb. 3-12: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und bisheriger Statistik (weisse Punkte) für den Off-Road-Diesel-Verbrauch (in TJ): kein Unterschied**



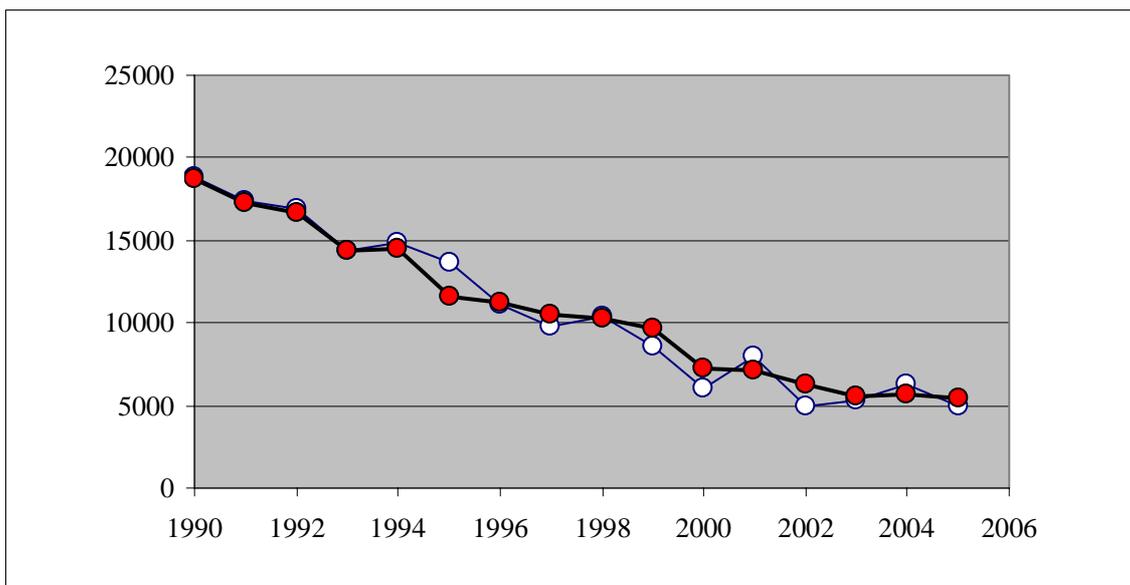
### 3.2.9 Heizöl mittel und schwer

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. 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)**



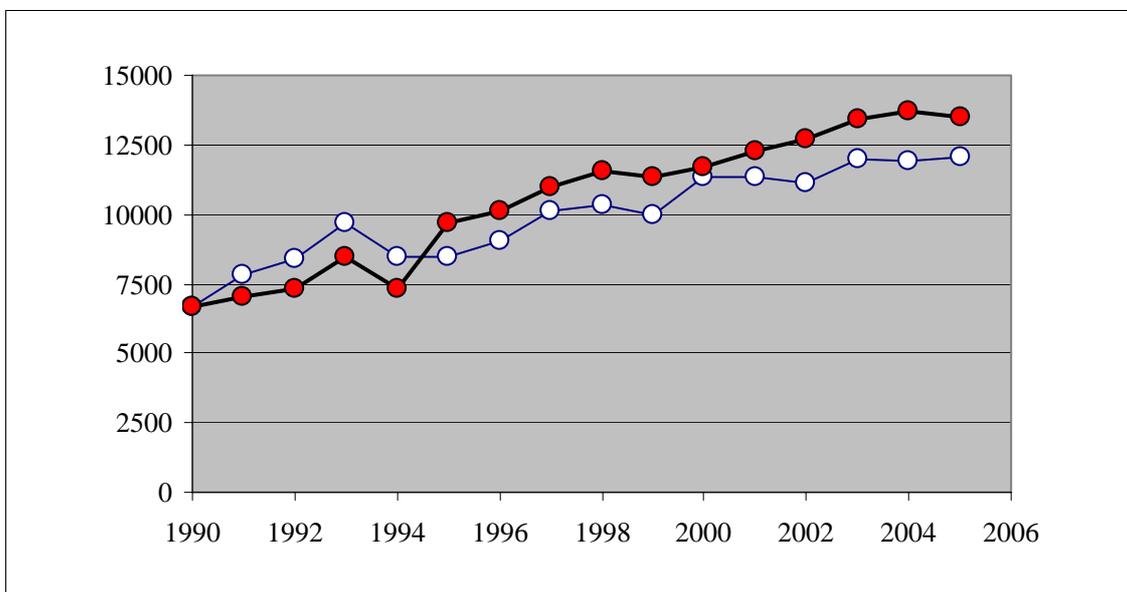
**Abb. 3-14: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und bisheriger Statistik (weisse Punkte) für Heizöl mittel und schwer (in TJ): Grössere Unterschiede in mehreren Jahren**



### 3.2.10 Abfall

Bei den Abfällen ist die Situation kompliziert (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 ziemlich unplausible Substitutionen vornehmen müssen.

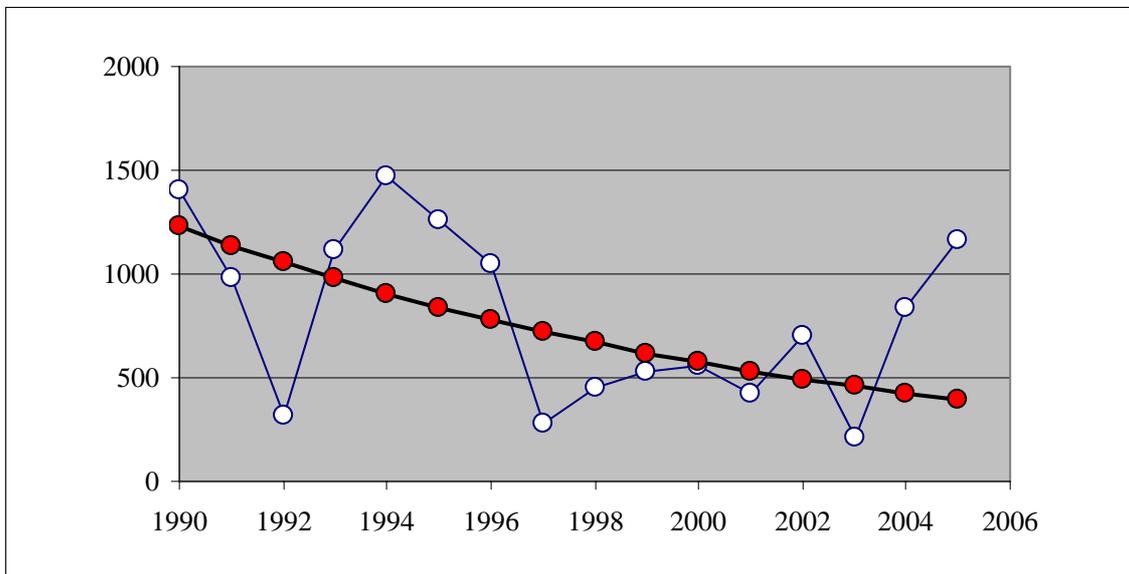
**Abb. 3-15: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und bisheriger Statistik (weisse Punkte) für Abfall (in TJ): Systematischer Unterschied**



### 3.2.11 Petrolkoks

Petrolkoks ist ein besonders schwieriger Fall. Energetisch ist er zwar ziemlich unbedeutend, erzeugt aber bedeutende Inkonsistenzen, wenn man den Verbrauchsangaben der grössten Verbraucher glaubt. In einigen Jahren würden schon diese allein mehr konsumieren, als als Verbrauch von der Statistik ausgewiesen wird. Die einzige Lösung besteht in einer regressionsanalytischen Glättung der Verbrauchsangaben des BFE. Dann verschwinden die angedeuteten Inkonsistenzen und sämtliche Substitutionsbeziehungen machen auch im Zeitablauf 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. Die Details zeigt Abbildung 3-16.

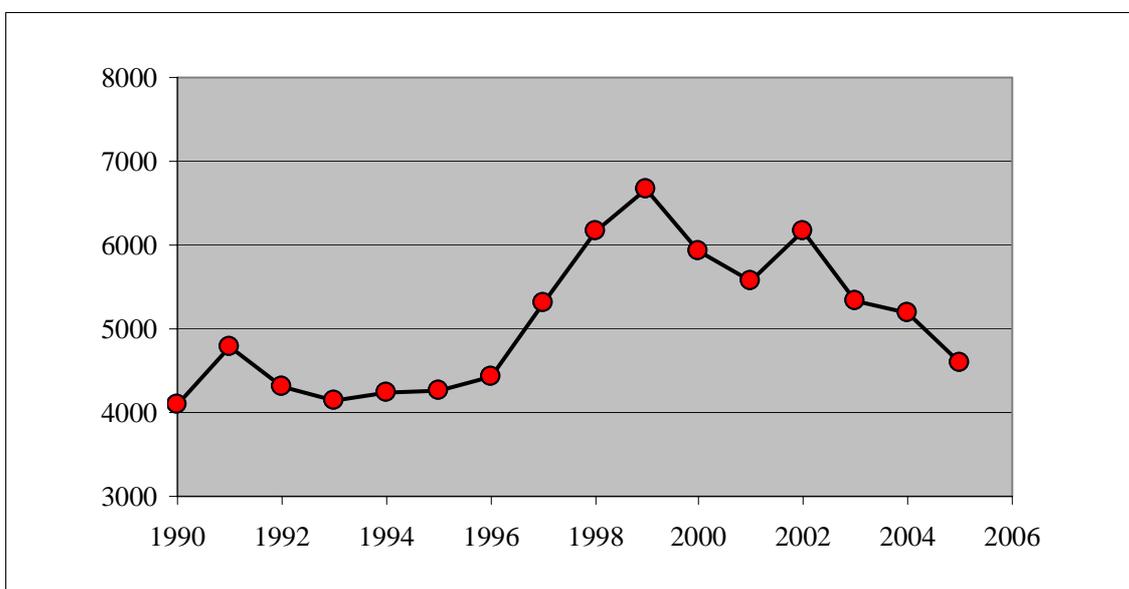
**Abb. 3-16: Gegenüberstellung von Modell (rote Punkte) und bisheriger Statistik (weisse Punkte) für Petrolkoks (in TJ): Unterschiede durch Übergang zu einem regressionsanalytisch bestimmten Trend**



### 3.2.12 Übrige Gase

Die übrigen Gase (vor allem Propan und Butan) sind wiederum sehr plausibel. 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 CO<sub>2</sub>-Emissionen, Abbildung 4-3 die klimanormierten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Schliesslich zeigt Abbildung 4-4 die Aufteilung der effektiven CO<sub>2</sub>-Emissionen auf die vom BAFU gewünschten Industriebranchen.

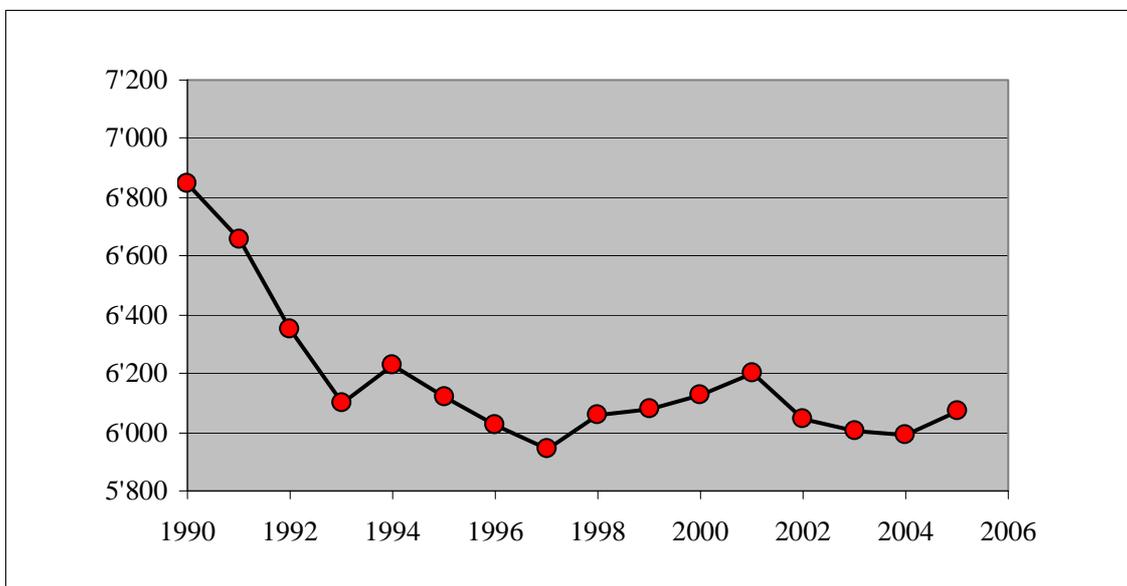
**Tab. 4-1: Endenergieverbrauch der Industrie 1990 – 2005 gemäss Modell (in TJ, Effektivdaten, ohne Ausweis der neuen erneuerbaren Energien; Quellen: BFE, Basics; Teil 1)**

| Jahr | HEL    | GAS    | ELEKT  | FERN  | HOLZ  | KOHLE  |
|------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|
| 1990 | 25'887 | 19'780 | 62'053 | 3'397 | 3'488 | 13'680 |
| 1991 | 27'347 | 22'147 | 62'118 | 3'946 | 3'751 | 10'464 |
| 1992 | 26'283 | 23'461 | 60'732 | 3'912 | 3'842 | 8'120  |
| 1993 | 26'147 | 25'049 | 58'324 | 4'135 | 3'896 | 6'720  |
| 1994 | 25'577 | 26'795 | 57'233 | 4'632 | 4'081 | 7'161  |
| 1995 | 26'539 | 28'368 | 57'935 | 4'838 | 4'372 | 7'430  |
| 1996 | 27'859 | 30'417 | 57'586 | 4'907 | 4'988 | 4'818  |
| 1997 | 26'644 | 31'206 | 58'424 | 5'164 | 4'543 | 4'350  |
| 1998 | 27'649 | 32'676 | 59'972 | 5'318 | 4'672 | 3'650  |
| 1999 | 27'106 | 33'973 | 61'283 | 5'490 | 4'721 | 3'820  |
| 2000 | 27'334 | 35'188 | 65'084 | 5'600 | 4'926 | 5'800  |
| 2001 | 28'155 | 35'330 | 66'064 | 5'830 | 5'034 | 6'020  |
| 2002 | 27'129 | 35'031 | 65'452 | 5'830 | 5'252 | 5'580  |
| 2003 | 27'708 | 35'426 | 65'848 | 6'020 | 5'569 | 5'790  |
| 2004 | 27'096 | 36'409 | 67'110 | 5'800 | 5'801 | 5'250  |
| 2005 | 27'409 | 37'192 | 68'030 | 5'800 | 6'422 | 5'880  |

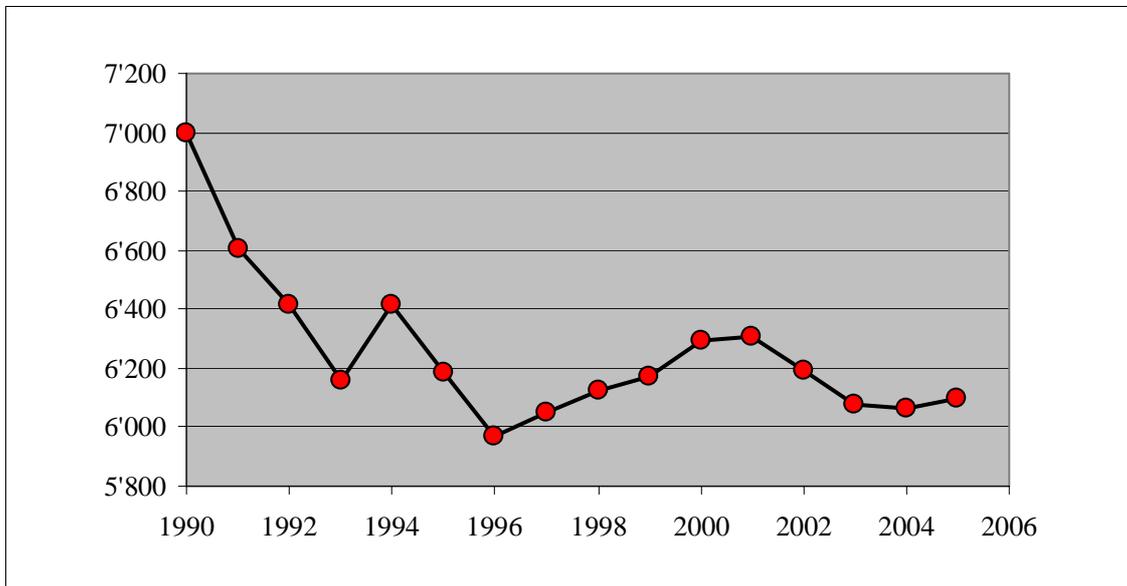
**Tab. 4-1: Endenergieverbrauch der Industrie 1990 – 2005 gemäss Modell (in TJ, Effektivdaten, ohne Ausweis der neuen erneuerbaren Energien; Quellen: BFE, Basics; Teil 2)**

| Jahr | DIES   | HMS    | ABFALL | PETRK | UEBGAS | Total   |
|------|--------|--------|--------|-------|--------|---------|
| 1990 | 10'273 | 18'770 | 6'710  | 1'228 | 4'100  | 169'506 |
| 1991 | 9'660  | 17'238 | 7'020  | 1'138 | 4'780  | 169'778 |
| 1992 | 9'637  | 16'690 | 7'348  | 1'055 | 4'318  | 165'593 |
| 1993 | 9'648  | 14'349 | 8'457  | 977   | 4'150  | 162'077 |
| 1994 | 9'991  | 14'503 | 7'319  | 906   | 4'230  | 162'683 |
| 1995 | 9'046  | 11'576 | 9'690  | 840   | 4'270  | 165'185 |
| 1996 | 8'539  | 11'245 | 10'140 | 778   | 4'440  | 166'021 |
| 1997 | 8'649  | 10'561 | 10'982 | 721   | 5'320  | 166'892 |
| 1998 | 8'710  | 10'225 | 11'561 | 668   | 6'160  | 171'613 |
| 1999 | 8'410  | 9'701  | 11'359 | 619   | 6'670  | 173'563 |
| 2000 | 8'661  | 7'301  | 11'689 | 574   | 5'930  | 178'531 |
| 2001 | 8'938  | 7'167  | 12'247 | 532   | 5'570  | 181'387 |
| 2002 | 9'111  | 6'279  | 12'674 | 493   | 6'160  | 179'512 |
| 2003 | 8'942  | 5'554  | 13'387 | 457   | 5'330  | 180'581 |
| 2004 | 9'258  | 5'713  | 13'726 | 423   | 5'200  | 182'367 |
| 2005 | 9'592  | 5'426  | 13'487 | 392   | 4'600  | 184'860 |

**Abb. 4-2: CO<sub>2</sub>-Emissionen gemäss Modell (inkl. Diesel für Off-Road-Anwendungen, Effektivdaten, in 1000 Tonnen)**



**Abb. 4-3: CO<sub>2</sub>-Emissionen gemäss Modell (inkl. Diesel für Off-Road-Anwendungen, klimanormierte Daten, in 1000 Tonnen)**



**Abb. 4-4: Aufteilung der CO<sub>2</sub>-Emissionen gemäss Modell auf die vom BAFU gewünschten IPCC-Branchen (Brennstoffe, effektive Daten, in 1000 Tonnen)**

