



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

April 2008

Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 - 2006 nach Verwendungszwecken

basics
cepe
Centre for Energy Policy and Economics
Department of Management, Technology,
and Economics

inFRAS
prognos

Impressum

Auftraggeber

Bundesamt für Energie Bern

Auftragnehmer / Autoren

Prognos AG:

Dr. Almut Kirchner

Peter Hofer

Dr. Andreas Kemmler

Infras AG:

Mario Keller

CEPE:

Dr. Bernard Aebischer

Dr. Martin Jakob

Giacomo Catenazzi

Basics AG:

Dr. Walter Baumgartner

Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Energie erarbeitet. Für den Inhalt der Studie sind allein die Auftragnehmer verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Hintergrund und Aufgabenstellung | 1 |
| 2 | Statistische Ausgangslage | 3 |
| 2.1 | Energieverbrauch 2000 bis 2006 | 3 |
| 2.2 | Rahmenbedingungen | 5 |
| 3 | Gesamtaggregation | 8 |
| 3.1 | Bestimmung der Verwendungszwecke | 8 |
| 3.1.1 | Abgrenzung der Verwendungszwecke | 9 |
| 3.1.2 | Sektorale Abgrenzungen | 10 |
| 3.1.3 | Witterungskorrektur und Vergleich mit der Gesamtenergiestatistik | 12 |
| 3.2 | Gesamtverbrauchsentwicklung nach Verwendungszwecken | 14 |
| 4 | Sektorale Analysen | 20 |
| 4.1 | Private Haushalte | 20 |
| 4.1.1 | Methodik und Daten | 20 |
| 4.1.2 | Verwendungszwecke der Privaten Haushalte | 27 |
| 4.2 | Dienstleistungen | 36 |
| 4.2.1 | Methodik und Daten | 36 |
| 4.2.2 | Verwendungszwecke der Dienstleistungen | 41 |
| 4.3 | Industrie | 45 |
| 4.3.1 | Methodik und Daten | 45 |
| 4.3.2 | Verwendungszwecke der Industrie | 51 |
| 4.4 | Verkehr | 56 |
| 4.4.1 | Methodik und Daten | 56 |
| 4.4.2 | Verwendungszwecke des Verkehrs | 61 |
| 5 | Literaturverzeichnis | 64 |

Tabellen

| | | |
|-------------|---|----|
| Tabelle 2.1 | Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern von 2000 bis 2006 in PJ. (BFE, 2007a). | 3 |
| Tabelle 2.2 | Endenergieverbrauch 2000 – 2006 nach Verbrauchssektoren in PJ. (BFE 2007a). Kursive Zahlen anhand des gegebenen Gesamtverbrauchs gemäss des GEST 2006 und der GEST des jeweiligen Jahres geschätzt (BFE, 2001; 2002; 2003; 2004). | 4 |
| Tabelle 2.3 | Zentrale Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch. | 7 |
| Tabelle 3.1 | Liste der bei der Gesamttaggregation berücksichtigten Verwendungszwecke sowie deren Verteilung auf die Verbrauchssektoren. | 9 |
| Tabelle 3.2 | Endenergieverbrauch 2000 bis 2006 nach Verwendungszwecken (in PJ). | 14 |
| Tabelle 3.3 | Brenn- und Treibstoffverbrauch nach Verwendungszwecken (in PJ). | 16 |
| Tabelle 3.4 | Elektrizitätsverbrauch der Jahre 2000 bis 2006 nach Verwendungszwecken (in PJ). | 17 |
| Tabelle 3.5 | Aufteilung des inländischen Endenergieverbrauchs 2006 nach Verwendungszweck und Verbrauchssektor (in PJ). | 19 |
| Tabelle 4.1 | Private Haushalte: Energieverbrauch 2000 bis 2006 nach Verwendungszwecken (in PJ) sowie der relative Anteil der Verwendungszwecke am Gesamtverbrauch 2006. | 28 |
| Tabelle 4.2 | Private Haushalte: Entwicklung der Energiebezugsfläche nach Heizsystemen und Energieträgern in Mio. m ² EBF (inklusive Leerwohnungen, ohne Ferienwohnungen). Quelle: eigene Fortschreibung der Volkszählung 2000. | 30 |
| Tabelle 4.3 | Private Haushalte: Endenergieverbrauch für Raumwärme nach Heizsystem und Energieträger sowie der relative Anteil im Jahr 2006 (in PJ). | 31 |
| Tabelle 4.4 | Einwohner mit Warmwasser aufgeschlüsselt nach Anlagensystemen und die relative Verteilung im 2006 (Bevölkerung in Tausend). Quelle: eigene Fortschreibung der Volkszählung 2000. | 32 |
| Tabelle 4.5 | Private Haushalte: Endenergieverbrauch für Warmwasser nach Energieträgern (in PJ) und relativer Anteil 2006. | 33 |
| Tabelle 4.6 | Private Haushalte: Endenergieverbrauch für Kochherde, Geschirrspüler und elektrische Kochhilfen (in PJ). | 34 |
| Tabelle 4.7 | Private Haushalte: Entwicklung der Stromverbrauchs für übrige elektrische Haushaltsgeräte und Beleuchtung (in PJ, ohne elektrische Kochhilfen). | 35 |

| | | |
|--------------|--|----|
| Tabelle 4.8 | Dienstleistungssektor: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Verwendungszwecken (in PJ). | 41 |
| Tabelle 4.9 | Dienstleistungssektor: Entwicklung des Brennstoffverbrauchs nach Verwendungszwecken (in PJ). | 42 |
| Tabelle 4.10 | Dienstleistungssektor: Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs nach Verwendungszwecken (in PJ). | 43 |
| Tabelle 4.11 | Die 15 energetisch wichtigsten Produktionsprozesse in der Bottum-up Modellierung der Industrie. | 46 |
| Tabelle 4.12 | Entwicklung der produktionsbezogenen Hochrechnungsfaktoren im Zeitablauf (PI: Produktion Indices; Quellen: Branchenverbände, BFS, Basics). | 47 |
| Tabelle 4.13 | Inhaltliche Definition der 16 Branchen im Industrie-Modell anhand der NOGA-Systematik. | 49 |
| Tabelle 4.14 | Industriesektor: Entwicklung des Endverbrauch nach Verwendungszwecken (in PJ). | 52 |
| Tabelle 4.15 | Industriesektor: Entwicklung des Brennstoffverbrauchs nach Verwendungszwecken (in PJ). | 53 |
| Tabelle 4.16 | Industriesektor: Elektrizitätsverbrauch nach Verwendungszwecken (in PJ). | 55 |
| Tabelle 4.17 | Entwicklung der mit der Produktion der verschiedenen Hochrechnungsfaktoren verbundenen Energieverbräuche (in Indexform) | 56 |
| Tabelle 4.18 | Aufteilung der Verbraucher im Kontext Verkehr in verschiedene Gruppen. | 57 |
| Tabelle 4.19 | Verkehrssektor: Energieverbrauch nach Verkehrsmoden (in PJ). | 61 |
| Tabelle 4.20 | Verkehrssektor: Energieverbrauch nach Verwendungsart (in PJ). | 62 |
| Tabelle 4.21 | Verkehrssektor: Endverbrauch nach Energieträgern (in PJ). | 63 |

Abbildungen

| | | |
|---------------|---|----|
| Abbildung 2.1 | Zunahme des Endenergieverbrauchs nach Energieträger zwischen 2000 und 2006 (in PJ). | 4 |
| Abbildung 2.2 | Veränderung des Endenergieverbrauchs zwischen 2000 und 2006 nach Sektoren (in PJ). | 5 |
| Abbildung 3.1 | Relativer Anteil der ausgewählten Verwendungszwecke am Endverbrauch 2006. | 15 |

| | | |
|----------------|--|----|
| Abbildung 3.2 | Prozentualer Anteil der Verwendungszwecke am Treib- und Brennstoffverbrauch 2006. | 16 |
| Abbildung 3.3 | Prozentualer Anteil der Verwendungszwecke am Elektrizitätsverbrauch 2006. | 18 |
| Abbildung 3.4 | Relative Verteilung der Energieverbräuche des Jahres 2006 für die einzelnen Verwendungszwecke auf die Verbrauchssektoren. | 19 |
| Abbildung 4.1 | Private Haushalte: Aufteilung des Energieverbrauchs 2006 nach Verwendungszwecken. | 29 |
| Abbildung 4.2 | Private Haushalte: Aufteilung des Heizenergieverbrauchs 2006 nach Energieträgern. | 31 |
| Abbildung 4.3 | Private Haushalte: Aufteilung des Energieverbrauchs 2006 zur Bereitstellung von Warmwasser nach Energieträgern. | 34 |
| Abbildung 4.4 | Private Haushalte: Aufteilung des Energieverbrauchs 2006 für übrige elektrische Geräte und Beleuchtung nach Verwendungszwecken. | 36 |
| Abbildung 4.5 | Dienstleistungssektor: Prozentuale Aufteilung des Energieverbrauchs 2006 nach Verwendungszwecken. | 42 |
| Abbildung 4.6 | Dienstleistungssektor: Prozentuale Aufteilung des Elektrizitätsverbrauchs 2006 nach Verwendungszwecken. | 44 |
| Abbildung 4.7 | Prozentuale Aufteilung des Elektrizitätsverbrauchs für I&K auf verschiedene Gerätekategorien (Werte gemäss Gerätemodell). | 45 |
| Abbildung 4.8 | Industriesektor: Prozentuale Anteile der Verwendungszwecke am Energieverbrauch 2006. | 52 |
| Abbildung 4.9 | Industriesektor: Prozentuale Anteile der Verwendungszwecke am Brennstoffverbrauch 2006. | 54 |
| Abbildung 4.10 | Industriesektor: Prozentuale Anteile der Verwendungszwecke am Elektrizitätsverbrauch 2006. Die Anteile für Warmwasser, Mobilität sowie sonstige Verbräuche sind deutlich kleiner als 1% und werden deshalb in der Grafik nicht aufgeführt. | 55 |
| Abbildung 4.12 | Verkehrssektor: Prozentualer Anteil der Verkehrsmoden am Energieverbrauch 2006. | 61 |
| Abbildung 4.13 | Verkehrssektor: Anteil der Energieträger am Energieverbrauch 2006. | 63 |

1 Hintergrund und Aufgabenstellung

Seit Anfang der neunziger Jahre werden im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE) periodisch Analysen der Veränderungen des Energieverbrauchs durchgeführt. Die ursprüngliche ex-post-Analyse hatte hierbei die Aufgabe, die verschiedenen Ursachenkomplexe der Energieverbrauchsentwicklung nach Energieträgern und Sektoren herauszuarbeiten. Dabei wurden Faktoren wie Witterung, Wirtschaftswachstum, Bevölkerungsentwicklung, Produktionsmengen, Energiebezugsflächen, Energiepreise, technischer Fortschritt und politische Massnahmen berücksichtigt. Für die sektoralen ex-post-Analysen wurden in den vier Sektoren Haushalte, Dienstleistungen, Industrie und Verkehr mehr oder weniger stark disaggregierte Bottom-up Modelle benutzt, welche im Rahmen der Energieperspektiven für das BFE entwickelt wurden. Aufgrund einer Verschiebung und Erweiterung der Prioritäten des BFE wird seit 2007 zusätzlich zur herkömmlichen ex-post-Analyse nach Bestimmungsfaktoren auch eine Analyse nach Verwendungszwecken durchgeführt. Die beiden Analysen werden mit den selben Sektormodellen durchgeführt, jedoch in eigenständigen Berichten dokumentiert. Der vorliegende Bericht fasst die Resultate der Analyse nach Verwendungszwecken zusammen.

Die Zielsetzung dieser Arbeit besteht in der Aufteilung des inländischen Gesamtenergieverbrauchs nach aussagefähigen Verwendungszwecken. Auf Ebene der Verbrauchssektoren werden innerhalb dieser übergeordneten Verwendungszwecke weitere Aufteilungen vorgenommen. Dies erlaubt auf möglichst disaggregierter Ebene das Zusammenwirken von Mengenkomponten und spezifischen Verbrauchskomponenten sichtbar werden zu lassen. Dazu werden die Bestände von Anlagen, Gebäuden, Fahrzeugen, elektrischen Geräten sowie die industriellen Produktionsprozesse möglichst detailliert erfasst. Anschliessend wird mittels der sektoralen Bottom-up Modelle eine funktionale Beziehung zu den Verbrauchsdaten der Gesamtenergiestatistik (GEST) hergestellt. Mit anderen Worten, der in der Gesamtenergiestatistik ausgewiesene Energieverbrauch wird modellbasiert nach Verwendungszweck gegliedert.

Die Ergebnisse werden in Form von Zeitreihen von 2000 bis 2006 präsentiert und nach Energieträgern unterschieden, wo dies machbar war. Die verwendeten Bottom-up Modelle sind grundsätzlich identisch mit den für die Energieperspektiven benutzten Modellen. An einzelnen Stellen haben die Modelle Aktualisierungen und entsprechende Neukalibrierungen erfahren, woraus sich geringfügige Abweichungen von den Ergebnissen der letzten Jahre ergeben haben. Die Analyse wurde durch eine Arbeitsgemeinschaft bestehend aus Prognos AG (Private Haushalte / Koordina-

tion), Basics AG (Industrie), CEPE (Dienstleistungen) sowie Infrast AG (Verkehr) durchgeführt.

Der Bericht ist folgendermassen gegliedert: Nach einem kurzen Überblick über die Entwicklung des Gesamtenergieverbrauchs gemäss der GEST und der wichtigsten Einflussfaktoren folgt die Analyse nach Verwendungszwecken, zuerst auf der aggregierten Ebene des Gesamtenergieverbrauchs, anschliessend auf und innerhalb der Ebene der Verbrauchssektoren Private Haushalte, Dienstleistungen, Industrie und Verkehr.

Gewisse statistische Strukturen sind derzeit noch provisorisch und können geringfügige Anpassungen erfahren, wenn die endgültigen Daten und Aufteilungen festliegen.

2 Statistische Ausgangslage

2.1 Energieverbrauch 2000 bis 2006

Im Jahr 2006 ist der Gesamtenergieverbrauch im Vergleich zum höchsten bisher gemessenen Energieverbrauch im Jahr 2005 um 4 PJ (-0.5 %) gesunken (Tabelle 2.1). Dennoch lag der Verbrauch um 3,5 % über dem Verbrauch im Jahre 2000. Dabei ist der Anteil der fossilen Energieträger von 71.2 % in 2000 auf 68.8 % in 2006 gefallen.

Die einzelnen Energieträger weisen unterschiedliche Entwicklungsstrukturen auf (Abbildung 2.1). Der Treibstoffverbrauch hatte bis 2004 abgenommen und anschliessend wieder leicht zugelegt. Der Gasverbrauch ist annähernd kontinuierlich angestiegen. Dieser Verbrauch ist aber wie der Heizölverbrauch stark von den jährlichen Witterungsschwankungen abhängig. Bei allen nicht fossilen Energieträgern, respektive Energieträgergruppen, ist der Verbrauch angestiegen. Der grösste Anstieg ist beim Strom mit einer Zunahme von 19.5 PJ (+10 %) zu beobachten. Ein starkes Wachstum zeigt sich auch bei Holz/ Holzkohle (+9.5 %), Fernwärme (+21 %) sowie bei den übrigen erneuerbaren Energien (+35 %), jedoch auf niedrigen absoluten Verbrauchsniveaus.

| Energieträger | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Elektrizität | 188.5 | 193.5 | 194.5 | 198.4 | 202.2 | 206.4 | 208.0 |
| Erdölbrennstoffe | 217.1 | 228.9 | 217.8 | 227.8 | 225.3 | 225.8 | 217.2 |
| Erdgas | 95.2 | 98.8 | 97.2 | 102.6 | 106.0 | 108.8 | 106.7 |
| Kohle und Koks | 5.9 | 6.2 | 5.7 | 5.9 | 5.7 | 6.3 | 6.4 |
| Fernwärme | 13.3 | 14.3 | 14.3 | 14.8 | 15.3 | 16.0 | 16.1 |
| Holz | 28.0 | 29.7 | 28.8 | 30.5 | 30.4 | 31.5 | 31.9 |
| übrige erneuerbare Energien 1) | 6.6 | 7.0 | 7.2 | 7.7 | 8.0 | 8.6 | 8.9 |
| Müll / Industrieabfälle | 11.4 | 11.4 | 11.2 | 12.0 | 11.9 | 12.1 | 12.3 |
| Treibstoffe | 293.3 | 285.7 | 279.6 | 276.3 | 275.1 | 277.1 | 280.8 |
| Summe | 859.2 | 875.4 | 856.2 | 876.0 | 879.8 | 892.5 | 888.3 |

1) Sonne, Biogas, Umweltwärme

Tabelle 2.1 Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern von 2000 bis 2006 in PJ. (BFE, 2007a).

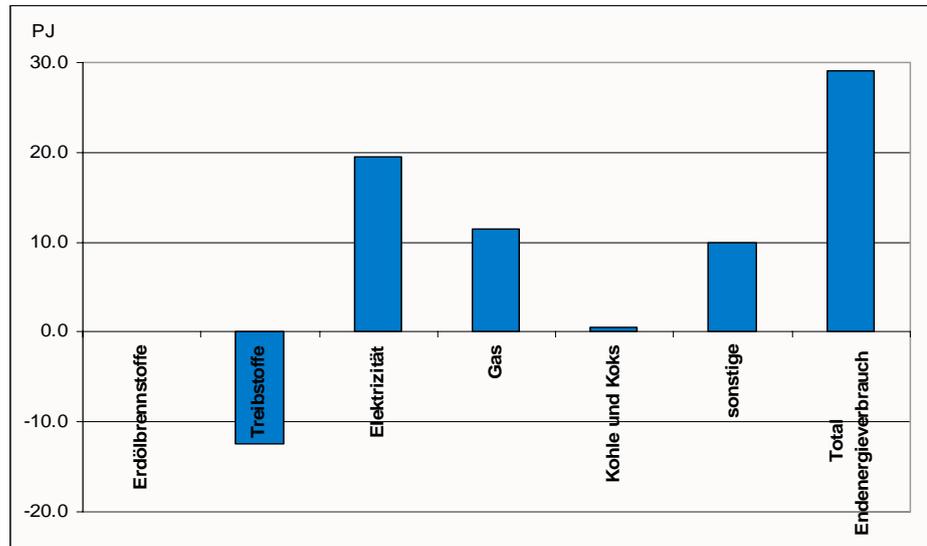


Abbildung 2.1 Zunahme des Endenergieverbrauchs nach Energieträger zwischen 2000 und 2006 (in PJ).

Mit einem Anteil von 32.9 % am Gesamtenergieverbrauch entfällt im Jahr 2006 der grösste Anteil des Energieverbrauchs auf den Verkehrssektor. Die Entwicklung des Energieverbrauchs im Verkehrssektor widerspiegelt den Absatz an Treibstoffen: einer kontinuierlichen Abnahme bis 2004 folgt ein neuerlicher Anstieg in den Jahren 2005 und 2006 (Tabelle 2.2). 29.2 % der Energie wird von den Haushalten konsumiert, 20% von der Industrie und 16.3 % vom Dienstleistungssektor. Während der Verbrauch im Verkehrssektor leicht gesunken ist (-3.5 %), hat der Verbrauch in den übrigen Sektoren zugenommen: Haushalte +8.4 %, Dienstleistungen +7 %, Industrie +11.7 % (Tabelle 2.3).

| | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Haushalte | 239.8 | 251.4 | 246.1 | 258.4 | 260.5 | 266.5 | 259.9 |
| Industrie 1) | 165.7 | 168.9 | 164.2 | 169.8 | 171.7 | 174.7 | 177.4 |
| Dienstleistungen 1) | 137.3 | 145.2 | 142.7 | 146.5 | 146.6 | 149.0 | 144.8 |
| Verkehr 2) | 302.8 | 295.4 | 289.7 | 287.1 | 285.7 | 287.9 | 292.0 |
| Statistische Differenz inkl. Landwirtschaft 1) | 13.7 | 14.5 | 13.6 | 14.2 | 14.3 | 14.5 | 14.3 |
| Total Endenergieverbrauch | 859.2 | 875.4 | 856.2 | 876.0 | 878.7 | 892.5 | 888.3 |

1) exklusive interner Werkverkehr

2) inklusive interner Werkverkehr

Tabelle 2.2 Endenergieverbrauch 2000 – 2006 nach Verbrauchssektoren in PJ. (BFE 2007a). Kursive Zahlen anhand des gegebenen Gesamtverbrauchs gemäss des GEST 2006 und der GEST des jeweiligen Jahres geschätzt (BFE, 2001; 2002; 2003; 2004).

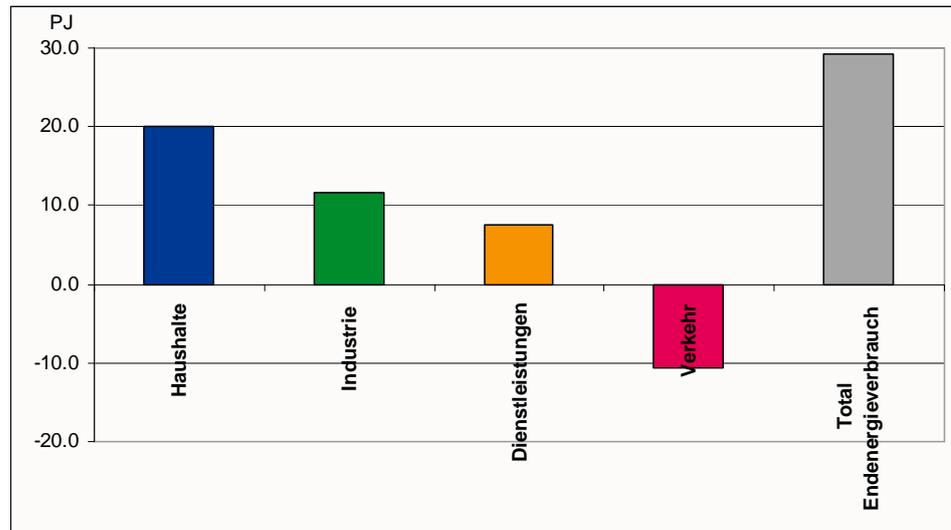


Abbildung 2.2 Veränderung des Endenergieverbrauchs zwischen 2000 und 2006 nach Sektoren (in PJ).

2.2 Rahmenbedingungen

Bei einer Modellierung und Analyse des Energieverbrauchs ist die Berücksichtigung der Rahmenbedingungen von ausschlaggebender Bedeutung. Beispielsweise sind die klimatischen Bedingungen (Wärmenachfrage) entscheidend für das Verständnis von jährlichen Energieverbrauchsschwankungen zwischen aufeinander folgenden Jahren. Die klimatischen Veränderungen verlieren in der Langfristbetrachtung an Bedeutung, demgegenüber treten die Mengenkomponten (Produktion, Bevölkerung) in den Vordergrund. Folglich besteht eine Gewichtsverlagerung in der Bedeutung der einzelnen Einflussfaktoren in Abhängigkeit vom betrachteten Zeitraum.

Eine Kategorie von Einflussfaktoren wird durch die energiepolitischen Regelungen gebildet. Basis dafür sind Energiegesetz (EnG), Elektrizitätsgesetz (EleG) sowie das CO₂-Gesetz von 1999. Sie bilden die Rechtsgrundlagen für gesetzliche Massnahmen, Vorschriften, Förderprogramme sowie für freiwillige Massnahmen im Rahmen von EnergieSchweiz oder auch für CO₂-Zielvereinbarungen mit der Wirtschaft und Organisationen. Hervorzuheben ist die Einführung des Klimarappens auf Treibstoffen (1.5 Rp./l) im Oktober 2005. Hingegen wurde die CO₂-Abgabe auf Brennstoffen erst ab Januar 2008 eingeführt und das neue Stromversorgungsgesetz (StromVG) wird frühestens im Laufe des Jahres 2008 in Kraft gesetzt.

Beeinflusst wird der Energieverbrauch auch durch die Energiepreise. Diesen Effekt zu quantifizieren ist schwierig. Langfristig lassen sich zwar oft deutliche Verschiebungen in der Verbrauchsstruktur beobachten, eine eindeutige Zuordnung ist aber nicht gegeben: Preiseffekte, Effizienzsteigerungen, Konsumentenverhalten und politischen Massnahmen überlagern und beeinflussen sich gegenseitig. Die kurzfristigen Preiseffekte sind gering, entsprechend sind die Nachfrage-Elastizitäten meist klein (-0.1 oder kleiner).

In Tabelle 2.3 ist die Entwicklung der wichtigsten Einflussfaktoren für die Jahre 2000 bis 2006 zusammengestellt. Diese Rahmendaten fliessen zum Teil auch als Inputdaten in die sektoralen Bottom-up Modelle.

- Die wichtigste klimatische Kurzfristedeterminante ist die Temperatur. Im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt mit 3588 Heizgradtagen (HGT)¹ war es in allen betrachteten Jahren milder, insbesondere im Basisjahr 2000, wo das langjährige Mittel um 14 % unterschritten wurde. Mit 3518 HGT war es im Jahr 2005 am kältesten. Andererseits wurde bei den Kühlgradtagen (Cooling Degree Days, CDD)² das Mittel der Jahre 1984-2006 von 126 in den meisten Jahren überschritten, wobei das Jahr 2003 mit dem Hitzesommer deutlich heraus sticht.
- Bei den Mengenkomponten spielen alle expansiven Einflussfaktoren, die mit dem Bevölkerungs- und dem Wirtschaftswachstum zusammenhängen, eine wesentliche Rolle. Die Bevölkerung hat stetig zugenommen, durchschnittlich um +0.7 %/Jahr. Die Zunahme beim Wohnungsbestand und der Energiebezugsflächen war leicht grösser, bei etwa +1 %/Jahr. Die Wirtschaftsindikatoren BIP und Produktions- und Importpreisindex stagnierten zwischen 2000 und 2003, ab 2004 verzeichnen sie eine Zunahme. Die Motorfahrzeugbestände sind ein wichtiger Indikator für die Veränderung des Treibstoffverbrauchs. Die Anzahl der Personenwagen, aber auch der Motorfahrzeuge insgesamt, nahm während des Betrachtungszeitraums stetig zu. Trotz einer tendenziellen Abnahme der Zuwachsrates hat der Bestand an PW seit 2000 um 10 %, der Motorfahrzeugbestand sogar um 11.5 % zugelegt.

1 Heiztage werden gezählt, wenn die mittlere Tagestemperatur 12°C nicht überschreitet. Bei den Heizgradtagen werden diese Tage gewichtet mit der Differenz zwischen 20°C und der mittleren Tagestemperatur.

2 Kühltag werden gezählt, wenn die mittlere Tagestemperatur 18.3 °C überschreitet. Bei den Cooling Degree Days (CDD) werden die Kühltag mit der Differenz zwischen der mittleren Tagestemperatur und 18.3°C gewichtet.

| | Einheit | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | Quelle |
|---|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------------|
| 1. Allgemeine Bestimmungsfaktoren | | | | | | | | | |
| Heizgradtage | | 3081 | 3256 | 3135 | 3357 | 3339 | 3518 | 3246 | GEST |
| Cooling Degree Days | | 113 | 127 | 113 | 344 | 113 | 148 | 197 | eigene Berechnung |
| Bevölkerung (1) | Tsd | 7235 | 7285 | 7343 | 7405 | 7454 | 7501 | 7558 | BfS |
| BIP (Preise 2006) | Mrd. CHF | 448.6 | 453.3 | 454.7 | 453.9 | 464.3 | 473.3 | 486.2 | BfS, eigene Berechnung |
| Landesindex der Konsumentenpreise | Basis 2006 | 94.8 | 95.8 | 96.4 | 97.0 | 97.8 | 98.9 | 100.0 | BfS, eigene Berechnung |
| Produzenten- und Importpreisindex | Basis 2006 | 97.1 | 96.9 | 95.8 | 95.5 | 96.5 | 97.6 | 100.0 | BfS, eigene Berechnung |
| Gesamtwohnungsbestand | Tsd | 3575 | 3604 | 3638 | 3672 | 3710 | 3749 | 3792 | Wohnungszählung |
| Energiebezugsflächen | | | | | | | | | |
| - insgesamt | Mio. m2 | 629.7 | 638.7 | 645.1 | 651.6 | 657.9 | 663.6 | 670.4 | Wüest & Partner |
| - Wohnungen | Mio. m2 | 408.9 | 416.5 | 421.3 | 426.0 | 430.7 | 435.2 | 440.3 | Wüest & Partner |
| - Dienstleistungen | Mio. m2 | 138.6 | 139.7 | 140.9 | 142.3 | 143.5 | 144.6 | 145.7 | Wüest & Partner |
| Motorfahrzeugbestand insgesamt (2) | Mio. | 4.58 | 4.71 | 4.81 | 4.89 | 4.97 | 5.04 | 5.11 | BfS |
| Personenwagen | Mio. | 3.55 | 3.63 | 3.70 | 3.75 | 3.81 | 3.86 | 3.90 | BfS |
| 2. Energiepreise (real, Preisbasis 2006) | | | | | | | | | |
| a) Konsumentenpreise (3) | | | | | | | | | |
| Heizöl EL (3000-6000l) | CHF/100l | 53.6 | 49.0 | 42.4 | 45.3 | 51.6 | 70.9 | 79.1 | GEST, eigene Berechnung |
| Elektrizität | Rp./kWh | 19.2 | 19.2 | 19.0 | 18.5 | 18.1 | 17.5 | 16.5 | GEST, eigene Berechnung |
| Erdgas | Rp./kWh | 6.3 | 7.4 | 6.8 | 6.7 | 6.7 | 7.3 | 8.3 | GEST, eigene Berechnung |
| Holz | CHF/Ster | 43.9 | 43.6 | 44.1 | 44.5 | 44.8 | 43.1 | 48.7 | BfS, Holzpreisstatistik |
| Fernwärme | CHF/GJ | 16.1 | 19.1 | 18.7 | 18.4 | 17.9 | 18.7 | 20.3 | basierend auf Index BfS |
| Benzin | CHF/l | 1.48 | 1.41 | 1.34 | 1.35 | 1.43 | 1.55 | 1.64 | GEST, eigene Berechnung |
| b) Produzenten-/Importpreise (4) | | | | | | | | | |
| Heizöl EL (5) | CHF/100l | 41.4 | 37.1 | 31.7 | 35.1 | 42.0 | 59.7 | 67.5 | GEST, eigene Berechnung |
| Elektrizität | Rp./kWh | 18.2 | 18.1 | 17.9 | 17.7 | 17.1 | 16.2 | 15.9 | GEST, eigene Berechnung |
| Erdgas | Rp./kWh | 4.3 | 5.6 | 4.9 | 4.9 | 4.9 | 5.4 | 6.3 | GEST, eigene Berechnung |
| Kohle | CHF/t | 89.6 | 102.5 | 85.9 | 90.9 | 121.5 | 120.4 | 119.5 | BfS, eigene Berechnung |
| Diesel | CHF/100l | 122.0 | 117.2 | 112.4 | 116.2 | 124.0 | 141.5 | 146.5 | GEST, eigene Berechnung |

(1) mittlere Wohnbevölkerung, ohne Saisonarbeiter

(2) total Fahrzeuge, ohne Anhänger

(3) inklusive MwSt.

(4) ohne MwSt.

(5) gewichteter Durchschnitt der Preise ab Raffinerie und franko Grenze zuzüglich Carbura-Gebühr

Tabelle 2.3 Zentrale Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch.

- Die realen Energiepreise entwickelten sich in den Jahren 2000 bis 2006 unterschiedlich. Bei den Konsumentenpreisen sind einzig die Strompreise gesunken (-14 %). Die Preise der übrigen Energieträger sind angestiegen, am stärksten Heizöl (+46 %) und Erdgas (+31 %). Doch auch die Preise von Holz und Fernwärme haben um mehr als 10 % zugenommen. Im Gegensatz zu den anderen fossilen Energieträgern ist der Preisanstieg von Benzin mit +10.5 % relativ moderat. Die Preisanstiege verliefen nicht kontinuierlich. Einer kurzen allgemeinen Erholung der Energiepreise bis 2003 folgte ab Herbst 2004 ein kräftiger Anstieg. Die Preisbewegungen für Produzenten und Importeure sind vergleichbar, die relativen Preisanstiege waren indes grösser als bei den Konsumentenpreisen (HEL +63 %, Erdgas +46 %, Diesel +20 %). Bei den Konsumentenpreisen wirkten sich die bestehenden höheren Abgaben und Steuern dämpfend auf den Preisanstieg aus.

3 Gesamtagggregation

3.1 Bestimmung der Verwendungszwecke

Eine Verbrauchsanalyse nach Verwendungszwecken veranschaulicht, wie sich der Gesamtenergieverbrauch auf verschiedene "Aktivitäten" verteilt. Bei der vorliegenden Arbeit werden einerseits auf Ebene der Verbrauchssektoren die Verwendungszwecke möglichst detailliert aufgeschlüsselt und der Energieverbrauch einzelner Prozesse, Geräte-, Fahrzeug- oder Gebäudeklassen geschätzt. Grundlage dazu sind die sektoralen Bottom-up Modelle, in deren Struktur die verschiedenen Energieverbräuche mit ihren Verwendungszwecken nach Verbrauchseinheiten (z.B. beheizte Flächen, Fahrzeuge) abgebildet sind. Dabei gibt die jeweilige Modellstruktur die maximale Anzahl der unterscheidbaren Verwendungszwecke vor³. Andererseits besteht das Interesse an einer Gesamtagggregation, respektive einer Strukturierung des Energieverbrauchs nach übergeordneten Verwendungszwecken, die in mehreren Sektoren von Bedeutung sind. Um den Überblick zu erleichtern, ist dabei eine Begrenzung auf eine überschaubare Anzahl ausgewählter Verwendungszwecke angezeigt.

Die Auswahl der übergeordneten Verwendungszwecke ist in gewissem Ausmass willkürlich, da es dazu weder feste Regeln noch eine universale Liste von Verwendungszwecken gibt. Entsprechend pragmatisch ist der hier gewählte Ansatz. Berücksichtigt werden Verwendungszwecke, die zu einem grossen Anteil zum Gesamtverbrauch beitragen (Raumwärme, Prozesswärme, Mobilität, Prozesse und Antriebe). Als relevant betrachtet werden zudem Verwendungszwecke, welche zurzeit im gesellschaftlichen Fokus stehen (Beleuchtung, Information und Kommunikation (I&K)). Unterschieden wird bei der Gesamtagggregation auch der Verbrauch für Warmwasser sowie für Klima, Lüftung und Haustechnik. Andere Verwendungszwecke können aufgrund des Aufbaus der Bottom-up Modelle nicht berücksichtigt werden. Beispielsweise kann nicht in allen Modellen (z.T. aufgrund fehlender Daten) der Energieverbrauch für die Prozesse Waschen und Trocknen sowie für Kühlen und Gefrieren einzeln ausgewiesen werden. Tabelle 3.1 gibt einen Überblick über die Liste der berücksichtigten Verwendungszwecke und deren Verteilung auf die Verbrauchssektoren.

3 Bei Branchen, die durch einzelne grosse Unternehmen dominiert werden, ist der Datenschutz ein weiterer limitierender Faktor.

| Sektoren / Verwendungszwecke | PHH | Dienstleistungen | Industrie | Verkehr |
|---------------------------------------|-----|------------------|-----------|---------|
| Raumwärme | | | | |
| Warmwasser | | | | |
| Prozesswärme | | | | |
| Beleuchtung | | | | |
| Klima, Lüftung & Haustechnik | | | | |
| I&K inkl. Unterhaltungsmedien | | | | |
| Antriebe & Prozesse (inkl. Steuerung) | | | | |
| Mobilität / Traktionsenergie | | | | |
| sonstige | | | | |

Tabelle 3.1 Liste der bei der Gesamttaggregation berücksichtigten Verwendungszwecke sowie deren Verteilung auf die Verbrauchssektoren.

3.1.1 Abgrenzung der Verwendungszwecke

Beschrieben wird eine Aufteilung des Energieverbrauchs nach Verwendungszwecken auf Stufe des Endverbrauchs. Vor- und nachgelagerte Prozesse sowie indirekte Energieverbräuche (graue Energie) werden nicht berücksichtigt.

Der Verwendungszweck *Raumwärme* beinhaltet sowohl den Verbrauch der fest installierten Heizungsanlagen, als auch den Verbrauch mobiler Heizanlagen (Öfelis). Die Hilfsenergie für die Heiz- und Warmwasseranlagen (Steuerung, Pumpen) wird unter dem Verwendungszweck *Klima, Lüftung und Haustechnik* berücksichtigt. Verbräuche für elektronische Haushaltsvernetzung und Antennenverstärker werden ebenfalls unter diesem Verwendungszweck eingeordnet. *Prozesswärme* beinhaltet neben dem Wärmeverbrauch für industrielle und gewerbliche Arbeitsprozesse auch den Energieverbrauch der Kochherde (Dienstleistungen nur Gastronomiebereich) sowie die "übrige" Elektrowärme des Dienstleistungssektors. Diese "übrige" Elektrowärme berücksichtigt die Elektrowärme ohne den Verbrauch für Warmwasser und Raumwärme. Darunter fällt beispielsweise der Verbrauch von Heizbändern.

Die Trennung zwischen Unterhaltungsgeräten und Informations- und Kommunikationsgeräten ist nicht möglich, da Geräte wie Mobiltelefone, PC's, Notebooks im Allgemeinen multifunktionaler werden und eine eindeutige Zuordnung nicht mehr gegeben ist. Deshalb wird der Energieverbrauch von TV-, Video-, DVD-, Radio-

und Phonogeräten, Computern inklusive Peripherie, Mobiltelefonen, Telefonen und Funkantennen beim Verwendungszweck *I&K* berücksichtigt.

Der Verwendungszweck *Antriebe und Prozesse* subsumiert die Prozesse Waschen und Trocknen, Gefrieren und Kühlen, Arbeitshilfen, industrielle Fertigungsprozesse (mechanische Prozesse), landwirtschaftliche Prozesse (Melkmaschinen, Ventilatoren, Förderbänder, Gewächshäuser), aber auch die Tunnelbelüftung, und den Betrieb von Klär- und Beschneigungsanlagen. Alle übrigen Verbräuche werden unter *sonstige* berücksichtigt, darunter diverse elektrische Haushaltsgeräte und die zentralen Dienste aus dem Dienstleistungssektor.

3.1.2 Sektorale Abgrenzungen

(1) Die Gliederung des Energieverbrauchs nach Verwendungszwecken verwendet die national und international üblichen Wirtschaftssektoren Haushalte, Industrie, Dienstleistungen, Landwirtschaft und Verkehr. Die Energiestatistiken weisen neben den üblichen vier Wirtschaftssektoren den Sektor Verkehr aus, weil die Verwendung von Energie zu Verkehrszwecken nicht auf diese aufgeteilt werden kann. Die Gliederung des Energieverbrauches im Verkehr nach Verwendungszwecken hat denn auch nicht zum Ziel, den Energieverbrauch den einzelnen Wirtschaftssektoren zuzuordnen, sondern verwendet Bottom-up Informationen, um geeignete Verwendungszwecke abzubilden.

Der Verkehrssektor ist ein Querschnittssektor, in dem hier der gesamte verkehrsbedingte Traktionsenergieverbrauch subsumiert wird, inklusive des motorisierten Individualverkehrs und des internen Werkverkehrs⁴. Der Energieverbrauch für die Verkehrsinfrastruktur (Strassenbeleuchtung, Beleuchtung von Bahnhöfen, Tunnelbelüftung) wird hingegen dem Dienstleistungssektor zugerechnet. Ebenfalls auf den Dienstleistungssektor entfallen die Verbräuche der Hilfs- und Nebentätigkeiten für den Verkehr (inklusive Reisebüros) sowie der angegliederten Werkstätten und Verwaltungsgebäude.

In den schweizerischen Energiestatistiken ist der Sektor Landwirtschaft in der statistischen Differenz enthalten. In den hier verwendeten Modellen ist die Landwirtschaft dem Sektor Dienstleistungen zugeordnet.

(2) In den amtlichen Statistiken basieren die Einteilungen der Unternehmungen und ihrer Arbeitsstätten in Branchen auf dem

4 Gemäss NOGA zählt der interne Werkverkehr zum Industriesektor. Diesen internen Verbrauch zuverlässig vom externen Werkverkehr abzugrenzen ist jedoch kaum möglich, deshalb wird der gesamte Werkverkehr beim Verkehr subsumiert. Der motorisierte Individualverkehr (Privatverkehr) wird in der NOGA nicht berücksichtigt.

Betriebs- und Unternehmungsregister des Bundesamtes für Statistik. Damit ist der Vergleich von statistischen Auswertungen, beispielsweise Beschäftigung, Wertschöpfungen, Produktionsindex usw. gewährleistet. Die verwendeten Bottom-up Modelle im Dienstleistungs- und im Industriesektor orientieren sich an energierelevanten Grössen wie Technisierungsgrad oder Produktionsprozessen, aber auch an Brancheninformationen. Um eine ähnliche Branchenstruktur zu erhalten wie die amtlichen Statistiken, werden die verwendeten Informationen aufgrund des schweizerischen Branchenschlüssels NOGA auf die unterschiedlichen Branchen- bzw. Branchengruppen aufgeteilt. Eine vollständige Vergleichbarkeit mit den offiziellen Branchenstatistiken ist jedoch nicht gewährleistet.

(3) Eine Unschärfe besteht bei der Abgrenzung zwischen den Sektoren Private Haushalte und Dienstleistungen in Bezug auf die Zweit- und Ferienwohnungen. Die Zuordnung dieser Wohnungen in der GEST ist nicht vollständig zu klären. Methodisch sind die Zweitwohnungen den Privaten Haushalten, die gewerblich vermieteten Ferienwohnungen dem Dienstleistungssektor zuzurechnen. Die Aufteilung der Zweit- und Ferienwohnungsbestände, letztere überwiegen wohl zahlenmässig deutlich, ist nicht hinreichend genau bekannt. Deshalb werden wie bei den Arbeiten zu den Energieperspektiven alle Zweitwohnungen als Ferienwohnungen betrachtet. Entsprechend werden die im Haushaltsmodell ermittelten Energieverbräuche der Zweit- und Ferienwohnungen vom modellmässig ermittelten Gesamttraumwärmeverbrauch aller Wohnungen abgezogen und nicht im Haushaltssektor, sondern im Sektor Dienstleistungen ausgewiesen. Ebenfalls dem Dienstleistungssektor zugerechnet wird der Stromverbrauch der gemeinschaftlich genutzten Gebäudeinfrastruktur in Mehrfamilienhäusern (z.B. Gemeinschaftsbeleuchtung, Waschmaschinen und Tiefkühler im Keller). Die gesamte Menge die vom Haushaltsmodell in den Dienstleistungssektor "verschoben" wird, liegt im Bereich von 16 PJ, etwa die Hälfte davon ist Strom.

(4) Ein weiteres Abgrenzungsproblem entsteht durch das Einmieten von gewerblichen Unternehmen in Wohngebäude, beispielsweise durch die (vorübergehende) Verwendung von Wohnungen als Praxen, Büros oder Ateliers. Zudem gewinnt das "Home-Office" an zunehmend Bedeutung und verwischt die Grenze zwischen Wohnort und Arbeitsort. Hierzu liegen jedoch kaum belastbare Angaben vor. Dadurch wird die Qualität der verwendeten sektoralen Flächenbestandsdaten beeinflusst, eigene Anpassungen werden jedoch nicht vorgenommen. Verwendet werden die Angaben der Volkszählung und von Wüest & Partner zur Zuordnung der Flächen.

3.1.3 Witterungskorrektur und Vergleich mit der Gesamtenergiestatistik

(1) Die mit den Modellen generierten Verbrauchsschätzungen für den Heizwärme- und Warmwasserbedarf wurden einer zusätzlichen Witterungskorrektur unterzogen. Bei den ausgewiesenen Energieverbräuchen handelt es sich somit um effektive "IST-Verbrauchswerte". Dadurch können die Schätzwerte besser mit der amtlichen Statistik verglichen werden. Für die Umrechnung der witterungsneutralen Modellwerte in witterungsabhängige Werte wurde in den Sektoren Private Haushalte und Dienstleistungen das neue Verfahren zur Korrektur nach Temperatur und Strahlung angewandt (Prognos, 2003). Im Industriesektor wurde hingegen das herkömmliche Verfahren zur Korrektur mittels Heizgradtagen benutzt⁵. Um den Einfluss des Bereinigungsverfahrens auf die Modellresultate abschätzen zu können, wurden die Verbrauchswerte im Haushalts- und Dienstleistungssektor zusätzlich mit der traditionellen Witterungskorrektur mit Heizgradtagen berechnet. Die Unterschiede zwischen den beiden Verfahren für die Werte 2000 bis 2006 sind gering; das Verfahren mit einer Korrektur nach Temperatur und Strahlung ergibt tendenziell leicht höhere IST-Verbräuche.

Trotz der Witterungsbereinigung ergeben sich Differenzen zwischen den geschätzten Energieverbräuchen und der GEST 2006 (vgl. Tabellen 2.2 und 3.2). Die Gründe für die Differenzen liegen sowohl bei den Bottom-up Modellen, als auch bei der Energiestatistik. Die Modelle als vereinfachte Abbildungen der Wirklichkeit besitzen eine gewisse Unschärfe, da im Allgemeinen mit Durchschnittswerten gerechnet wird. Weitere Fehlerquellen liegen bei den erwähnten Abgrenzungsunschärfen, aber auch bei der Qualität der Inputdaten. Gewisse Unsicherheiten bestehen indes auch bei der amtlichen Statistik, insbesondere was die Veränderungen der Lagerbestände und die Zuordnung der Verbräuche auf die Sektoren betrifft.

(2) Um die Abweichungen gegenüber der GEST zu beschränken, sind die Modelle, oder deren Outputs, teilweise auf die Verbrauchswerte der GEST kalibriert. Dadurch ergibt sich eine durchschnittliche sektorale Abweichung im Jahr 2006 von weniger als 2 PJ (~1%). Hervorzuheben ist die seit 2000 anwachsende jährliche Differenz bei den Erdölbrennstoffen; bei diesen Energieträgern zeigen sich 2006 die grössten Differenzen von insgesamt rund 5.4 PJ.

Durch die Ausrichtung und Kalibrierung auf die Sektorverbräuche gemäss GEST, erfassen die Modelle nicht die in der GEST

5 Die Witterungskorrektur im Industriesektor ist von geringerer Bedeutung, da dort der Anteil der Raumwärme vergleichsweise gering ist.

ausgewiesene "statistische Differenz". Diese umfasst, abzüglich des im Dienstleistungssektor modellierten Verbrauchs der Landwirtschaft, eine Energiemenge von jährlich rund 10 PJ. Mit anderen Worten, da mit den Modellen der sektorale Energieverbrauch abgebildet werden soll, kann nicht gleichzeitig der Gesamtenergieverbrauch präzise abgebildet werden, da dieser zusätzlich zum Verbrauch der vier Sektoren die "statistische Differenz" umfasst, die keinem der Verbrauchssektoren verlässlich zugeteilt werden kann. Die statistische Differenz kann auch nicht dazu verwendet werden, um die Abweichung zwischen der GEST und den Modellen zu erklären, weil die Abweichung nicht in die entsprechende Richtung weist. Unter Berücksichtigung der statistischen Differenz ergibt sich auf der Ebene des Gesamtenergieverbrauchs zwischen der GEST und den Modellen eine noch etwas grössere Differenz von rund 18 PJ im Jahr 2006, was einer Abweichung von rund 2% entspricht.

(3) Ein zentraler Punkt in der Verbrauchsanalyse ist die Unterscheidung zwischen Absatz und inländischem Verbrauch. Die Gesamtenergiestatistik weist für den Bereich Verkehr in Anlehnung an internationale Manuals den Absatz von Treibstoffen aus. In der Gesamtenergiestatistik wird der gesamte in der Schweiz abgesetzte Treibstoff und die Elektrizität für den Strassen-, Flug-, Schiff- und Eisenbahnverkehr ausgewiesen. Damit sind in diesen Daten, vor allem im Personen- und Flugverkehr, der Tanktourismus und alle inländischen und ausländischen Flugzeugbetankungen auf schweizerischen Flugplätzen enthalten. Im Gegensatz dazu bildet das Verkehrsmodell den inländischen Verbrauch nach. Geschätzt werden der Energieverbrauch der inländischen Verkehrsteilnehmer im Strassen- und Off-road-Verkehr, der Energieverbrauch im schweizerischen Eisenbahnnetz und der Kerosinverbrauch für den inländischen Flugverkehr. Der Unterschied zwischen Absatzprinzip gemäss Gesamtenergiestatistik und dem inländischen Verbrauch ist in den Tabelle 3.2 und 3.3 aufgeführt. In der Verbrauchsanalyse nach Verwendungszwecken wird nur der inländische Verbrauch berücksichtigt.

3.2 Gesamtverbrauchsentwicklung nach Verwendungszwecken

Gesamtenergie

Tabelle 3.2 fasst den mit sektoralen Bottom-up Modellen geschätzten Energieverbrauch nach Verwendungszwecken für die Jahre 2000 bis 2006 zusammen. Der absolute Verbrauch hat für alle Verwendungszwecke zugenommen, der inländische Verbrauch ist um 32.1 PJ (+4.2 %) gestiegen. Deutlich angestiegen ist der Verbrauch für Prozesswärme (+6.3 PJ; +6.4 %), Prozesse und Antriebe (+3.6 PJ; +5.3 %), Beleuchtung (+2.3 PJ; +9.2 %) sowie Klima, Lüftung und Haustechnik (+1.9 PJ; +9.3 %). Der stärkste relative Anstieg ist mit 14.3 % (+2 PJ) bei den sonstigen Verbräuchen zu beobachten. Vorsicht ist geboten bei der Interpretation der Verbrauchsentwicklung für Raumwärme (+12.3 PJ; +4.6 %), da diese eng mit der jährlichen Witterung zusammenhängt.

| Verwendungszweck | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Raumwärme | 270.31 | 290.06 | 269.95 | 289.40 | 286.13 | 297.74 | 282.61 |
| Warmwasser | 43.72 | 43.55 | 43.79 | 44.12 | 44.20 | 44.45 | 44.37 |
| Prozesswärme | 98.50 | 100.39 | 100.35 | 100.77 | 101.30 | 102.33 | 104.83 |
| Beleuchtung | 24.83 | 25.25 | 25.46 | 25.85 | 26.28 | 26.68 | 27.13 |
| Klima, Lüftung & Haustechnik | 19.80 | 20.19 | 20.14 | 21.44 | 20.84 | 21.29 | 21.65 |
| I&K, inklusive Unterhaltungsmedien | 10.15 | 10.28 | 10.32 | 10.34 | 10.42 | 10.61 | 10.82 |
| Antriebe, Prozesse (inkl. Steuerung) | 67.72 | 68.47 | 68.13 | 68.36 | 69.49 | 70.56 | 71.34 |
| Mobilität Inland | 223.15 | 223.53 | 223.98 | 224.50 | 224.99 | 225.97 | 225.59 |
| sonstige | 13.94 | 14.11 | 14.90 | 15.37 | 16.05 | 15.95 | 15.93 |
| inländischer Endenergieverbrauch | 772.12 | 795.84 | 777.03 | 800.16 | 799.72 | 815.58 | 804.26 |
| sonstige Treibstoffe | 79.67 | 71.94 | 65.73 | 62.65 | 60.72 | 61.07 | 66.34 |
| Total Endenergieverbrauch | 851.79 | 867.78 | 842.76 | 862.82 | 860.44 | 876.66 | 870.60 |

Tabelle 3.2 Endenergieverbrauch 2000 bis 2006 nach Verwendungszwecken (in PJ).

Die prozentuale Aufteilung auf die Verwendungszwecke für das Jahr 2006 ist in Abbildung 3.1 wiedergegeben. Der Gesamtverbrauch wird dominiert von den Verbräuchen für Raumwärme (35.1 %) und Mobilität (28 %). Die mittelfristigen Verschiebungen der Anteile im Zeitrahmen zwischen 2000 und 2006 sind klein. Der Anteil der Mobilität hat leicht abgenommen (-0.9 %), andererseits haben die Anteile von Prozesswärme (+0.3 %), Beleuchtung (+0.2 %) und sonstige (+0.2 %) geringfügig zugenommen.

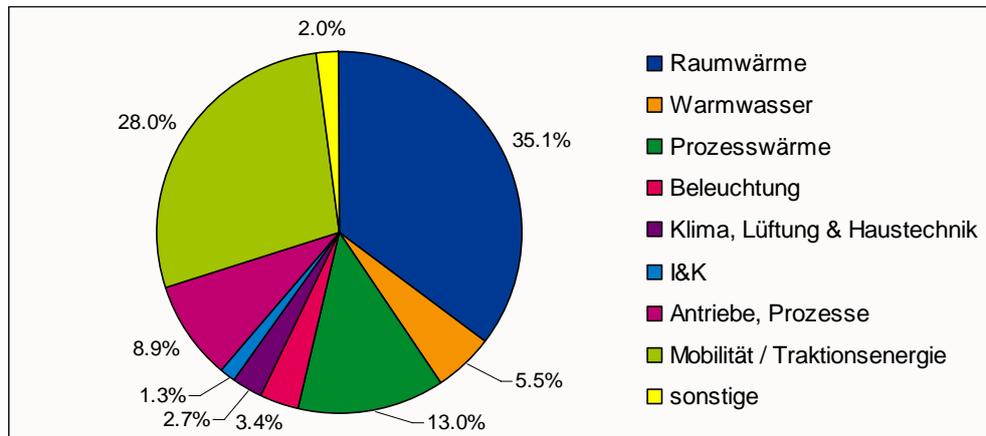


Abbildung 3.1 Relativer Anteil der ausgewählten Verwendungszwecke am Endverbrauch 2006.

Brenn- und Treibstoffe

Analog zur Tabelle 3.2 illustriert die Tabelle 3.3 den Brenn- und Treibstoffverbrauch von 2000 bis 2006 nach Verwendungszwecken. Entsprechend stellt Abbildung 3.2 die prozentuale Verteilung dieser Verbräuche auf die Verwendungszwecke im Jahr 2006 dar. Als Vereinfachung wurden die Verbräuche an Solar- und Umgebungswärme bei den Brenn- und Treibstoffen subsumiert. Diese Energieträger werden noch ausschliesslich für Raumwärme und Warmwasser eingesetzt, woran ihr Anteil lediglich etwa 1 % beträgt.

Die inländische Verbrauchsmenge an Brenn- und Treibstoffen hat seit 2000 um 14.6 PJ zugenommen (+2.5 %). Die Zunahme ist einerseits auf den witterungsbedingten Mehrverbrauch für Raumwärme zurückzuführen (+10 PJ), andererseits aber auch auf den deutlichen Verbrauchsanstieg für Prozesswärme (+ 4.3 PJ; +5.9 %). Geringfügig zugenommen haben auch die Verbräuche für Warmwasser, Antriebe und Prozesse sowie Mobilität. Diese Zunahmen liegen im Bereich von 0.1-1 PJ. Für die Verwendungszwecke Beleuchtung, Klima, Lüftung und Haustechnik sowie für I&K werden ausschliesslich Elektrizität, aber keine Brenn- und Treibstoffe eingesetzt.

| Verwendungszweck | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Raumwärme | 254.61 | 273.18 | 254.11 | 272.34 | 268.94 | 279.47 | 264.62 |
| Warmwasser | 34.93 | 34.79 | 35.02 | 35.26 | 35.33 | 35.57 | 35.45 |
| Prozesswärme | 72.66 | 73.97 | 73.79 | 73.68 | 73.78 | 74.55 | 76.95 |
| Beleuchtung | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Klima, Lüftung & Haustechnik | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| I&K, inklusive Unterhaltungsmedien | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Antriebe, Prozesse (inkl. Steuerung) | 1.82 | 1.84 | 1.75 | 1.74 | 1.76 | 1.79 | 1.87 |
| Mobilität Inland | 214.22 | 214.37 | 214.77 | 215.18 | 215.50 | 216.01 | 215.26 |
| sonstige | 7.39 | 6.97 | 7.11 | 6.89 | 7.07 | 6.50 | 6.03 |
| inländischer Endenergieverbrauch | 585.63 | 605.11 | 586.55 | 605.09 | 602.37 | 613.89 | 600.18 |
| sonstige Treibstoffe | 79.67 | 71.94 | 65.73 | 62.65 | 60.72 | 61.07 | 66.34 |
| Total Endenergieverbrauch | 665.30 | 677.06 | 652.28 | 667.75 | 663.09 | 674.97 | 666.52 |

Tabelle 3.3 Brenn- und Treibstoffverbrauch nach Verwendungszwecken (in PJ).

Wie beim Gesamtverbrauch entfällt auch beim Brenn- und Treibstoffverbrauch der Grossteil des Verbrauchs des Jahres 2006 auf die Verwendungszwecke Raumwärme (44.1 %) und Mobilität (35.9 %). Für Prozesswärme wurden 12.8 % des Verbrauchs aufgewendet. Die relativen Anteile der Verwendungszwecke am Brenn- und Treibstoffverbrauch haben sich in den Jahren 2000 bis 2006 kaum verschoben. Am bedeutendsten sind die Verschiebungen bei der Raumwärme (+0.6 %), Prozesswärme (+0.4 %) und der Mobilität (-0.7 %).

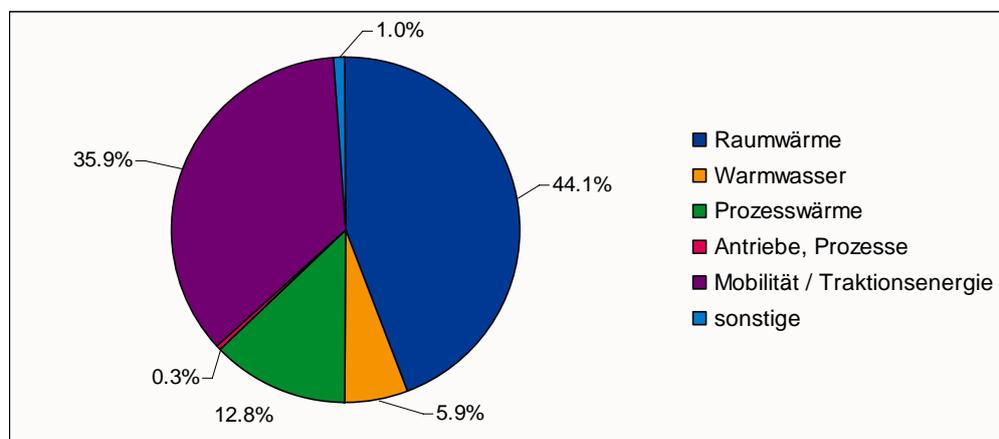


Abbildung 3.2 Prozentualer Anteil der Verwendungszwecke am Treib- und Brennstoffverbrauch 2006.

Elektrizität

Entwicklung und Aufteilung des Gesamtelektrizitätsverbrauch ist in Tabelle 3.4 und Abbildung 3.3 dargestellt. Der Verbrauch hat insgesamt um 17.6 PJ (+9.4 %) zugenommen. Die Zunahme

verteilt sich auf alle Verwendungszwecke. Den grössten Anstieg verzeichnen mit 3.6 PJ die Antriebe und Prozesse (+5.4 %) sowie die sonstigen Verwendungen mit 3.4 PJ (+51.1%). Stark angestiegen ist der Verbrauch auch in den Bereichen Prozesswärme (+2.1 PJ; +7.9 %), Beleuchtung (+2.3 PJ; +9.2 %), Klima, Lüftung und Haustechnik (+1.9 PJ; +9.3 %) und Mobilität (1.4 PJ; +15.5 %). Auch der witterungsbeeinflusste Verbrauch für Raumwärme ist 2006 um 2.3 PJ (+14.6 %) höher als im Jahr 2000.

| Verwendungszweck | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Raumwärme | 15.70 | 16.88 | 15.84 | 17.07 | 17.19 | 18.27 | 17.99 |
| Warmwasser | 8.78 | 8.77 | 8.77 | 8.86 | 8.88 | 8.88 | 8.92 |
| Prozesswärme | 25.84 | 26.43 | 26.55 | 27.09 | 27.52 | 27.78 | 27.89 |
| Beleuchtung | 24.83 | 25.25 | 25.46 | 25.85 | 26.28 | 26.68 | 27.13 |
| Klima, Lüftung & Haustechnik | 19.80 | 20.19 | 20.14 | 21.44 | 20.84 | 21.29 | 21.65 |
| I&K, inklusive Unterhaltungsmedien | 10.15 | 10.28 | 10.32 | 10.34 | 10.42 | 10.61 | 10.82 |
| Antriebe, Prozesse (inkl. Steuerung) | 65.90 | 66.64 | 66.38 | 66.62 | 67.73 | 68.77 | 69.47 |
| Mobilität Inland | 8.94 | 9.16 | 9.21 | 9.32 | 9.50 | 9.96 | 10.33 |
| sonstige | 6.55 | 7.14 | 7.80 | 8.48 | 8.99 | 9.45 | 9.90 |
| Total Endenergieverbrauch | 186.49 | 190.72 | 190.48 | 195.07 | 197.35 | 201.69 | 204.08 |

Tabelle 3.4 Elektrizitätsverbrauch der Jahre 2000 bis 2006 nach Verwendungszwecken (in PJ).

Der Elektrizitätsverbrauch verteilt sich homogener auf die verschiedenen Verwendungszwecke als der Brenn- und Treibstoffverbrauch. Der grösste Verbrauchsanteil entfällt auf die elektrischen Antriebe und Prozesse (34 %), gefolgt von der Prozesswärme (13.7 %), Beleuchtung (13.3 %) sowie Klima, Lüftung und Haustechnik (10.6 %). Auch beim Elektrizitätsverbrauch zeigen sich nur geringfügige relative Verschiebungen zwischen den Verbrauchsanteilen in den Jahren 2000 bis 2006. Die grösste Änderung weist der Verwendungszweck Prozesse und Antriebe auf, dessen Anteil am Stromverbrauch um 1.3 % gesunken ist.

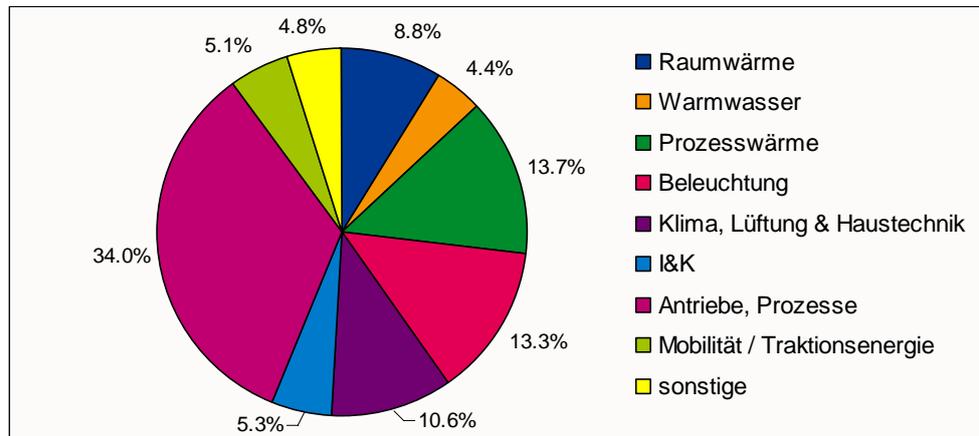


Abbildung 3.3 Prozentualer Anteil der Verwendungszwecke am Elektrizitätsverbrauch 2006.

Die Aufteilung des Endenergieverbrauchs nach Verwendungszwecken und Verbrauchssektoren ist in Tabelle 3.5 dargestellt. Die entsprechende prozentuale Aufteilung nach Verbrauchssektoren im Jahr 2006 ist in Abbildung 3.4 illustriert. Die Verbräuche für Raumwärme und Warmwasser fallen hauptsächlich im Haushaltssektor an. Die Verbräuche für Prozesswärme, Antriebe und Prozesse (Mechanische Prozesse) werden durch den Industriesektor dominiert, während die Verbräuche für Beleuchtung, Klima, Lüftung und Haustechnik sowie in geringerem Ausmass auch der Verbrauch für I&K durch den Dienstleistungssektor bestimmt werden. Die Verbräuche für Mobilität und Traktionsenergie fallen hingegen definitionsgemäss fast ausschliesslich im Verkehrssektor an. Ausnahme sind hier die Verbräuche von Transportmitteln im Industriesektor, die nicht als eigentlicher Verkehr betrachtet werden können, z.B. Gabelstapler oder Förderbänder.

| Verwendungszweck | Haushalte | Dienstleistungen | Industrie | Verkehr | Summe |
|--|-----------|------------------|-----------|---------|--------|
| Raumwärme | 183.5 | 76.5 | 22.7 | 0.0 | 282.6 |
| Warmwasser | 32.0 | 8.9 | 3.5 | 0.0 | 44.4 |
| Prozesswärme | 5.5 | 2.4 | 96.9 | 0.0 | 104.8 |
| Beleuchtung | 6.4 | 14.9 | 5.8 | 0.0 | 27.1 |
| Klima, Lüftung & Haustechnik | 2.6 | 18.0 | 1.1 | 0.0 | 21.6 |
| I&K (inkl.Unterhaltung) | 6.0 | 4.1 | 0.7 | 0.0 | 10.8 |
| Antriebe, Prozesse | 14.1 | 17.8 | 39.4 | 0.0 | 71.3 |
| Mobilität / Traktionsenergie | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 225.5 | 225.6 |
| sonstige | 7.4 | 2.5 | 6.0 | 0.0 | 15.9 |
| Total inländischer Endenergieverbrauch | 257.5 | 145.1 | 176.1 | 225.5 | 804.3 |
| in % des Gesamtverbrauchs | 32.0% | 18.0% | 21.9% | 28.0% | 100.0% |

Tabelle 3.5 Aufteilung des inländischen Endenergieverbrauchs 2006 nach Verwendungszweck und Verbrauchssektor (in PJ).

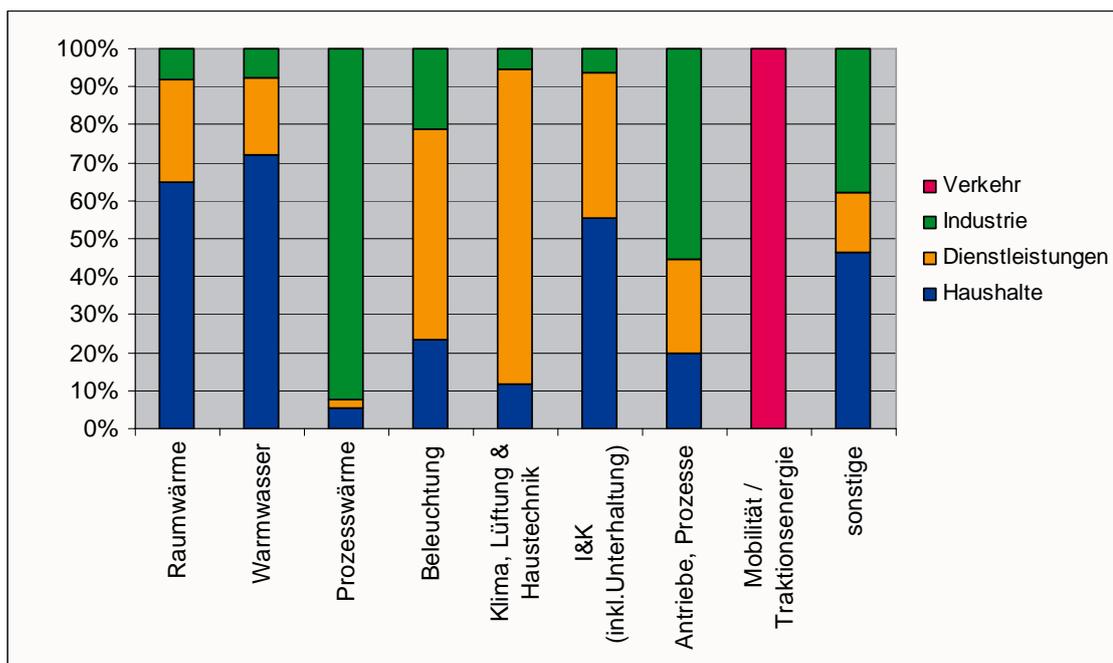


Abbildung 3.4 Relative Verteilung der Energieverbräuche des Jahres 2006 für die einzelnen Verwendungszwecke auf die Verbrauchssektoren.

4 Sektorale Analysen

Die Basis für die sektoralen Analysen des Energieverbrauchs nach Verwendungszwecken bilden die erprobten Modellansätze, welche sowohl in den bisherigen Energieperspektiven, als auch bei den Arbeiten im Rahmen der jährlichen ex-post-Analysen des Energieverbrauchs nach Bestimmungsfaktoren eingesetzt wurden. Für die vorliegende Arbeit wurden die Inputdaten aktualisiert sowie teilweise die Modelle erweitert und der Fragestellung angepasst. Die entsprechenden Neukalibrierungen führten an einzelnen Stellen zu geringfügigen Abweichungen zu den bisherigen Veröffentlichungen.

4.1 Private Haushalte

4.1.1 Methodik und Daten

(1) Das verwendete Haushaltsmodell integriert Ergebnisse aus neueren ergänzenden Prognos-Arbeiten, etwa zum Holzenergieverbrauch der Privathaushalte, wie auch zur Witterungsabhängigkeit des Energieverbrauchs von Haushalten, Gewerbe, Dienstleistungen und Industrie (Prognos, 2003). Ebenso werden die neueren Untersuchungsergebnisse von CEPE-Arbeiten berücksichtigt und integriert, darunter Arbeiten von M. Jakob im Rahmen dieses Projektes zum Erneuerungsverhalten und zu den Grenzkosten energieeffizienterer Neubauten und Erneuerungen wurden berücksichtigt (Jakob und Jochem, 2003; Jakob et al., 2004). Diese Arbeiten erforderten im Rahmen der Energieperspektiven eine Neukalibrierung des Raumwärmemoduls, da sich dadurch die gebäude- und altersklassenspezifischen Heizwärmebedarfe gegenüber den Annahmen in den letzten ex-post-Analysen verändert haben.

Vollständig integriert wurden auch die Ergebnisse der nunmehr seit 2002/2003 vorliegenden detaillierten Marktzugangsdaten von Haushaltsgeräten und von Geräte der Unterhaltungselektronik/ Informations- und Kommunikationstechnik (IT), die in den jährlichen Erhebungen der FEA/eae bzw. SWICO- Marktstatistiken erfasst werden⁶. Diese Statistiken erfassen den Marktzugang nach differenzierten Gerätekategorien und Effizienzklassen. Damit war bzw. ist eine bessere Abschätzung der mittleren Neugeräteverbräuche verbunden, die teilweise auch Neueinschätzungen bzw. Neukalibrierungen in den Bestandsrechnungen erforderlich

6 FEA: Fachverband Elektroapparate für Haushalt und Gewerbe. eae: Energie- Agentur Elektrogeräte. SWICO: Schweizerische Wirtschaftsverband der Informations-, Kommunikations- und Organisationstechnik.

machte⁷. Bezüglich der Verbreitung und Nutzung von IT-Geräten wie Computer, Drucker etc., aber auch bezüglich Haushaltsgeräten und Lichtbedarf, wurden aktuelle Informationen (Medienanalysen, VSE-Stromverbrauchserhebung 2005) integriert. Leider stehen die detaillierten Statistiken der Schweizerischen Lichtgesellschaft (SLG) zu den Absatzzahlen an Lampen und Vorschaltgeräten nach Effizienzkatégorien noch nicht zur Verfügung, weswegen hier noch eine vergleichsweise hohe Unsicherheit herrscht.

(2) Der grundsätzliche Aufbau des Analysemodells für den Endenergieverbrauch der Privathaushalte ist für die einzelnen Teilsegmente Raumwärme, Warmwasser, Kochen und Elektrogeräte identisch. Der Bottom-up-Ansatz zerlegt den Energieverbrauch in zwei Hauptkomponenten: Mengenkomponente und spezifische Verbrauchskomponente. Beide Komponenten werden ihrerseits analytisch disaggregiert und – je nach Verwendungszweck der Energieverbräuche – in eine unterschiedlich grosse Zahl an "dahinter liegenden" Einflussfaktoren aufgespalten.

(3) Im Bereich Raumwärme wird mit einem durchgängigen Jahresmodell gerechnet. Das Modell umfasst derzeit in Jahresritten den Gebäudebestand der Baualtersklassen 1888-2006. Durchgängig heisst hier, dass alle relevanten Parameter – Ausgangsbestände, Zugänge, Abgänge, Substitutionen, energetische Qualitätskriterien – als jahresweise Inputs in das Modell eingehen. Kalibrierungspunkte sind die Gebäude und Wohnungszählungen 1990 und 2000.

(4) Der Gebäudebestand des Jahres 1990 aus der Volks- bzw. Gebäudezählung dient (zusammen mit den Erhebungen aus den Jahren 1970 und 1980) dabei einerseits als Ausgangspunkt für die Aufspaltung des Gebäudealtbestandes auf Einzeljahre für das ex-post-Baualter. Andererseits wird, mit Hilfe einer ex-post-Prognose aus den Volkszählungsergebnissen (1990 und 2000) abgeleiteten Überlebenswahrscheinlichkeiten sowie den aus der Baustatistik verfügbaren Baufertigstellungen 1991-2000, der Gebäudebestand des Jahres 2000 prognostiziert. Dabei wurden die Abweichungen zwischen ex-post-Prognose 1990-2000 und dem tatsächlichen Gebäude- bzw. Wohnungsbestand, der ja durch die Volks- bzw. Gebäudezählung 2000 nach den gegebenen Baualtersklassen bekannt ist, minimiert. Sowohl bezüglich der Wohnungszahl als auch der Wohnflächen liegen die altersklassenspezifischen Fortschreibungsfehler zwischen ex-post-Prognose und Volkszählungsergebnis in 2000 bei allen Gebäudetypen (Wohnungen bzw. Wohnflächen in Ein- und Zweifamilienhäusern, in Mehrfamilienhäusern mit drei und mehr Wohneinheiten und in sonstigen

7 Bereits bei den Arbeiten zu den Energieperspektiven wurden die Daten der FEA/eaE Erhebungen berücksichtigt. Für die vorliegende Analyse nach Verwendungszweck wurden diese Daten mit der aktuellsten Erhebung ergänzt.

Gebäuden mit Wohnungen) deutlich unterhalb von 1 %. Folglich kann von einer sehr guten Übereinstimmung der ex-post-Prognose mit der statistischen Wirklichkeit gesprochen werden.

(5) Neben den Gebäudetypen und den Baualtersklassen differenziert das Modell gleichzeitig nach Heizsystemen und Energieträgern. Unterschieden werden dabei die Einzelheizungen mit den Energieträgern Elektrizität, Öl, Gas, Holz und Kohle, Etagen-/Zentralheizungen mit den Energieträgern Elektrizität, Öl, Gas, Holz, Kohle, Fernwärme, Wärmepumpen und Solarheizung. Aus den Ergebnissen der Volks- bzw. Gebäudezählungen 1980, 1990 und 2000 lassen sich die Substitutionen nach Ausmass und Richtung ableiten, und zwar sowohl bezüglich der Heizsysteme als auch der Energieträger.

Die bereits erwähnte ex-post-Prognose des Wohnungs- und Wohnflächenbestandes umfasst auch die Heizsysteme und die Energieträger. Der Fortschreibungsfehler ist hier etwas grösser, liegt aber im Allgemeinen im Bereich von unter 1 Prozent, wenn man die Abweichungen in den einzelnen Gebäudetypen, Heizsystemen und Energieträgern betrachtet. Nimmt man die Dimension Gebäudealter dazu, werden die Abweichungen in den einzelnen Matrixfeldern etwas grösser⁸.

Durch die ex-post-Prognose ist es gelungen, ausgehend vom Gebäudebestand 1990, den erfassten Zugängen, empirisch ermittelten Abgangsraten und Substitutionsbewegungen den Wohnungs- bzw. Wohnflächenbestand des Jahres 2000, wie er in der Volkszählung 2000 ermittelt wurde, mit sehr guter Übereinstimmung zu modellieren.

(6) Da auch die Art der Belegung der Wohnungen bzw. Wohnflächen (dauerhaft bewohnte Erstwohnung, zeitweise bewohnte Zweit- und/oder Ferienwohnung, nicht bewohnte Wohnung) energetisch von Bedeutung ist, wird bei der Ermittlung des Energieverbrauchs auch nach diesem Kriterium differenziert, allerdings nicht im Hinblick auf das Baualter, sondern „nur“ in Hinblick auf den Gebäudetyp, das Heizsystem und den zugehörigen Energieträger. Der Altersstruktureffekt wird hier summarisch in Form gewichteter Mittelwerte berücksichtigt⁹. Die Berücksichtigung des Kriteriums Belegungsart ist angebracht, weil

8 Ein Matrixfeld umfasst einen Gebäudetyp mit einer bestimmten Baualtersklasse und einem Heizsystem mit zugehörigem Energieträger.

9 An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass abweichend von der Volkszählung die Zahl der dauernd bewohnten Erstwohnungen in Abstimmung mit Wüest & Partner geringfügig erhöht wurde (die der Zweit- und Ferienwohnungen wurde entsprechend reduziert), weil die Zahl der Erstwohnungen in Relation zur VZ-Anzahl Privathaushalte zu niedrig scheint. Eine zweite kleine Korrektur betrifft den Wohnungsbestand der Baujahre 1991-2000. Hier stimmt die Gesamtzahl der neu erstellten bzw. im Bestand vorhandenen Wohnungen zwischen Baustatistik und Volks-/Gebäudezählung zu 100 Prozent überein, allerdings nicht innerhalb der beiden 5-Jahresteilräume 1991/95 und 1996/00. Deshalb wurden hier die VZ-Ergebnisse an die Daten der Baustatistik angepasst.

zum einen Zweit- und Ferienwohnungen eine von den dauerhaft bewohnten Wohnungen ("Erstwohnungen") abweichende Beheizungsstruktur (relativ gesehen deutlich mehr Elektrizität und Holz als Energieträger) als auch ein von den dauernd bewohnten Erstwohnungen abweichendes Nutzerverhalten aufweisen (abgesehen von den unterschiedlichen durchschnittlichen Wohnungsgrößen, Gebäudetypen und Baualtersklassen), zum anderen Leerwohnungen und Zweit-/ Ferienwohnungen weniger intensiv beheizt werden als die ständig bewohnten Erstwohnungen.

Darüber hinaus wird die energetisch gleichfalls bedeutende Nutzung zusätzlicher Energieträger (2. und 3. Energieträger neben dem eingesetzten Hauptenergieträger) für die Raumheizung (im Wesentlichen gleichfalls Holz und Elektrizität) bei der Berechnung der Beheizungsstrukturen berücksichtigt. Dies führt gegenüber der ausschliesslichen Betrachtung der Hauptenergieträger zu einer realitätsnäheren Einschätzung der Bedeutung vor allem von Holz und Elektrizität.

(7) Jedes Gebäude bzw. jede Wohnung hat mit der Baufertigstellung einen bestimmten nutzerunabhängigen Heizwärmebedarf, um die (Netto-)Wärmeverluste zwischen (niedrigerem) Aussen-temperaturniveau und (höherem) Innentemperaturniveau auszugleichen, determiniert ausschliesslich durch die energetische Qualität der Bausubstanz.

Beginnend – je nach Gebäudetyp, Nutzung und Zustand - etwa 10 bis 20 Jahre nach der Baufertigstellung werden die Gebäude bzw. einzelne Gebäudeteile (Aussenwand, Dach, Fenster/Türen, Kellerdecken) dann mit zunehmendem Alter einer Sanierung/Erneuerung unterzogen, wobei allerdings nur der Teil der Sanierungen/Renovierung auf breiter Basis statistisch erfasst ist (die Wohnungs- und Gebäudezählungen erfassen Wert erhöhende Massnahmen). Nicht auf breiter Basis erfasst und auch nicht exakt davon trennbar sind die energetischen Erneuerungen/Sanierungen.

Gebäudetyp- und baualtersklassenspezifische Informationen zu den Sanierungen insgesamt und zu den energetischen Sanierungen wurden mit Hilfe der Wüest & Partner-Daten (renovierte/energetisch sanierte Gebäude) und der aus der o.a. empirischen CEPE-Untersuchung zum Erneuerungsverhalten (auf Bauteilebene) gewonnen. Die vergangene und zukünftige Entwicklung der energetischen Erneuerungsraten und der spezifischen Verbrauchsreduktionen bei Sanierungen wurden auf Bauteilebene gerechnet, in die betroffene Energiebezugsfläche transformiert und anhand der in der Wüest & Partner-Untersuchung aufgeführten Veränderungen der energetischen Sanierungsaktivitäten kalibriert (Berechnungen durch CEPE) und in das vorliegende Modell integriert (Berechnungen durch Prognos).

Die Ausgangswerte für die energetische Qualität der Gebäude bzw. der darin befindlichen Wohnungen - diese umschreibt der Heizwärmebedarf - wurden auf der Basis verfügbarer gebäude- und altersklassenspezifischer Informationen zu den U-Werten der Bauteile abgeleitet. Hier ergab sich aufgrund der neueren Informationen auf Basis der Untersuchungen von M. Jakob (s. oben) gegenüber den bisherigen Informationen ein Korrekturbedarf: neue Gebäude weisen einen geringeren, ältere Gebäude dagegen einen höheren spezifischen Heizwärmebedarf als bisher angenommen auf.

(8) Abstrahiert man von Veränderungen des Nutzungsverhaltens, so ist der Heizwärmebedarf der Gebäude bzw. Wohnungen abhängig von einer Vielzahl an baulichen Einflussfaktoren, von denen hier nur auf die differenzierenden Faktoren Gebäudetyp, Baualterklasse, (energetische) Erneuerungshäufigkeit und (energetische) Erneuerungseffizienz/-erfolg eingegangen wird. Erneuerungshäufigkeit oder Erneuerungsrate meint dabei die Häufigkeit/ Wahrscheinlichkeit, mit der ein Gebäude eines bestimmten Baualters (ganz oder teilweise) energetisch verbessert wird. Erneuerungseffizienz/-erfolg bezeichnet die relative Verbesserung des Heizwärmebedarfs durch die Erneuerung/Sanierung. Entscheidend für die Veränderung des Energieverbrauchs durch die Erneuerungen insgesamt ist stets das Produkt aus den beiden Größen Erneuerungshäufigkeit und Erneuerungseffizienz/-erfolg. Zusammen mit der technischen Effizienz des Heizsystems, dem Nutzungsgrad der Heizanlage, ergibt sich der Heizenergiebedarf.

(9) Die für die Warmwasserbereitung eingesetzten Systeme und Energieträger werden gleichfalls aus den vorhandenen Daten der Volks- und Gebäudezählung ermittelt. Da die eingesetzten Systeme im Sommer und Winter unterschiedlich sein können (beispielsweise weil im Sommer eine heizungsunabhängige Wärmebereitstellung und im Winter eine an die Heizanlage gekoppelte Wärmeerzeugung verwendet wird) und diese in der Realität auch häufig sind, werden im Modell die über das Jahr gemittelten Erzeugerstrukturen verwendet.

Bei der Warmwasserbereitung wird differenziert nach den Systemen zentral und dezentral einerseits und den genutzten Energieträgern andererseits. Zentrale Warmwassersysteme für das ganze Gebäude oder zumindest für eine ganze Wohnung führen zu einem höheren Warmwasserverbrauch als dezentrale Systeme mit einer oder wenigen einzelnen Zapfstellen (z.B. in Küche und/oder Bad). Bei den dezentralen oder Einzelsystemen sind handhabungsbequeme Energieträger wie Elektrizität oder Gas mit höheren spezifischen Verbräuchen verbunden als etwa die vergleichsweise unbequemen Energieträger Holz oder Kohle. Die Modellierung des Verbrauchs berücksichtigt dies in Form von unterschiedlichen spezifischen Verbräuchen pro Einwohner. Die Mengenkomponekte ergibt sich hier aus den Anteilen der Be-

völkerung, die über die unterschiedlichen Systeme und Energieträger mit Warmwasser versorgt werden.

(10) Der Energieverbrauch für das Kochen und für die im Haushalt genutzten elektrischen Geräte und Apparate werden gleichfalls über Mengen- und spezifische Verbrauchskomponenten modelliert. Beim Kochen und Backen werden getrennt erfasst die elektrischen Kochherde (inklusive Streamer), Gaskochherde und Holzkochherde. Der weitaus grösste Teil der Haushalte nutzt Elektroherde, ein leicht abnehmender Teil Gasherde und ein sehr kleiner stark abnehmender Teil Holzherde. Der spezifische technische Verbrauch von Herden (und Backöfen) nimmt ex-post leicht ab. Wegen der grossen Bedeutung der Elektroherde für das Kochen und den Energieverbrauch wird hier ein Jahres-Kohortenmodell verwendet. Berücksichtigt wird auch, dass im Bereich des Kochens Substitutionen stattfinden (durch die Nutzung weiterer Geräte wie Mikrowelle, Grill, Elektrokocher etc., aber auch durch Ausser-Haus-Verpflegung, etwa bei Single- und 2-Personen-Haushalten, deren Anteil an allen Haushalten steigt).

(11) Für die elektrischen Grossverbraucher Kühl- und Gefriergeräte, Waschmaschinen, Tumbler und Geschirrspüler werden die Durchschnitts- und Gesamtverbräuche des Bestandes mithilfe von Jahres-Kohortenmodellen ermittelt. Ausgehend von den jährlichen Marktzugängen, den technischen Verbesserungen im spezifischen Energieverbrauch und Annahmen zur Lebensdauer sowie weiterer Faktoren (z.B. verbrauchserhöhende Alterungseffekte bei Kühl- und Gefriergeräten durch nachlassende Dichtungen), werden die Verbräuche altersklassenbestandsgewichtet berechnet.

Zusätzlich wird berücksichtigt, dass die Haushalte im Durchschnitt immer kleiner werden, was in geringem Masse auf die spezifischen Verbräuche Einfluss nimmt. Auch der gegenteilige Effekt ist aber möglich: so ist vermutlich der tatsächliche spezifische Verbrauch der Wasch- und Trocknungsgeräte höher als es die rein technische Entwicklung des spezifischen Verbrauchs anzeigt, weil ein zunehmender Teil der Wasch- und Trocknungsleistungen mit unterdurchschnittlicher Geräteauslastung erbracht wird.

Die wahrscheinliche mittlere Lebensdauer wird durch Minimierung der Abweichungen zwischen den Soll-Gerätebeständen (ermittelt über haushaltsgrössenklassenspezifische Ausstattungsquoten) und den durch das Kohortenmodell resultierenden berechneten Gerätebeständen ermittelt. Gegenüber den bisherigen Informationen ist durch die erstmals für 2002 und 2003 von der FEA/eaee durchgeführte Absatzerhebung an Grossgeräten nach den Energieverbrauchskategorien A, B, C...G die Datenbasis bis zum Jahr 2006 deutlich verbessert worden, was an der einen oder anderen Stelle zu Modifikationen in den Annahmen gegenüber den letzten ex-post-Analysen geführt hat.

(12) Die Energieverbräuche der mittelgrossen elektrischen Geräte im Haushalt (TV, Computer, Radio, Kaffeemaschinen, Staubsauger, Bügeleisen etc.) werden einzeln berechnet. Hierzu werden, abhängig vom verfügbaren Datenmaterial, mehr oder weniger disaggregierte Informationen aufbereitet und verwertet: bei TV wird beispielsweise differenziert nach Bildschirmgrösse, CRT-, Flachbildschirm und (Rück-)Projektionstechniken, stand-by- und Betriebszeiten, oder bei Computern zwischen Desktop- Rechnern und Notebooks mit zugehöriger Peripherie (Drucker, Scanner, Internet etc.). Auch hier werden für die wichtigsten Geräte Kohortenansätze eingesetzt.

Die ausgewiesenen Verbräuche sind dabei teilweise aggregierte gewogene Mittelwerte aus mehreren Einzelgeräten. Die seit wenigen Jahren verfügbaren SWICO – Erhebungen zu den Geräteverkäufen und den spezifischen technischen Leistungsaufnahmen von TV, VCR/DVD, PC, Notebooks etc. werden zeitnah in die Modelle eingearbeitet. Deutlich angehoben wurden gegenüber den letzten ex-post-Analysen die Annahmen über die Nutzungsintensitäten von Geräten der Informations- und Kommunikationstechnik, da neuere Erhebungen und Analysen (EU-Nutzerprofile, Nutzungsintensitäten von PC und Internet, VSE-Erhebung Haushaltsstromverbrauch) auf eine deutlich intensivere Verbreitung und Nutzung schliessen lassen als bisher unterstellt.

(13) Im Bereich Beleuchtung wird versucht, die technische Entwicklung und das Nutzerverhalten zu berücksichtigen. Modelliert wird die Substitution von konventionellen Ohm'schen Glühlampen durch Energiesparttechnologien, die Substitution weniger effizienter Halogentechniken durch effizientere Halogentechniken und die technischen Fortschritte bei den Energiesparlampentechnologien insgesamt. Kompensatorisch – weil verbrauchserhöhend – wirken das Wachstum der Wohn- bzw. Energiebezugsflächen und der spezifisch steigende Lichtbedarf. Für den Bereich Licht sollten in 2005 erstmalig auch detaillierte Angaben zur Marktstatistik (Verkäufe nach Typen und Effizienzklassen, nach Einsatzgebieten etc.) seitens der Schweizerischen Lichtgesellschaft zur Verfügung gestellt werden. Leider konnten diese Informationen aber bisher nicht zur Verfügung gestellt werden. Die VSE-Erhebung 2005 liefert jedoch Hinweise auf einen höheren Lichtverbrauch als bisher unterstellt (VSE, 2005).

(14) Die Verbräuche der Vielzahl der kleinen (oder wenig genutzten) Elektrogeräte (von der elektrischen Zahnbürste bis hin zum elektrischen Rasenmäher, zu Elektrowerkzeugen oder zum beleuchteten und temperierten Aquarium/Terrarium im Haushalt) werden in Form eines Aggregats sonstige Verbräuche erfasst. Dieses Verbrauchssegment wächst überdurchschnittlich, wegen der Vielzahl neuer kleiner Geräte im Bereich der Information und Kommunikation, aber auch im Bereich Küchen- und Haushaltskleingeräte.

(15) Sowohl für den Gebäude- wie auch den Gerätepark sind damit wichtige Basisannahmen für den Zeitraum 2000-2006 statistisch abgesichert, so dass der abgebildete ex-post-Zeitraum 2000-2006 zeitnah und weitgehend sicher dargestellt werden kann.

(16) Das Haushaltsmodell erfasst alle Energieverbräuche des Bereiches Wohnen und alle Elektrizitätsverbräuche, soweit diese dem Bereich Haushalte zuzuordnen sind. Abgrenzungsprobleme betreffen in diesem Zusammenhang zum einen den Energieverbrauch der Zweit- und Ferienwohnungen, zum anderen den Elektrizitätsverbrauch von Haushaltsgeräten/- einrichtungen, die über Gemeinschaftszähler erfasst werden und die kostenseitig im Allgemeinen per Umlage auf die betroffenen Haushalte verteilt werden (vgl. Kapitel 3.1).

Die im Haushaltsmodell ermittelten Energieverbräuche der Zweit- und Ferienwohnungen werden von geschätzten Gesamttraumwärmeverbrauch aller Wohnungen abgezogen und dem Dienstleistungssektor zugerechnet. Der Elektrizitätsgemeinschaftsverbrauch in Mehrfamilienhäusern, dazu zählen die Gemeinschaftsbeleuchtung, Waschmaschinen an Gemeinschaftszählern, Tiefkühler im Keller, der Hilfsenergieverbrauch von Pumpen, Brennern, Gebläsen und der Verbrauch von Antennenverstärkern wird ebenfalls nicht den Privaten Haushalten, sondern dem Dienstleistungssektor zugerechnet. Der Verbrauch in Leerwohnungen ist hingegen bei den Privaten Haushalten berücksichtigt. Da es sich bei einem Teil der Leerwohnungen um Mietwohnungen handelt, könnte der anteilige Verbrauch auch im Dienstleistungssektor ausgewiesen werden. Verlässliche Angaben zur Abschätzung dieses Anteils sind jedoch nicht gegeben. Zudem ist die jährliche Verbrauchsmenge die zur Beheizung der Leerwohnungen eingesetzt wird gering, sie liegt im Bereich von 1-1.5 PJ. Dies entspricht einem Anteil von knapp 0.5 % des Heizenergieverbrauchs der Privaten Haushalte. Der Elektrizitätsgemeinschaftsverbrauch in Mehrfamilienhäusern, inklusive der leerstehenden, wird wie erwähnt im Dienstleistungssektor ausgewiesen.

4.1.2 Verwendungszwecke der Privaten Haushalte

Eine Übersicht über den Energieverbrauch der Privaten Haushalte nach Verwendungszwecken ist in Tabelle 4.1 und Abbildung 4.1 gegeben. Der Gesamtverbrauch hat in den Jahren 2000 bis 2006 um 16.6 PJ zugenommen (+6.9 %). Der Grossteil dieser Zunahme ist auf den witterungsabhängigen Verbrauch für Raumwärme zurückzuführen (+10.9 PJ; 6.4 %). Das Jahr 2000 war mit 3081 HGT das Wärmste der sieben Jahre, folglich relativiert sich die Zunahme des Heizenergieverbrauchs. Stark zugenommen hat

aber auch der Verbrauch für die sonstigen Verwendungen (2.8 PJ; 60.7 %).

| Verwendungszwecke | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | Anteil 2006 |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|
| Raumwärme festinstalliert | 170.61 | 183.95 | 171.21 | 183.95 | 182.30 | 190.56 | 181.46 | 70.5% |
| Heizen Öfelis | 1.69 | 1.78 | 1.61 | 1.68 | 1.75 | 1.97 | 2.02 | 0.8% |
| Heizen Hilfsenergie | 1.95 | 2.10 | 1.95 | 2.11 | 2.10 | 2.20 | 2.11 | 0.8% |
| Warmwasser | 32.01 | 31.90 | 31.85 | 32.11 | 32.01 | 32.07 | 31.99 | 12.4% |
| Kochherde | 5.56 | 5.55 | 5.55 | 5.55 | 5.54 | 5.54 | 5.54 | 2.2% |
| Geschirrspülen | 1.82 | 1.83 | 1.83 | 1.84 | 1.84 | 1.85 | 1.84 | 0.7% |
| übrige elektr. Kochgeräte | 1.42 | 1.46 | 1.50 | 1.54 | 1.59 | 1.64 | 1.71 | 0.7% |
| Kühlen, Gefrieren | 7.04 | 7.05 | 7.07 | 7.10 | 7.11 | 7.12 | 7.12 | 2.8% |
| Waschen, Trocknen | 2.54 | 2.66 | 2.79 | 2.95 | 3.10 | 3.32 | 3.44 | 1.3% |
| Beleuchtung | 5.36 | 5.53 | 5.70 | 5.87 | 6.05 | 6.23 | 6.41 | 2.5% |
| I&K - Unterhaltungselektronik | 5.93 | 5.97 | 5.99 | 5.95 | 5.91 | 5.94 | 6.01 | 2.3% |
| übrige Haustechnik | 0.35 | 0.35 | 0.35 | 0.36 | 0.38 | 0.39 | 0.40 | 0.2% |
| Klimageräte | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.02% |
| sonstige Verwendungen | 4.63 | 5.13 | 5.65 | 6.18 | 6.60 | 7.04 | 7.44 | 2.9% |
| Summe | 240.91 | 255.28 | 243.06 | 257.23 | 256.31 | 265.90 | 257.54 | |

Tabelle 4.1 Private Haushalte: Energieverbrauch 2000 bis 2006 nach Verwendungszwecken (in PJ) sowie der relative Anteil der Verwendungszwecke am Gesamtverbrauch 2006.

Der weitaus grösste Teil des Energieverbrauchs entfällt auf die Raumwärme (72.1 %), hauptsächlich eingesetzt in fest installierten Heizanlagen (70.5 %). Dabei zeigen sich aufgrund der Witterungsschwankungen deutliche Jahresschwankungen. Grosse Bedeutung besitzt auch die Erzeugung von Warmwasser (12.4 %). Im Gegensatz zur Raumwärme reagiert dieser Verbrauch kaum auf Witterungsschwankungen. Auf die übrigen Verwendungszwecke entfallen vergleichsweise geringe Energiemengen: Kochen 3.5 %, Kühlen und Gefrieren 2.8 %, Waschen und Trocknen 1.3 %, Beleuchtung 2.5 %, übrige Elektrogeräte 5.4 %. Für diese Verwendungszwecke wird jedoch ausschliesslich Energie von hoher Qualität (Strom) eingesetzt.

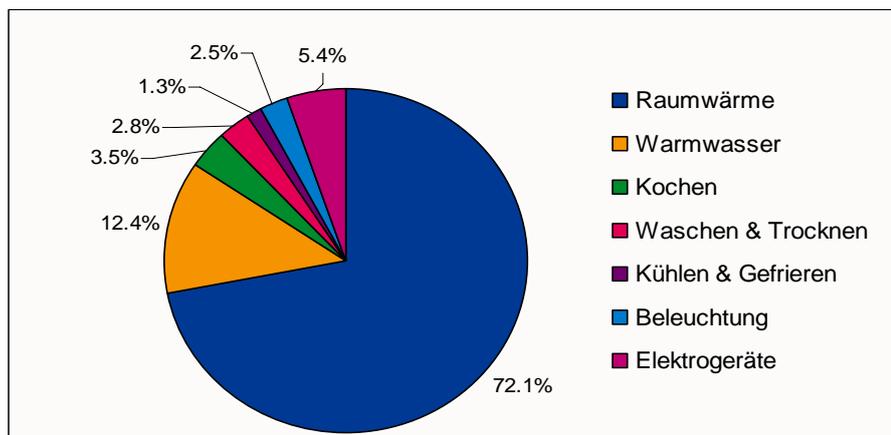


Abbildung 4.1 Private Haushalte: Aufteilung des Energieverbrauchs 2006 nach Verwendungszwecken.

Raumwärme

Unter dem Aspekt der Verbrauchsmenge ist der Verwendungszweck Raumwärme von herausragender Bedeutung. Tabelle 4.2 schlüsselt die Energiebezugsfläche¹⁰ (EBF) der Wohngebäude nach den wichtigsten Heizungssystemen auf. Auch im Jahr 2006 wird der Grossteil der Fläche immer noch mit Heizöl beheizt (55.8 %), gefolgt von Gas (20.1 %). Die Zentralen Heizsysteme dominieren mit 93.9 % gegenüber den Einzelofen-Systemen mit 6.1 %. Die beheizte Wohnfläche hat seit 2000 um 32.8 Mio. m² zugenommen, bei einer durchschnittlichen Zuwachsrate von 1.4 %/Jahr. Mit einer Zunahme von 16.4 Mio. m² (+24.9 %) ist die mit Gas beheizte Fläche (zentral) am stärksten gewachsen. Kräftig zugelegt haben auch die Wärmepumpen mit 9.6 Mio. m² (+67.2 %). Die Öl-Zentralheizungen beheizen eine zusätzliche Fläche von 3.7 Mio. m² (+1.6 %). Ebenfalls ein starkes Wachstum weisen die Solarthermischen Anlagen auf (+61 %), jedoch auf einem noch geringen absoluten Niveau von 0.5 Mio. m² EBF.

10 Gemäss SIA 380/1 ist die Energiebezugsfläche EBF die Summe aller ober- und unterirdischen Geschossflächen, für deren Nutzung ein Beheizen oder Klimatisieren notwendig ist. Die Energiebezugsfläche EBF wird brutto, das heisst aus den äusseren Abmessungen, einschliesslich begrenzender Wände und Brüstungen, berechnet. (SIA, 2001).

| EBF (Mio. m ²) | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | Anteil 2006 |
|----------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| Oel-E | 6.3 | 6.3 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.1 | 6.1 | 1.47% |
| Gas-E | 1.7 | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 2.0 | 2.1 | 0.50% |
| Elektrizität-E | 5.9 | 6.0 | 6.1 | 6.2 | 6.2 | 6.3 | 6.4 | 1.53% |
| Holz-E | 11.1 | 11.2 | 11.2 | 11.1 | 11.0 | 10.9 | 10.8 | 2.59% |
| Kohle-E | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.01% |
| Oel-Z | 227.4 | 228.9 | 229.6 | 230.4 | 231.2 | 231.7 | 231.1 | 55.33% |
| Gas-Z | 65.7 | 68.3 | 70.8 | 73.5 | 76.4 | 79.3 | 82.1 | 19.65% |
| Elektrizität-Z | 19.5 | 19.3 | 19.1 | 18.8 | 18.6 | 18.4 | 18.4 | 4.40% |
| Holz-Z | 20.5 | 20.8 | 21.0 | 21.2 | 21.4 | 21.6 | 22.1 | 5.29% |
| Kohle-Z | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.18% |
| Solar | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.12% |
| Fernwärme | 11.4 | 11.6 | 11.9 | 12.1 | 12.5 | 12.9 | 13.3 | 3.20% |
| Wärmepumpe, andere | 14.3 | 15.1 | 16.1 | 17.4 | 18.9 | 21.0 | 24.0 | 5.74% |
| Summe beheizt | 384.96 | 390.2 | 394.9 | 399.9 | 405.7 | 411.5 | 417.8 | 100.00% |
| Anteil Leerwohnungen | 3.04% | 2.98% | 2.98% | 2.98% | 2.98% | 2.98% | 2.98% | 2.98% |

E = Einzelheizungen
Z = Zentralheizungen

Tabelle 4.2 Private Haushalte: Entwicklung der Energiebezugsfläche nach Heizsystemen und Energieträgern in Mio. m² EBF (inklusive Leerwohnungen, ohne Ferienwohnungen). Quelle: eigene Fortschreibung der Volkszählung 2000.

Der durchschnittliche Heizwärmebedarf pro EBF ist seit 2000 um rund 5 % auf ca. 370 MJ/m² und Jahr gesunken. Zwischen den verschiedenen Heizungssystemen zeigen sich deutliche Unterschiede. Aufgrund der höheren jährlichen Vollbenutzungsstunden ist der Bedarf bei Zentralheizungssystemen im Vergleich zu Einzelsystemen im Allgemeinen höher. Verbessert hat sich auch der durchschnittliche Nutzungsgrad der Heizsysteme. Dieser ist zwischen 2000 und 2006 um 4.5 % gestiegen. Überdurchschnittliche Effizienzsteigerungen zeigen sich bei den Heizsystemen mit dem stärksten Wachstum, bei den Wärmepumpen und den Gaszentralheizungen.

Die Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Raumwärme ist in Tabelle 4.3 abgebildet. Da es sich bei diesen Werten um witterungsabhängige Verbrauchswerte handelt, kann daraus nicht auf eine generelle Zu-, respektive Abnahme des Verbrauchs geschlossen werden. Bei einer Berücksichtigung der Witterung zeigt sich, dass sich die verbrauchsverstärkenden Faktoren (Zunahme EBF) und die verbrauchssenkenden Faktoren (Dämmung, Nutzungsgrad) in etwa die Waage halten und der witterungsbereinigte Wärmeenergieverbrauch von 2000 bis 2006 lediglich um 0.3 % zurückgegangen ist.

Abbildung 4.2 verdeutlicht die anhaltende Dominanz der fossilen Energieträger bei der Bereitstellung der Raumwärme. Der Anteil von Heizöl und Gas beträgt im Jahr 2006 zusammen beinahe 80 %. Der Anteil der Erneuerbaren (Holz, Solar, Umgebungswärme) ist seit 2000 lediglich um 0.9 % gestiegen und beträgt

2006 11.8 %. Kaum verändert hat sich auch der Anteil der elektrischen Widerstandsheizungen; ihr Anteil beträgt 2006 5.3 %.

Die beschriebene Aufteilung des Energieverbrauchs für Raumwärme berücksichtigt lediglich den Verbrauch fest installierter Heizsysteme, nicht aber die in Tabelle 4.1 aufgeführte Hilfsenergie von rund 2 PJ_{el}/Jahr für den Betrieb der Heizsysteme sowie der Verbrauch der elektrischen Zusatzheizungen (Öfelis) von ebenfalls rund 2 PJ_{el}/Jahr.

| Endenergieverbrauch (PJ) | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | Anteil 2006 |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|
| Oel-E | 2.91 | 2.95 | 2.80 | 2.85 | 2.79 | 2.80 | 2.70 | 1.49% |
| Gas-E | 0.74 | 0.76 | 0.75 | 0.80 | 0.82 | 0.86 | 0.86 | 0.47% |
| Elektrizität-E | 2.06 | 2.18 | 2.14 | 2.25 | 2.28 | 2.37 | 2.35 | 1.29% |
| Holz-E | 5.08 | 5.30 | 5.06 | 5.14 | 5.03 | 5.06 | 4.87 | 2.68% |
| Kohle-E | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.01% |
| Oel-Z | 105.80 | 113.58 | 104.53 | 111.65 | 109.60 | 113.61 | 106.40 | 58.64% |
| Gas-Z | 27.38 | 30.21 | 28.61 | 31.44 | 31.73 | 33.76 | 32.57 | 17.95% |
| Elektrizität-Z | 6.73 | 7.20 | 6.70 | 7.21 | 7.13 | 7.46 | 7.22 | 3.98% |
| Holz-Z | 9.67 | 10.45 | 9.74 | 10.52 | 10.42 | 10.92 | 10.54 | 5.81% |
| Kohle-Z | 0.31 | 0.34 | 0.31 | 0.34 | 0.34 | 0.36 | 0.34 | 0.19% |
| Solar | 0.10 | 0.12 | 0.12 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.17 | 0.09% |
| Fernwärme | 4.47 | 4.92 | 4.63 | 5.06 | 5.11 | 5.44 | 5.28 | 2.91% |
| Wärmepumpen | 1.51 | 1.67 | 1.62 | 1.83 | 1.98 | 2.22 | 2.31 | 1.27% |
| Umweltwärme | 2.81 | 3.20 | 3.18 | 3.69 | 3.89 | 4.49 | 4.84 | 2.67% |
| Holzzusatzheizungen | 1.01 | 1.04 | 0.98 | 1.01 | 1.02 | 1.04 | 0.98 | 0.54% |
| Summe beheizt | 170.61 | 183.95 | 171.21 | 183.95 | 182.30 | 190.56 | 181.46 | 100.00% |

Tabelle 4.3 Private Haushalte: Endenergieverbrauch für Raumwärme nach Heizsystem und Energieträger sowie der relative Anteil im Jahr 2006 (in PJ).

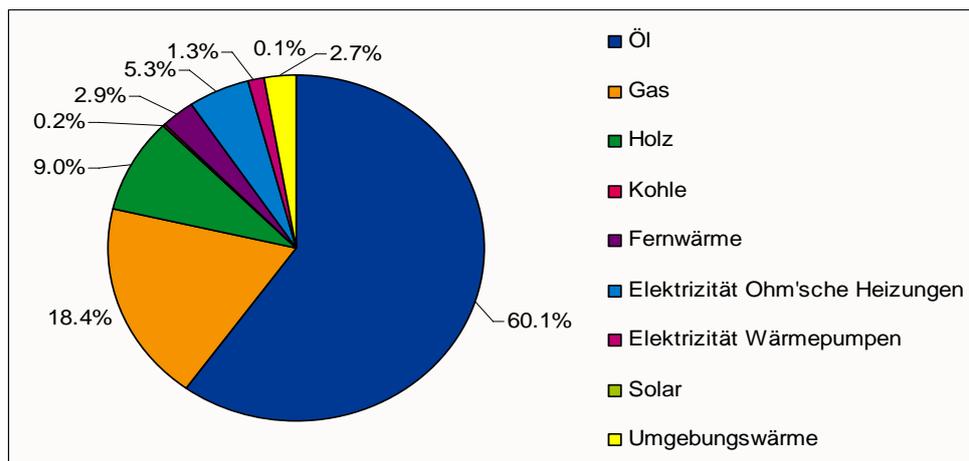


Abbildung 4.2 Private Haushalte: Aufteilung des Heizenergieverbrauchs 2006 nach Energieträgern.

Warmwasser

2006 wurden 12.4 % des Endenergieverbrauchs der Haushalte für die Bereitstellung von Warmwasser aufgewendet. Dadurch ist Warmwasser nach der Raumwärme mengenmässig der zweitwichtigste Verwendungszweck im Haushaltssektor. Auch das Warmwasser wird überwiegend von Zentralsystemen bereitgestellt. Im Gegensatz zur Raumwärme besitzt bei der Produktion von Warmwasser neben Heizöl und Gas auch der Strom eine grosse Bedeutung. So beziehen trotz geringfügigem Rückgang immer noch rund 30 % der Bevölkerung ihr Warmwasser von strombasierten Systemen (Tabelle 4.4).

Die relativen Anteile haben sich im Zeitraum 2000 bis 2006 nur leicht verschoben. Am stärksten abgenommen hat der Anteil von Öl (-2.2 %) und Strom (-1.2 %). Am meisten zulegen konnten das Gas (+1.4 %) und die Solaranlagen (+1.1 %). Die Anzahl der Einwohner die ihr Warmwasser mittels Solaranlagen erzeugt, konnte beinahe vervierfacht werden, der Gesamtanteil liegt aber immer noch unter 2 %.

| Bevölkerung (Tsd) | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | Anteil 2006 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|
| Öl Zentral | 3206.4 | 3205.3 | 3204.8 | 3199.4 | 3184.7 | 3177.4 | 3156.5 | 42.80% |
| Gas Zentral | 807.8 | 831.3 | 856.2 | 881.6 | 905.7 | 932.0 | 952.0 | 12.91% |
| Gas Einzel | 275.7 | 281.6 | 286.2 | 290.4 | 293.8 | 298.1 | 303.0 | 4.11% |
| Elektrizität Zentral | 1821.7 | 1831.8 | 1841.9 | 1854.6 | 1861.9 | 1854.8 | 1869.8 | 25.35% |
| Elektrizität Einzel | 321.5 | 310.7 | 299.8 | 289.4 | 290.6 | 289.5 | 291.8 | 3.96% |
| Holz Zentral | 99.1 | 102.0 | 104.9 | 108.1 | 111.6 | 114.2 | 119.1 | 1.62% |
| Holz Einzel | 66.9 | 66.0 | 65.1 | 64.3 | 63.6 | 62.3 | 62.2 | 0.84% |
| Kohle | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.00% |
| Solar | 40.9 | 56.2 | 72.3 | 91.7 | 106.3 | 120.5 | 136.5 | 1.85% |
| Fernwärme | 213.2 | 212.7 | 216.0 | 219.2 | 223.0 | 227.2 | 233.0 | 3.16% |
| Wärmepumpen | 174.8 | 186.4 | 198.6 | 211.4 | 224.7 | 236.4 | 251.5 | 3.41% |
| Summe | 7028.3 | 7083.9 | 7145.9 | 7210.1 | 7265.9 | 7312.4 | 7375.6 | 100.0% |

Tabelle 4.4 Einwohner mit Warmwasser aufgeschlüsselt nach Anlagensystemen und die relative Verteilung im 2006 (Bevölkerung in Tausend). Quelle: eigene Fortschreibung der Volkszählung 2000.

Die durchschnittliche pro Kopf Verbrauchsmenge an Warmwasser variiert zwischen Zentralsystemen und Einzelsystemen. Bei Zentralsystemen beläuft sich der durchschnittliche Tagesverbrauch gemäss Erfahrungswerten aus Deutschland auf 45-50 Liter pro Kopf¹¹. Bei Einzelsystemen ist der Bezug von Warmwasser nur an einer oder wenigen Stellen möglich, der Warmwasserverbrauch ist dadurch in der Regel deutlich geringer. Er wird hier

¹¹ Bei einer Temperaturdifferenz von 40°C.

mit 35 Liter pro Kopf und Tag veranschlagt. Die Nutzungsgrade der Warmwasseranlagen konnten bei allen Systemen gesteigert werden, insbesondere bei den zentralen Gasanlagen, aber auch bei den Öl- und Holzanlagen. Wärmepumpen weisen die eindeutig höchsten Nutzungsgrade auf. Überdurchschnittliche Wirkungsgrade besitzen auch die solarthermischen und die elektrischen Anlagen.

Tabelle 4.5 fasst die Entwicklung des Endverbrauchs für Warmwasser im Haushaltssektor zusammen. Die Gesamtmenge hat sich nicht wesentlich verändert – die Effizienzverbesserungen durch die höheren Nutzungsgrade wurden durch den Mehrverbrauch (Bevölkerungswachstum) kompensiert. Beinahe die Hälfte des Verbrauchs wird durch Ölbeheizte Anlagen verursacht, der Anteil ist aber leicht abnehmend (Abbildung 4.3). Insgesamt sind 65 % des Verbrauchs den fossilen Energieträgern Öl und Gas zuzurechnen. Der Anteil der erneuerbaren Energieträger (Holz, Solar, Umgebungswärme) beträgt lediglich 5.7 %. Der Rest entfällt vorwiegend auf Strom (25.6 %). Die Verwendung von Kohle ist hingegen nicht üblich.

| Endenergieverbrauch | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Öl Zentral | 16.36 | 16.16 | 15.97 | 15.93 | 15.68 | 15.58 | 15.32 |
| Gas Zentral | 3.85 | 3.90 | 3.95 | 4.05 | 4.10 | 4.17 | 4.20 |
| Gas Einzel | 1.20 | 1.21 | 1.22 | 1.23 | 1.23 | 1.24 | 1.25 |
| Elektrizität Zentral | 7.30 | 7.30 | 7.32 | 7.42 | 7.42 | 7.41 | 7.43 |
| Elektrizität Einzel | 0.84 | 0.80 | 0.77 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| Holz Zentral | 0.61 | 0.62 | 0.63 | 0.65 | 0.66 | 0.67 | 0.70 |
| Holz Einzel | 0.39 | 0.38 | 0.37 | 0.36 | 0.36 | 0.35 | 0.35 |
| Kohle | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Solar | 0.11 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.29 | 0.33 | 0.37 |
| Fernwärme | 0.87 | 0.87 | 0.88 | 0.89 | 0.90 | 0.92 | 0.94 |
| Wärmepumpen | 0.19 | 0.20 | 0.22 | 0.23 | 0.25 | 0.26 | 0.27 |
| Summe | 31.72 | 31.60 | 31.53 | 31.76 | 31.64 | 31.68 | 31.58 |
| genutzte Umweltwärme | 0.29 | 0.31 | 0.33 | 0.35 | 0.37 | 0.39 | 0.41 |
| insgesamt | 32.01 | 31.90 | 31.85 | 32.11 | 32.01 | 32.07 | 31.99 |

Tabelle 4.5 Private Haushalte: Endenergieverbrauch für Warmwasser nach Energieträgern (in PJ) und relativer Anteil 2006.

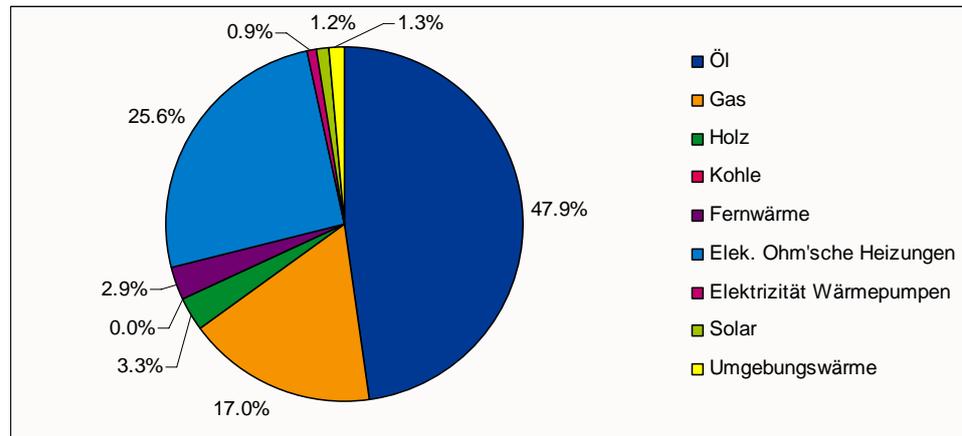


Abbildung 4.3 Private Haushalte: Aufteilung des Energieverbrauchs 2006 zur Bereitstellung von Warmwasser nach Energieträgern.

Kochen

Dem Verwendungszweck Kochen werden neben dem Energieverbrauch für die Kochherde (inklusive Steamer) auch der Stromverbrauch der elektrischen Kochhilfen (Dunstabzugshauben, Tee- und Kaffeemaschinen, Toaster, Friteusen, Mikrowellen, Grill sowie übrige Kleinstgeräte) und der Verbrauch für die der Geschirrspülgeräte zugerechnet. Der Gesamtverbrauch hat nur geringfügig zugenommen (+3 %). Dieser Zuwachs ist auf einen Mehrverbrauch bei den elektrischen Kochhilfen zurückzuführen (+20.7 %). Hingegen hat sich der Verbrauch der Kochherde und Geschirrspüler trotz der Bevölkerungszunahme nicht wesentlich verändert.

| Kochen/Geschirrspülen | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | Anteil 2006 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| Gas | 0.58 | 0.56 | 0.55 | 0.54 | 0.52 | 0.50 | 0.47 | 5.21% |
| Holz | 0.22 | 0.21 | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 1.81% |
| Elektrizität | 7.99 | 8.06 | 8.12 | 8.20 | 8.27 | 8.35 | 8.45 | 92.98% |
| dar: Elektroherd | 4.76 | 4.78 | 4.79 | 4.82 | 4.84 | 4.87 | 4.90 | 53.96% |
| übrige Elektrogeräte | 1.42 | 1.46 | 1.50 | 1.54 | 1.59 | 1.64 | 1.71 | 18.83% |
| Geschirrspüler | 1.82 | 1.83 | 1.83 | 1.84 | 1.84 | 1.85 | 1.84 | 20.19% |
| Insgesamt | 8.80 | 8.84 | 8.87 | 8.93 | 8.97 | 9.02 | 9.09 | 100.00% |

Tabelle 4.6 Private Haushalte: Endenergieverbrauch für Kochherde, Geschirrspüler und elektrische Kochhilfen (in PJ).

Übrige elektrische Geräte und Beleuchtung

Die Verbrauchsentwicklung der elektrischen Haushaltsgeräte und der Beleuchtung ist in Tabelle 4.7 dargestellt. Zwischen 2000 und 2006 hat der Verbrauch um 5.5 PJ (+18.7 %) zugenommen. Eine Zunahme ist bei allen Verwendungszwecken zu beobachten. Am stärksten gewachsen sind die sonstigen Verwendungen (+2.8 PJ; +60.7 %), Waschen und Trocknen (0.9 PJ; +35.5 %) und die Beleuchtung (1.1 PJ; +19.5 %). Der Zuwachs des Verbrauchs der Beleuchtung hängt eng mit dem Bevölkerungswachstum und der Gesamtwohnfläche zusammen. Ein hohes Wachstum verzeichnet auch der Verbrauch der Klimageräte (+158 %), dies jedoch auf einem noch sehr tiefen Ausgangsniveau. Nur geringfügig zugenommen hat der Verbrauch für Kühlen und Gefrieren (+1.2 %), I&K und Unterhaltungselektronik (+1.3 %). Übrige Haustechnik beinhaltet die Verbräuche für die Haushaltsvernetzung und die Antennenverstärker, die sonstigen Verbräuche berücksichtigen den Restverbrauch, welcher aufgrund seiner Heterogenität schwierig zu umschreiben ist.

| | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | Anteil 2006 |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| Heizen Ofelis | 1.69 | 1.78 | 1.61 | 1.68 | 1.75 | 1.97 | 2.02 | 5.8% |
| Heizen Hilfsenergie | 1.95 | 2.10 | 1.95 | 2.11 | 2.10 | 2.20 | 2.11 | 6.0% |
| Kühlen, Gefrieren | 7.04 | 7.05 | 7.07 | 7.10 | 7.11 | 7.12 | 7.12 | 20.4% |
| Waschen, Trocknen | 2.54 | 2.66 | 2.79 | 2.95 | 3.10 | 3.32 | 3.44 | 9.8% |
| Beleuchtung | 5.36 | 5.53 | 5.70 | 5.87 | 6.05 | 6.23 | 6.41 | 18.3% |
| I & K / Unterhaltungselektronik | 5.93 | 5.97 | 5.99 | 5.95 | 5.91 | 5.94 | 6.01 | 17.2% |
| übrige Haustechnik | 0.35 | 0.35 | 0.35 | 0.36 | 0.38 | 0.39 | 0.40 | 1.1% |
| Klimageräte | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.1% |
| sonstige Verwendungen | 4.63 | 5.13 | 5.65 | 6.18 | 6.60 | 7.04 | 7.44 | 21.3% |
| Summe | 29.50 | 30.59 | 31.13 | 32.24 | 33.04 | 34.25 | 35.00 | 100.0% |

Tabelle 4.7 Private Haushalte: Entwicklung der Stromverbrauchs für übrige elektrische Haushaltsgeräte und Beleuchtung (in PJ, ohne elektrische Kochhilfen).

Die relative Bedeutung der Verwendungszwecke im Bereich übrige elektrische Geräte und Beleuchtung ist in Abbildung 4.4 illustriert. Die grössten Anteile weisen die sonstigen Verwendungen (21.3 %), Kühlen und Gefrieren (20.4 %), die Beleuchtung (18.3 %) und die I&K- und Unterhaltungsgeräte (17.2 %) auf.

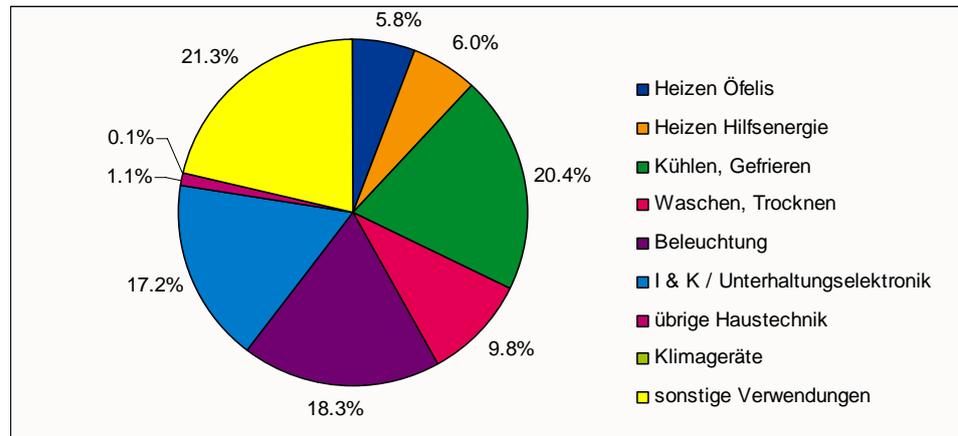


Abbildung 4.4 Private Haushalte: Aufteilung des Energieverbrauchs 2006 für übrige elektrische Geräte und Beleuchtung nach Verwendungszwecken.

4.2 Dienstleistungen

4.2.1 Methodik und Daten

Die Berechnung erfolgt separat für die Energie, die innerhalb der Gebäude und die ausserhalb der Gebäude genutzt wird.

Energieverbrauch innerhalb der Gebäude

(1) Für die Energie, die innerhalb der Gebäude genutzt wird, wird mit dem Langfrist-Nachfragemodell SERVE04 die Energienachfrage berechnet (Aebischer und Catenazzi, 2007). Dazu werden für alle Jahre die aktuellen Rahmendaten (Energiebezugsflächen (EBF), BIP, sektorale Wertschöpfungen und Energiepreise) benutzt. Für die Witterung wird in diesem Rechenschritt ein konstanter durchschnittlicher Wert angenommen. Die Anpassung an die aktuelle Witterung erfolgt in einem späteren Arbeitsschritt individuell für die einzelnen Verwendungszwecke. Der Einfluss der Energiepreise wird über die Kostenkurven bestimmt. Auf die Verwendung einer zusätzlichen kurzfristigen Preisreaktion mit Verhal-

tensänderungen wird entgegen den früheren ex-post- Analysen verzichtet¹².

Im Anschluss wird der so bestimmte Wärmeenergie- und Stromverbrauch auf die Verwendungszwecke aufgeteilt. Für die Wärmeenergie erfolgt die Aufteilung auf Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme¹³. Beim Stromverbrauch werden die Verwendungszwecke nach der SIA 380/4 Empfehlung berücksichtigt. In einem weiteren Schritt werden die Verbräuche so zusammen gezogen, dass sie den vorgegebenen Verwendungszwecken der Gesamt-aggregation entsprechen.

Berücksichtigt wurde die neue Energieverbrauchsstatistik für Industrie und Dienstleistungen (BFE, 2007c). Dies führte zu einer Anpassung der spezifischen Strom- und Wärmebedarfe. Die Anpassung könnte aber auch über eine Anpassung der EBF erfolgen.

(2) Im Modul Wärme von SERVE04 wird primär der Heizenergiebedarf modelliert. Die Nachfrage nach Wärmeenergie für die Zubereitung von Warmwasser und für Prozesswärme wird darauf aufbauend so modelliert, dass die Anteile im Ausgangsjahr den Schätzungen von Amstein+Walthert aus den neunziger Jahren entsprechen (Aebischer und Schwarz, 1998) und die technischen Verbesserungsraten deutlich langsamer sind als die Verbesserungen bei der Raumwärme. Das Modell für die Wärmenachfrage (insbesondere Raumwärme) basiert auf dem Ansatz:

$$\text{Energienachfrage}_i = \text{Energiekennzahl}_i * \text{Energiebezugsfläche}_i$$

Die Berechnung erfolgt nacheinander für sechs Dienstleistungsbranchen i (Handel, Kreditwesen/Versicherung, Gastgewerbe, Unterrichtswesen, Gesundheitswesen, Übrige Dienstleistungen) und für die Landwirtschaft.

Als Mengenkomponekte dient die Energiebezugsfläche (EBF). Wüest & Partner berechnen die Entwicklung der EBF von Gebäudetypen wie Bürogebäude, Ladengebäude, Spitäler u. Ä. Diese Gebäudeflächen werden mit einem auf Arbeitsplatztypen basierenden Schlüssel den Wirtschaftsbranchen zugeordnet. Diese Energiebezugsflächen der verschiedenen Branchen werden mittels eines Kohortenmodells charakterisiert durch die Bauperiode und den Status bezüglich des Lebenszyklus eines Gebäudes: neu/unsaniert, teil- und vollsaniert.

12 In den Energieperspektiven wurden schwache kurzfristige Preiselastizitäten für den Fall angenommen, dass die Preiserhöhung im Rahmen einer Energieabgabe erfolgt und nicht auf die Zunahme der globalen Preise zurückzuführen ist.

13 Die Prozesswärme kann nur für den Gastronomiebereich ausgewiesen werden.

Die Energiekennzahl ergibt sich aus dem Heizwärmebedarf (Stufe Nutzenergie ohne Umwandlungsverluste), der abhängig ist von der Bauperiode und dem Lebenszyklusstand des Gebäudes, und dem Nutzungsgrad des Heizsystems. Dieser Nutzungsgrad ist seinerseits abhängig vom Energieträger und vom Heizsystem, welches durch das Installationsjahr charakterisiert ist.

(3) Die Stromnachfrage für die verschiedenen SIA- Anwendungen im Ausgangsjahr basiert auf Daten und Schätzungen aus den neunziger Jahren für die verschiedenen homogenen Gruppen, wie z. B. wenig, mittel und hoch technisierte Bürogebäude.

Die zeitliche Entwicklung dieses Verbrauchs setzt sich für alle SIA- Anwendungen aus drei Komponenten zusammen:

- dem durchschnittlichen spezifischen Verbrauch ($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$) der verschiedenen homogenen Gruppen,
- der strukturellen Komponente gegeben durch die Verschiebung der relativen Anteile der verschiedenen homogenen Gruppe an der Energiebezugsfläche der übergeordneten Wirtschaftsbranche, und schliesslich
- der Mengenkomponekte gegeben durch die Veränderung der Energiebezugsfläche dieser Wirtschaftsbranchen.

Die Modellierung des spezifischen Verbrauchs erfolgt auf der Ebene der Energiekennzahl Elektrizität. Für eine gegebene homogene Gruppe verändern sich die Anteile der SIA 380/4 Anwendungen nicht. Einzig die strukturellen Verschiebungen bewirken für die verschiedenen Anwendungen unterschiedlich zeitliche Veränderungen.

(4) Der Energieverbrauch von IKT im Dienstleistungssektor wird mit dem Gerätemodell des CEPE berechnet, das ursprünglich am CUEPE an der Universität Genf für die EGES-Szenarien (Aebischer et al., 1988) entwickelt wurde. Der Energieverbrauch von IKT ist in dem mit SERVE04 berechneten Stromverbrauch enthalten. Angesichts des sehr dynamischen Bereichs IKT ist es sicher sehr sinnvoll für kurzfristige Betrachtungen dieses detaillierte Modell zusätzlich einzusetzen und die groben Berechnungen in SERVE04 zu ersetzen. Der gewählte Ansatz des Bottom-up Gerätekohortenmodells erlaubt es

- die technische Entwicklung explizit generationenweise zu simulieren (Leistungsaufnahme der Geräte für die Zustände "Aktiv", "Stand-by" und "Off"),
- die Beschleunigung der technischen Entwicklung durch politisch-gesellschaftliche Rahmenbedingungen (Zielwerte und deren Vollzug) generationenweise abzubilden,

- das Nutzungsverhalten (Nutzungszeit für alle Betriebszustände) direkt zu modellieren. Insbesondere kann die Nutzungszeit in Abhängigkeit der Gerätegeneration l und der Kalenderzeit t definiert werden. Das ermöglicht die Beschreibung des Sachverhaltes, dass neue Geräte in Zukunft stärker benutzt werden ("Poweruser", mit jeweils den neuesten Geräten).

Der Elektrizitätsverbrauch $E(t)$ im Jahr t für die Geräte eines bestimmten Typus kann im einfachsten Fall wie folgt beschrieben werden:

$$E(t) = \sum_{t'} n(t', t) \cdot use(t', t), \quad t' \leq t, \text{ mit}$$

$use(t', t)$, Verbrauch der Geräte der Kohorte t' zum Zeitpunkt t , wobei der Verbrauch als Summenprodukt der Leistungswerte "Aktiv", "Stand-by" und "Off" mit den entsprechenden Nutzungszeiten berechnet wird. Mit der aus dem Modell zu berechnenden Anzahl Geräte

$$N(t) = \sum_{t'} n(t', t), \quad t' \leq t, \text{ wird rekursiv}$$

$$n(t, t' = t) = N(t) - \sum_{t'} n(t', t), \quad t' < t, \text{ „Geburt“ der Kohorte } t' \text{ zum Zeitpunkt } t = t', \text{ und}$$

$$n(t, t' < t) = n(t, t' = t) \cdot \text{surv}(t - t'), \text{ „Überlebende“ der Kohorte } t' \text{ zur Zeit } t' < t, \text{ wobei mit}$$

$\text{surv}(\tau) = 1 - \sum_t (\lambda^t / t!) \exp(-\lambda t)$, $t = 0.. \tau$, die Überlebenswahrscheinlichkeit der Geräte mit der Lebensdauer $1/\lambda$ berechnet wird. Mit der extern vorgegebenen Anzahl aller zum Zeitpunkt t im Betrieb stehende Geräte

$N(t) = \text{Beschäftigte}(t) \cdot \text{Diffusionsgrad}(t)$, muss bei der Rekursion für jeden Zeitpunkt t gelten

$$N(t) \equiv N(t).$$

Die treibenden Kräfte bei diesem Kohortenansatz sind die Größen Beschäftigte und Diffusionsgrad (Anzahl Geräte pro Beschäftigte), die durch die Rahmendaten vorgegeben sind respektive durch Sekundärstudien oder eigene Berechnungen beigebracht werden. Zusätzlich wird die Dynamik durch die Lebensdauer der Geräte bestimmt. Für die Modellierung des Ausfalls von Geräten ($\text{surv}(\tau)$) wird eine zeitdiskrete Poissonverteilung zu Grunde gelegt.

Energieverbrauch ausserhalb der Gebäude

(5) Der Strom, der ausserhalb der Gebäude genutzt wird, wird mit ad-hoc Ansätzen für die einzelnen Anwendungen bestimmt. In den Langfristperspektiven mit SERVE04 wurde für diesen Teil des Energieverbrauchs für das Ausgangsjahr 1990 insgesamt ein Verbrauch von 4.5 PJ/Jahr im Dienstleistungssektor und von 2 PJ/Jahr im Landwirtschaftssektor angenommen. Die zeitliche Entwicklung dieser Verbrauchssegmente erfolgte proportional zur Entwicklung des Stromverbrauchs im Dienstleistungs-, respektive im Landwirtschaftssektor. Bei diesen Rechnungen werden die folgenden Energieanwendungen berücksichtigt: Öffentliche Beleuchtung, Infrastruktur der Bahnen, Strassentunnels, Beschneiungsanlagen und Abwasserreinigungsanlagen.

Für die Brennstoffe wird angenommen, dass der gesamte Verbrauch innerhalb der Gebäude anfällt. D.h. Wärmeenergieverbraucher wie die Abwasserreinigungsanlagen (ARA) und die Gewächshäuser wurden mangels Daten (noch) vernachlässigt.

Die Datenlage zum Energieverbrauchs für die Anwendungen ausserhalb der Gebäude ist noch sehr unbefriedigend und eine detaillierte Modellierung, z.B. mit dem Kohortenmodell, das für die Informations- und Kommunikationstechnologien eingesetzt wird, macht noch wenig Sinn. Es handelt sich deshalb bei den verwendeten ad-hoc Modellen im wesentlichen um einfache Dreisatzüberlegungen. Und bei der zeitlichen Veränderung wird eine Inter- und Extrapolation von zwei Werten vorgenommen oder der Verbrauch über die ganze Periode 2000-2006 konstant gehalten. Die für diese ad-hoc Rechnungen verwendeten Daten sind im Sektorbericht (Aebischer et al., 2008) dokumentiert.

ABGRENZUNG

(6) Mit den Modulen SERVE04-Wärme, SERVE04-Elektrizität, mit dem Gerätemodell für IKT und die Ergebnisse der ad-hoc Rechnungen für die Bereiche Öffentliche Beleuchtung, Infrastruktur der Bahnen, Strassentunnels, Beschneiungsanlagen und Abwasserreinigungsanlagen wird der Energieverbrauch des tertiären und primären Sektors (Definition NOGA) berechnet – mit Ausnahme des Energieeinsatzes für Mobilität, der wie auch in der Energiestatistik im Verbrauchersektor Verkehr behandelt wird.

Eine weitere Abweichung zur Definition der Wirtschaftssektoren wird für den Teil des Energieverbrauchs in den Haushalten vorgenommen, der nicht von den Haushalten selbst direkt bezahlt wird, sondern von einer Verwaltung, einer Immobilienfirma oder einer Drittperson bezahlt wird. Im Strombereich handelt es sich dabei im Wesentlichen um den so genannten „Allgemeinstrom“. Der Verbrauch in gewerblichen Ferienwohnungen wird ebenfalls dem Dienstleistungssektor zugeschlagen. Diese Verbräuche

werden im Modul Private Haushalte berechnet und zur Weiterbearbeitung an das Modul Dienstleistungen übergeben. Mit diesem Vorgehen wird versucht, möglichst die Abgrenzung zu treffen, wie sie in der Gesamtenergie- und Elektrizitätsstatistik angewendet wird.

4.2.2 Verwendungszwecke der Dienstleistungen

Gesamtenergie

Tabelle 4.8 zeigt die Aufteilung des Endverbrauchs im Dienstleistungssektor von 2000 bis 2006 nach den übergeordneten Verwendungszwecken. Der Gesamtverbrauch hat um 6.9 PJ (+5 %) zugenommen. Dieser Anstieg ist hauptsächlich auf die Zunahme der Verbräuche für Klima, Lüftung und Haustechnik (+1.7 PJ; +10.7 %), Beleuchtung (+1.2 PJ; +8.3 %), Antriebe und Prozesse (+1.1 PJ; +6.4 %) sowie Raumwärme (+1.8 PJ, +2.4 %) zurückzuführen. Die Veränderung der Raumwärme hängt jedoch eng mit der jährlichen Witterung zusammen. Ebenfalls zugenommen hat der Verbrauch in den Bereichen I&K (+0.5 PJ; +13.9 %) und "sonstigen Verbräuche" (+0.5 PJ; +24.5%). Hingegen war der Verbrauch für Prozesswärme leicht rückläufig (-0.05 PJ; - 2.1 %).

Etwas mehr als die Hälfte des Endenergieverbrauchs im Jahr 2006 entfällt auf die Bereitstellung der Raumwärme (52.7 %, vgl. Abbildung 4.5). Von grosser Bedeutung sind auch die Kategorien Lüftung, Klima und Heizung (12.4 %), Antriebe und Prozesse (12.3 %) sowie Beleuchtung (10.3 %). Die relativen Anteile der Verwendungszwecke am Sektorverbrauch haben sich kaum verschoben. Die grössten Anteilverschiebungen zeigen sich bei den Antrieben und Prozessen (+0.7 %) und der Raumwärme (-1.3 %). Die Anteile der übrigen Verwendungszwecke haben sich zwischen 2000 und 2006 um weniger als 0.5 % verändert.

| Verwendungszweck | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Raumwärme | 74.64 | 80.26 | 74.63 | 80.06 | 78.67 | 80.94 | 76.46 |
| Warmwasser | 8.76 | 8.75 | 8.80 | 8.92 | 8.91 | 8.95 | 8.92 |
| Prozesswärme | 2.44 | 2.43 | 2.42 | 2.42 | 2.42 | 2.40 | 2.39 |
| Beleuchtung | 13.79 | 14.04 | 14.16 | 14.38 | 14.57 | 14.72 | 14.93 |
| Klima, Lüftung & Haustechnik | 16.25 | 16.50 | 16.65 | 17.76 | 17.16 | 17.48 | 17.96 |
| I&K, inklusive Unterhaltungsmedien | 3.64 | 3.72 | 3.73 | 3.77 | 3.87 | 4.03 | 4.15 |
| Antriebe, Prozesse (inkl. Steuerung) | 16.72 | 16.87 | 17.04 | 17.21 | 17.33 | 17.51 | 17.79 |
| sonstige | 2.01 | 2.09 | 2.23 | 2.36 | 2.44 | 2.46 | 2.50 |
| Summe | 138.24 | 144.65 | 139.66 | 146.87 | 145.37 | 148.50 | 145.10 |

Tabelle 4.8 Dienstleistungssektor: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Verwendungszwecken (in PJ).

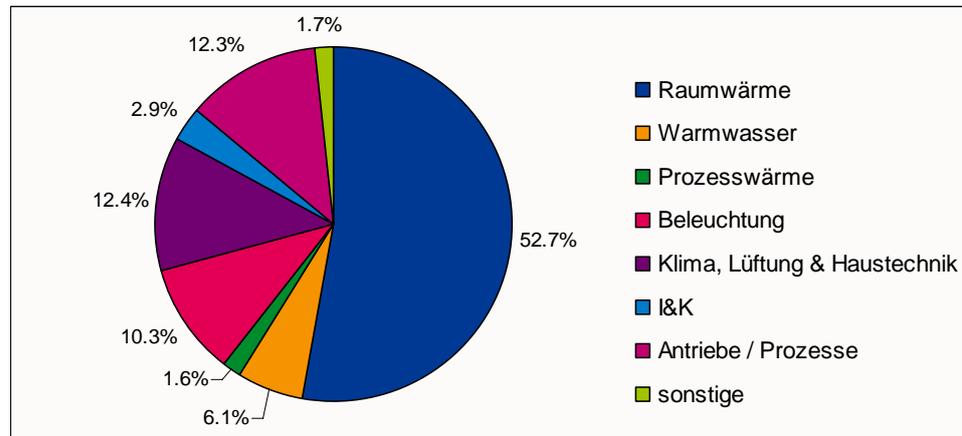


Abbildung 4.5 Dienstleistungssektor: Prozentuale Aufteilung des Energieverbrauchs 2006 nach Verwendungszwecken.

Brenn- und Treibstoffe

Brennstoffe werden im Dienstleistungssektor lediglich für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme eingesetzt. Das Gros des Brennstoffverbrauchs entfällt auf die Raumwärme (87.0 %). Weitere 10.2 % werden für Warmwasser und 2.9 % für Prozesswärme aufgewendet (Tabelle 4.9) ¹⁴.

Der Gesamtverbrauch an Brennstoffen hat um 1.5 PJ zugenommen. Diese Zunahme ist jedoch hauptsächlich auf die Zunahme des witterungsbeeinflussten Verbrauchs für Raumwärme zurückzuführen. Der Verbrauch für Warmwasser hat ebenfalls, aber nur unbedeutend zugenommen (+0.15 PJ; +1.8 %). Hingegen ist der Brennstoffverbrauch für Prozesswärme zurückgegangen (-0.05 PJ; - 2.1 %).

| Verwendungszweck | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | Anteil 2006 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| Raumwärme | 71.05 | 76.35 | 71.01 | 76.12 | 74.78 | 76.88 | 72.59 | 87.0% |
| Warmwasser | 8.32 | 8.31 | 8.36 | 8.47 | 8.47 | 8.50 | 8.47 | 10.2% |
| Prozesswärme | 2.44 | 2.43 | 2.42 | 2.42 | 2.42 | 2.40 | 2.39 | 2.9% |
| Summe | 81.81 | 87.09 | 81.80 | 87.02 | 85.66 | 87.78 | 83.44 | 100.0% |

Tabelle 4.9 Dienstleistungssektor: Entwicklung des Brennstoffverbrauchs nach Verwendungszwecken (in PJ).

¹⁴ Der Einsatz von Solar- und Umweltwärme zur Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser wird hier den Brennstoffen zugerechnet. Ihr Anteil an den "Brennstoffen" beträgt weniger als 1%.

Elektrizität

Der Elektrizitätsanteil am Gesamtverbrauch des Sektors beträgt im betrachteten Zeitrahmen zwischen 40 % und 42 % und ist tendenziell steigend. Der absolute Stromverbrauch hat sogar deutlich zugenommen (+5.2 PJ; +9.3 %). Der Anstieg ist hauptsächlich durch den Verbrauchsanstieg für Klima, Lüftung und Haustechnik verursacht (+1.7 PJ; +10.6 %). Wie bereits beim Beschrieb des Gesamtverbrauchs erläutert, haben auch die Verbräuche für Antriebe und Prozesse, Beleuchtung, I&K sowie die sonstige Verbräuche zugenommen. Ebenfalls angestiegen ist auch der Verbrauch an stromgenerierter Raumwärme (+0.3 PJ; +8 %).

| Verwendungszweck | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Raumwärme | 3.59 | 3.91 | 3.62 | 3.93 | 3.89 | 4.06 | 3.88 |
| Warmwasser | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.45 | 0.44 | 0.45 | 0.45 |
| Beleuchtung | 13.79 | 14.04 | 14.16 | 14.38 | 14.57 | 14.72 | 14.93 |
| Klima, Lüftung & Haustechnik | 16.25 | 16.50 | 16.65 | 17.76 | 17.16 | 17.48 | 17.96 |
| I&K, inklusive Unterhaltungsmedien | 3.64 | 3.72 | 3.73 | 3.77 | 3.87 | 4.03 | 4.15 |
| Antriebe, Prozesse (inkl. Steuerung) | 16.72 | 16.87 | 17.04 | 17.21 | 17.33 | 17.51 | 17.79 |
| sonstige | 2.01 | 2.09 | 2.23 | 2.36 | 2.44 | 2.46 | 2.50 |
| Summe | 56.43 | 57.56 | 57.86 | 59.85 | 59.71 | 60.71 | 61.66 |

Tabelle 4.10 Dienstleistungssektor: Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs nach Verwendungszwecken (in PJ).

Die Prozentuale Aufteilung des Elektrizitätsverbrauchs des Jahres 2006 im Dienstleistungssektor ist aus Abbildung 4.6 ersichtlich. Am meisten Strom wird für Klima, Lüftung und Haustechnik (29.1 %), Antriebe und Prozesse (28.9%) und die Beleuchtung (24.2 %) aufgewendet. Beschränkte Bedeutung hat der Verbrauch für I&K (6.7 %) und Raumwärme (6.3 %), während der Verbrauch für Warmwasser unbedeutend ist (0.7 %). Die Bedeutung der Anteile hat sich seit 2000 nur wenig verändert. Die grösste Verschiebung weisen die Antriebe und Prozesse mit einer Abnahme von 0.8% seit 2000 auf.

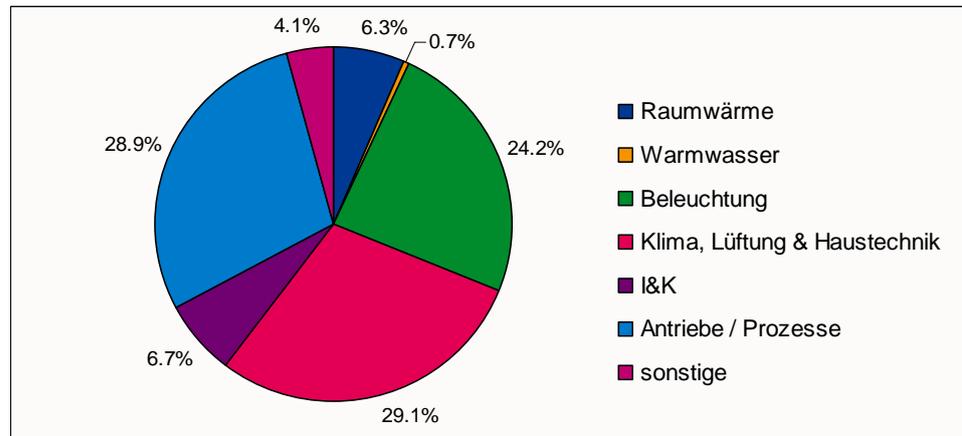


Abbildung 4.6 Dienstleistungssektor: Prozentuale Aufteilung des Elektrizitätsverbrauchs 2006 nach Verwendungszwecken.

Information und Kommunikation

In Abbildung 4.7 ist der Elektrizitätsverbrauch für I&K weiter aufgeschlüsselt. Die Energienachfrage von Servern hat im Zeitraum 2000 bis 2006 stark zugenommen, dadurch ist ihr Anteil am I&K-Verbrauch von 33 % auf 51 % gestiegen. Demgegenüber verlief die Entwicklung der Endgeräte PC und Notebook weit flacher. Deren Verbrauch hat lediglich um 5 % zugenommen und der Verbrauchsanteil hat geringfügig von 24 % auf 23 % abgenommen. Die Röhrenbildschirme (CRT Screens) wurden beinahe vollständig durch Flachbildschirme (TFT Screens) abgelöst, was sich leicht dämpfend auswirkte. Der Verbrauchsanteil der Bildschirme insgesamt reduzierte sich von 24 % auf 13 %. Dies wurde geringfügig kompensiert durch einen weiteren Display-Gerätetyp, nämlich die Beamer, welche aber noch einen bescheidenen Anteil von 1 % in 2006 einnehmen. Rückläufig war auch der Verbrauch der Printgeräte (Kopierer, Printer, Fax und Kombinationen davon, d.h. die MFD). Der Verbrauch nahm um 23 % ab, entsprechend sank der Verbrauchsanteil von 18 % auf 13 %.

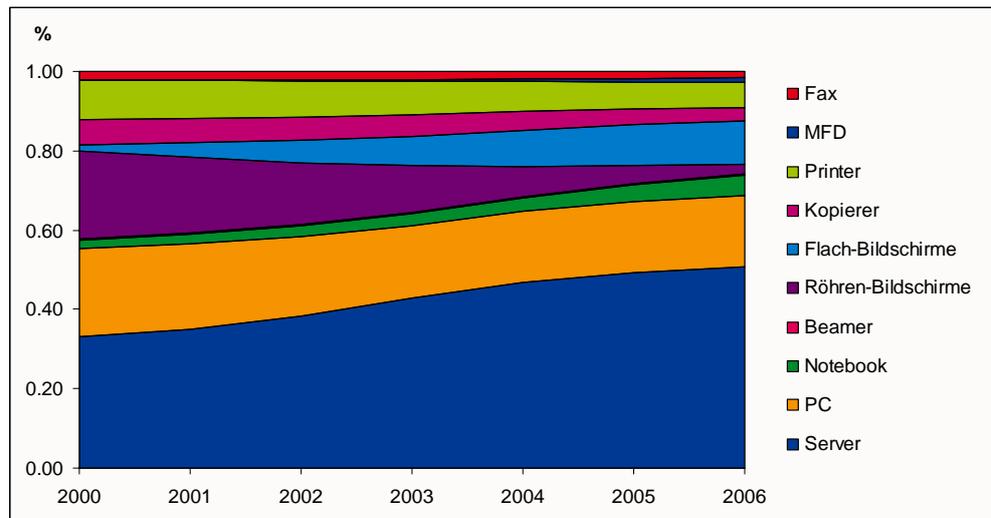


Abbildung 4.7 Prozentuale Aufteilung des Elektrizitätsverbrauchs für I&K auf verschiedene Gerätekategorien (Werte gemäss Gerätemodell).

Insgesamt wird der IKT-Bereich im Jahr 2006 klar von Daten verarbeitenden Geräten dominiert (PC, Server, Notebooks). Diese machten rund drei Viertel der Nachfrage aus, nachdem ihr Anteil 2000 noch weniger als 60 % betrug. Die Zunahme ist beinahe ausschliesslich durch den Mengenzuwachs zu erklären; der spezifische Verbrauch der einzelnen Gerätekategorien blieb mehr oder weniger konstant oder nahm gar ab, seit 2004 auch bei Servern. Im Gegensatz dazu erreichten die darstellenden und reproduzierenden Geräte (Bildschirme, Printer, Kopierer etc.) 2006 einen Anteil von weniger als einem Viertel, dies nachdem diese Gerätegruppe im Jahr 2000 noch einen Anteil von über 40 % einnahm. Der relative (und absolute) Rückgang ist durch die ungefähr konstante absolute Mengenentwicklung und die Abnahme der spezifischen Leistungskennwerte zu erklären.

4.3 Industrie

4.3.1 Methodik und Daten

Die Basis für die Modellierung des industriellen Energieverbrauchs nach Verwendungszwecken stellt das Industriemodell dar, wie es für die im Jahre 2007 abgeschlossenen *Perspektivarbeiten* des Bundes verwendet wurde. Dieses Modell musste allerdings etwas ergänzt und vor allem aktualisiert werden. Die

Ergänzungsarbeiten beziehen sich auf die vorgegebenen Kategorien der Verwendungszwecke, die Ergänzungsarbeiten auf die Aktualisierung von Inputdaten und die gegenüber dem früheren Vorgehen deutlich komplexere Datenaggregation der Modelldaten für die Berichterstattung.

(1) Gesamthaft werden im Bottom-up Modell für den industriellen Energieverbrauch 143 Produktions-Prozesse unterschieden. Diese Produktionsprozesse betreffen so unterschiedliche Vorgänge wie das Kochen, Blanchieren usw. in der Nahrungsmittelindustrie, das Klinkerbrennen in der Zementindustrie oder das Pressen von Profilen, Rohren, Stangen usw. in der Metallindustrie. Tabelle 4.11 zeigt die im Jahr 2006 energetisch wichtigsten 15 Prozesse. Zusammengenommen machen sie rund die Hälfte des gesamten industriellen Energieverbrauches aus. Zu den Produktionsprozessen kommen weitere 64 Prozesse, welche die energetischen Aufwendungen für Raumheizung, Warmwasser, Büroelektronik usw. beschreiben, jeweils vier Prozesse für jede unterschiedene Branche (zur Branchenaufteilung siehe weiter unten).

| Branche (Nr.) | Branche (Kürzel) | Prozess (Nr.) | Produktelinie | Prozess (Kurzbeschreibung) |
|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------|---|
| 7 | Zement | 93 | Zement | Brennen des Klinkers |
| 4 | Chemie | 58 | übrige Produktion | Destillation, Trocknen, Elektrolyse etc. |
| 3 | Papier und Karton | 37 | Papier und Karton | Prozessdampf, Trocknen etc. |
| 1 | Nahrung, Getränke, Tabak | 14 | Übrige Produktion | Prozessdampf: Trocknen, Konservieren etc. |
| 3 | Papier und Karton | 36 | Papier und Karton | Aufbereiten, Mahlen, Mischen etc. |
| 4 | Chemie | 57 | Übrige Produktion | Mischen, Pumpen, Kompressoren etc. |
| 4 | Chemie | 53 | Pharma | Destillation, Trocknen, Elektrolyse etc. |
| 9 | Metalle | 113 | Giessereien / Stahl | Giessen von Stahl, Eisen |
| 16 | Übrige | 202 | Sonstiges Gewerbe | Trocknen sowie übrige thermische Anwendungen |
| 5 | Glas | 71 | Glas | Glasherstellung: Schmelzofen |
| 8 | Übrige NE-Mineralien | 101 | Übrige Produktion | Sieben, Mischen, Formgebung etc. sowie Trocknen, Brennen etc. |
| 4 | Chemie | 52 | Pharma | Mischen, Pumpen, Kompressoren etc. |
| 15 | Baugewerbe | 188 | Bauhauptgewerbe | Krane und andere elektrische Maschinen sowie Trocknungsprozesse |
| 16 | Übrige | 201 | Holz / sonstiges Gewerbe | Absauganlage, Fräse, Hobel, Druckluft etc. |
| 1 | Nahrung, Getränke, Tabak | 13 | Übrige Produktion | Mischen, Pumpen, Fördern, Kühlen etc. |

Tabelle 4.11 Die 15 energetisch wichtigsten Produktionsprozesse in der Bottom-up Modellierung der Industrie.

Jeder dieser Prozesse wird mengenmässig über einen so genannten "Hochrechnungsfaktor" und energetisch über einen spezifischen Verbrauchsfaktor beschrieben. Hochrechnungsfaktoren sind beispielsweise die produzierten Mengen an Bier (hl),

Rohaluminium (t), Papier (t) oder Zement (t), aber auch verschiedene Produktionsindices. Dazu kommen die nach Branchen und Produktion bzw. Büro differenzierten Energiebezugsflächen (m²). Die produktionsbezogenen physischen Hochrechnungsfaktoren stammen direkt von den verschiedenen Branchenverbänden, die nichtphysischen Produktionsindices vom Bundesamt für Statistik (zum Teil mit Umrechnungen von Basics). Der Input für das Total der Energiebezugsflächen wird von Wüest & Partner geliefert, wobei die Differenzierung nach Branchen durch Basics erfolgt. Tabelle 4.12 zeigt die verwendeten Hochrechnungsfaktoren für die Produktion im Zeitablauf.

| Nr. | Branche (Kurztitel) | Hochrechnungsfaktor | Einheit | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|-----|--------------------------|-----------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | Nahrung, Getränke, Tabak | Bier | Mio hl | 3.59 | 3.54 | 3.49 | 3.67 | 3.56 | 3.42 | 3.49 |
| | | Schokolade | Mio t | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.17 |
| | | Zucker | Mio t | 0.22 | 0.16 | 0.22 | 0.19 | 0.22 | 0.22 | 0.18 |
| | | Nahrungsmittel Rest | PI | 94 | 90 | 91 | 90 | 91 | 92 | 97 |
| 2 | Bekleidung / Textil | Textil | PI | 81 | 67 | 60 | 58 | 60 | 59 | 61 |
| | | Bekleidung, Schuhe | PI | 87 | 89 | 83 | 78 | 88 | 94 | 101 |
| 3 | Papier und Karton | Zellstoff | Mio t | 0.13 | 0.13 | 0.12 | 0.13 | 0.12 | 0.12 | 0.11 |
| | | Papier und Karton | Mio t | 1.78 | 1.75 | 1.8 | 1.82 | 1.78 | 1.75 | 1.68 |
| | | andere Papierwaren | PI | 103 | 90 | 85 | 85 | 83 | 81 | 78 |
| 4 | Chemie | Chem. Grundstoffe | PI | 129 | 132 | 134 | 135 | 138 | 133 | 142 |
| | | Pharma | PI | 116 | 123 | 135 | 132 | 144 | 147 | 159 |
| | | übrige Chemie | PI | 124 | 134 | 128 | 126 | 126 | 127 | 134 |
| | | Chemiefaser | Mio t | 0.08 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| 5 | Glas | Glas-Herstellung | Mio t | 0.2 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.19 | 0.19 | 0.15 |
| | | Glas-Verarbeitung | PI | 128 | 154 | 142 | 149 | 182 | 198 | 205 |
| 6 | Keramik und Ziegel | Ziegel, Backsteine | Mio t | 0.86 | 0.75 | 0.66 | 0.72 | 0.79 | 0.85 | 0.89 |
| | | Keramik | PI | 128 | 154 | 142 | 149 | 182 | 198 | 205 |
| 7 | Zement | Zement | Mio t | 3.72 | 3.93 | 3.77 | 3.7 | 3.9 | 4.2 | 4.23 |
| 8 | Übrige NE-Mineralien | Rest NE-Mineralien | PI | 128 | 154 | 142 | 149 | 182 | 198 | 205 |
| 9 | Metalle, Giessereien | Metallbearbeitung | PI | 124 | 135 | 115 | 112 | 101 | 94 | 93 |
| | | Stahl | Mio t | 1.01 | 1.02 | 1.08 | 1.14 | 1.23 | 1.16 | 1.25 |
| 10 | NE-Metalle | Rohaluminium | Mio t | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.01 |
| | | Halbzeuge | Mio t | 0.19 | 0.17 | 0.18 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.2 |
| | | Alufolie | Mio t | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| 11 | Metallerzeugnisse | Metallerzeugnisse | PI | 124 | 127 | 117 | 116 | 120 | 121 | 128 |
| 12 | Maschinenbau/Fahrzeugbau | Maschinen/Fahrzeugbau | PI | 123 | 121 | 108 | 102 | 109 | 107 | 118 |
| 13 | Geräte | Geräte | PI | 125 | 114 | 104 | 104 | 107 | 114 | 132 |
| 14 | Energie, Wasser | Energie, Wasser | PI | 108 | 112 | 108 | 110 | 110 | 107 | 109 |
| 15 | Baugewerbe | Bautätigkeit | Index | 90 | 93 | 98 | 96 | 96 | 103 | 108 |
| 16 | Übrige | Druck | PI | 136 | 127 | 114 | 109 | 108 | 107 | 106 |
| | | Kautschuk/Kunststoff | PI | 115 | 117 | 113 | 116 | 123 | 122 | 132 |
| | | Rest | PI | 111 | 108 | 101 | 95 | 96 | 99 | 103 |
| | | Holzbearbeitung | PI | 112 | 107 | 108 | 108 | 115 | 115 | 123 |

Tabelle 4.12 Entwicklung der produktionsbezogenen Hochrechnungsfaktoren im Zeitablauf (PI: Produktion Indices; Quellen: Branchenverbände, BFS, Basics).

Durch die Multiplikation von Hochrechnungsfaktor und spezifischem Verbrauchsfaktor ergibt sich im Prinzip der Energieverbrauch für diesen Prozess. Allerdings muss dabei berücksichtigt werden, dass viele Prozesse verschiedene Energieträger gleichzeitig benötigen, etwa verschiedene Typen von Brennstoffen und allenfalls noch zusätzlich Elektrizität. In der Regel entspricht der Mix verschiedener Inputenergien bei einem Prozess dem Branchendurchschnitt. Durch Aufaddieren all dieser Energieverbräuche erhält man schliesslich den gesamtschweizerischen

industriellen Energieverbrauch, der formelmässig wie folgt beschrieben werden kann:

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

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

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

Die gesamthaft für die Industrie unterschiedenen 207 Prozesse werden 16 Branchen zugeordnet. Diese Branchen wurden aufgrund von energetischen und modelltechnischen Überlegungen definiert, und sie orientieren sich in den Details der wechselseitigen Abgrenzungen an den offiziellen Branchenstrukturen des BFS (der so genannten NOGA-Systematik). Letzteres bedeutet, dass die modellmässige Struktur der Industrie inhaltlich weitgehend mit der Industriestatistik (BFE, 2007c) kongruent ist. In quantitativer Hinsicht können aber Unterschiede auftreten, indem im Modell die Definition und energetische Zuordnung einzelner Prozesse zu bestimmten Branchen sich wesentlich auch von Branchen- und anderweitigen Informationen leiten lässt, die nur bedingt mit der auf Arbeitstätten basierenden Industriestatistik zusammenpassen müssen.¹⁵ Deshalb werden zwar die Resultate der Industriestatistik zur Plausibilisierung der Modellresultate herangezogen, es wird aber zur Zeit nicht auf diese kalibriert.¹⁶ Tabelle 4.13 zeigt, wie die 16 Branchen inhaltlich in Bezug auf die NOGA-Systematik definiert sind.

15 Mit andern Worten: Die statistische Zuordnung von Arbeitsstätten bzw. von Energieverbräuchen zu einer bestimmten NOGA-Nummer kann sich von der inhaltlichen Zuordnung einer bestimmten Energieverbrauchsinformation zu einer NOGA-Nummer unterscheiden.

16 Mit gewissen Differenzüberlegungen (was wird wo dazu genommen bzw. ausgeklammert) könnte man dies aber für die meisten der von Basics unterschiedenen Branchen tun.

| Nr. | Branche (Kurztitel) | umfasst in der Beschreibung der NOGA | Unterabschnitt (NOGA) | Abteilung, Gruppe (NOGA) |
|-----|---------------------------|---|----------------------------------|--|
| 1 | Nahrung, Getränke, Tabak | Herstellung von Nahrungsmitteln und Getränken, Tabakverarbeitung | DA | 15; 16 |
| 2 | Bekleidung | Herstellung von Textilien und Bekleidung Herstellung von Lederwaren und Schuhen | DB DC | 17; 18 19 |
| 3 | Papier und Karton | | DE | 21 |
| 4 | Chemie | | DG | 24 |
| 5 | Glas | Herstellung von Glas und Glaswaren | DI | 26.1 |
| 6 | 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 |
| 7 | Zement | Herstellung von Zement, Kalk und gebranntem Gips | DI | 26.5 |
| 8 | 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 |
| 9 | Metalle, Giessereien | Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen (EGKS**), Herstellung von Rohren, sonstige Erstbearbeitung von Eisen und Stahl; Herstellung von Ferrolegierungen nicht EGKS; Giessereiindustrie | DJ | 27.1; 27.2; 27.3; 27.5 |
| 10 | NE*-Metalle | Erzeugung und Erstbearbeitung von NE-Metallen | DJ | 27.4 |
| 11 | Metallerzeugnisse | Herstellung von Metallerzeugnissen (ohne Maschinenbau) | DJ | 28 |
| 12 | Maschinenbau, Fahrzeugbau | Maschinenbau; Herstellung von Automobilen, Anhängern und Zubehör, Herstellung von sonstigen Fahrzeugen | DK | 29; 34; 35 |
| 13 | Geräte | Herstellung von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen, Herstellung von Geräten der Elektrizitätserzeugung, -verteilung u. ä., Herstellung von Geräten der Radio-, Fernseh- und Nachrichtentechnik, Herstellung von mediz. Geräten, Präzisionsinstrumenten, optischen Geräten und Uhren | DL | 30; 31; 32; 33 |
| 14 | Energie, Wasser | Kokerei; Mineralölverarbeitung; Behandlung von nuklearen Brennstoffen Energieversorgung, Wasserversorgung | DF E | 23 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 Erzbergbau, Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Be- und Verarbeitung von Holz (ohne Herstellung von Möbeln) Verlagsgewerbe, Druckgewerbe, Vervielfältigung von bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren Herstellung von Möbeln, Schmuck, Musikinstrumenten, Sportgeräten, Spielwaren und sonstigen Erzeugnissen, Rückgewinnung und Vorbereitung für die Wiederverwertung (Recycling) | CA CB DD DE DH DN | 10; 11; 12 13; 14 20 22 25 36; 37 |

* NE = Nichteisen

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

Tabelle 4.13 Inhaltliche Definition der 16 Branchen im Industrie-Modell anhand der NOGA-Systematik.

(2) Modellmässig hängen die spezifischen Energieverbräuche in den Produktionsprozessen über einen komplizierten Kohortenalgorithmus von den Hochrechnungsfaktoren ab: Je mehr produziert werden muss, desto stärker wird zuerst die Auslastung der bestehenden Anlagen zunehmen, und wenn dies nicht mehr reicht,

wird der Anlagenpark mit zumeist energetisch besseren Einheiten erweitert. Umgekehrt werden bei Erreichen der "Altersgrenze" von Anlagen oder bei Rückgang der Produktion Anlagen ausgemustert. Zusätzlich werden (in beschränktem Umfang) Energiepreis- und Substitutionseffekte abgebildet.¹⁷

Gemäss Gleichung (1) wird also für jedes Kalenderjahr der industrielle Energieverbrauch durch

$$207 \cdot 12 = 2484$$

Verbrauchsangaben sowie 207 Angaben zu den Hochrechnungsfaktoren charakterisiert. Dazu kommen noch zusätzliche Angaben zu jenen Verwendungszwecken, die im Kohortenmodell nicht ausreichend differenziert repräsentiert sind, etwa der Split Beleuchtung gegen IKT. Während im Rahmen einer ex-post-Analyse die Hochrechnungsfaktoren im Prinzip vorgegebenen Inputs entsprechen¹⁸, sind die spezifischen Verbräuche ein Modellresultat.

(3) Die Entwicklung der Hochrechnungsfaktoren reflektiert die wirtschaftliche Entwicklung. Durch die Differenzbildung

$$\Delta E_{HF}(t) = \sum_{\substack{i=1 \text{ bis } 207 \\ j=1 \text{ bis } 12}} (HF_i(t) - HF_i(t-1)) \cdot SV_{ij}(t) \quad (2)$$

erhält man damit direkt deren Einfluss auf den Energieverbrauch im Jahresvergleich.

Hält man umgekehrt die Hochrechnungsfaktoren fest, folgt der Einfluss den energetischen Verbesserungen:

$$\Delta E_{SV}(t) = \sum_{\substack{i=1 \text{ bis } 207 \\ j=1 \text{ bis } 12}} HF_i(t) \cdot (SV_{ij}(t) - SV_{ij}(t-1)) \quad (3)$$

(4) Wendet man diesen Modellierungsansatz auf die Vergangenheit an, dann ist einsichtig, dass man mit schwierigen Konsistenzproblemen konfrontiert wird: Zunächst sind die Hochrechnungsfaktoren vorgegeben, für viele Prozesse sind auch die durchschnittlichen spezifischen Verbräuche im Zeitablauf bekannt, und last but not least ist über die Gesamtenergiestatistik der gesamthaft resultierende Energieverbrauch im wesentlichen vorgegeben, abgesehen von statistischen Differenzen und gewis-

17 Eine Ausführliche Darstellung des Modells ist in der Berichterstattung zu den Energieperspektiven 2035 enthalten.

18 Dies im Gegensatz zu den Energieperspektiven, bei denen die zukünftigen Werte der Hochrechnungsfaktoren ebenfalls geschätzte Modellresultate sind.

sen Zuordnungsproblemen. Weiter existieren für eine ganze Reihe von Branchen "eigene" Energiestatistiken, die, wie oben angetönt, wichtige inhaltliche Informationen liefern können.

Es wurde deshalb für die Vergangenheit versucht, mit den Methoden der Ausgleichsrechnung, z.T. aber auch mit einfachen Plausibilitätsüberlegungen, ein möglichst in sich stimmiges Set von Modell-Daten zu kreieren, das gesamthaft gesehen die Energieverbrauchsstatistik möglichst genau reproduziert. Bei einigen Energieträgern ist dies gut gelungen (etwa bei der Elektrizität), bei andern ergeben sich grössere Diskrepanzen (etwa beim Heizöl extra-leicht). Wenn immer möglich und sinnvoll, ist das Modell auf die Energiestatistik kalibriert worden (bei Elektrizität, Fernwärme und "Übrige"), in einzelnen Fällen wurden aus Konsistenzgründen die Differenzen aber auch stehen gelassen (etwa für das Gas oder für einzelne Jahre bei der Kohle).

Beim Heizöl extra leicht wurden für die Industrie die Resultate des aktuellen Heizöl-Panels 2007 mit den Resultaten des Kohortenmodells abgeglichen. Die geringfügigen Unterschiede zwischen den Verbrauchsdaten des Panels und den hier wiedergegebenen Verbräuchen erklären sich unter anderem in der unterschiedlichen Witterungsbereinigung: Im Panel wird Witterung monatsbasiert über Gradtage und Strahlung berücksichtigt, hier mit der üblichen HGT-Korrektur auf Jahresbasis.

Im Übrigen wird der industriell generierte WKK-Strom als Endverbrauch mitgezählt, ebenso wie der dafür nötige Input. Damit ergibt sich eine Doppelzählung in der Grössenordnung von 2.5 PJ, die man bei Bedarf aber ausweisen kann. Gesamthaft gesehen passen Modell und Statistik recht gut zusammen, auch wenn es im Einzelnen durchaus grössere Abweichungen gibt.

4.3.2 Verwendungszwecke der Industrie

Gesamtenergie

Die Aufteilung des Endverbrauchs im Industriesektor von 2000 bis 2006 nach den übergeordneten Verwendungszwecken ist in Tabelle 4.14 dargestellt. Der Gesamtverbrauch des Sektors ist um 6.2 PJ (+3.7 %) gestiegen. Diese Zunahme ist auf den kräftig gestiegenen Verbrauch für Prozesswärme zurückzuführen (+6.4 PJ; +7.1 %). Gestiegen ist auch der Verbrauch für Antriebe und Prozesse (+1.3 PJ; +3.4 %). Ebenfalls zugenommen haben die Verbräuche für Warmwasser, Beleuchtung und I&K, diese Zunahmen betragen jedoch weniger als 1 PJ. Abgenommen hat der Verbrauch für Klima, Lüftung und Haustechnik (-0.1 PJ; -9.3 %), sonstige Verbräuche (-1.4 PJ; -18.4 %) und Raumwärme (-0.7 PJ;

-3 %). Witterungsbereinigt hätte der Verbrauch um 1.7 PJ abgenommen (-7.1 %).

| Verwendungszweck | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Raumwärme | 23.36 | 24.08 | 22.50 | 23.71 | 23.42 | 24.27 | 22.66 |
| Warmwasser | 2.95 | 2.90 | 3.14 | 3.09 | 3.28 | 3.43 | 3.46 |
| Prozesswärme | 90.50 | 92.41 | 92.38 | 92.80 | 93.34 | 94.39 | 96.90 |
| Beleuchtung | 5.68 | 5.67 | 5.60 | 5.61 | 5.66 | 5.72 | 5.78 |
| Klima, Lüftung & Haustechnik | 1.24 | 1.22 | 1.17 | 1.18 | 1.17 | 1.18 | 1.13 |
| I&K, inklusive Unterhaltungsmedien | 0.57 | 0.59 | 0.60 | 0.62 | 0.64 | 0.65 | 0.66 |
| Antriebe, Prozesse (inkl. Steuerung) | 38.11 | 38.53 | 37.82 | 37.66 | 38.46 | 39.08 | 39.40 |
| Mobilität / Traktionsenergie | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 |
| sonstige | 7.39 | 6.97 | 7.11 | 6.89 | 7.07 | 6.50 | 6.03 |
| Summe | 169.89 | 172.46 | 170.40 | 171.65 | 173.12 | 175.30 | 176.11 |

Tabelle 4.14 Industriesektor: Entwicklung des Endverbrauch nach Verwendungszwecken (in PJ).

Im Jahr 2006 wird mehr als die Hälfte der Energie für Prozesswärme aufgewendet (55 %), fast ein Viertel wird für Antriebe und Prozesse eingesetzt (22.4 %), aber auch die Raumwärme ist mit einem Anteil von 12.9 % von grosser Bedeutung für den Verbrauch des Industriesektors (Abbildung 4.8). Warmwasser, Beleuchtung, I&K, Mobilität (Elektro-“Werkverkehr“¹⁹), Klima, Lüftung und Haustechnik sowie “sonstige“ sind von geringer Bedeutung, ihre Anteile betragen je um die 3 % oder weniger.

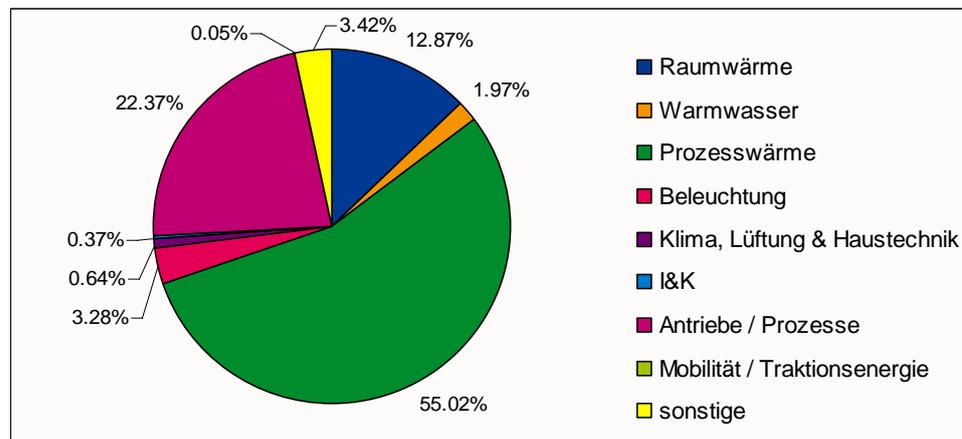


Abbildung 4.8 Industriesektor: Prozentuale Anteile der Verwendungszwecke am Energieverbrauch 2006.

19 Dieser Verbrauch setzt sich aus elektrischen Gabelstaplern, Förderbändern usw. zusammen, und wird nicht als eigentlicher Verkehr betrachtet. Der Werkverkehr von Transport- und Lastwagen wird hingegen beim Verkehr berücksichtigt.

Brenn- und Treibstoffe

Der Anteil der Brennstoffe am Sektor-Gesamtverbrauch hat um einen halben Prozentpunkt von 61.7 % auf 61.2 % abgenommen, der absolute Verbrauch ist hingegen um 2.9 PJ (+2.8 %) gestiegen (Tabelle 4.15)²⁰. Analog zum Gesamtverbrauch ist der Anstieg der Brennstoffe auf eine Zunahme des Verbrauchs für Prozesswärme zurückzuführen (+4.5 PJ; +6.5 %). Kräftig gewachsen ist auch der Verbrauch für Warmwasser (+17.2 %), dies jedoch auf einem geringen Verbrauchsniveau (+0.5 PJ). Die sonstigen Verbräuche setzen sich überwiegend aus den Inputs für WKK-Prozesse zusammen. Dieser Verbrauch um 1.4 PJ zurückgegangen (-18.4 %). Für die Verwendungszwecke Beleuchtung, I&K, Mobilität, Klima, Lüftung und Haustechnik werden keine Brennstoffe eingesetzt.

Die relativen Anteile der Verwendungszwecke am Brennstoffverbrauch im Jahr 2006 sind in Abbildung 4.9 dargestellt. Rund zwei Drittel der Energie fließen in die Produktion von Prozesswärme (68.6 %), ein Fünftel in die Bereitstellung von Raumwärme (20.8 %).

| Verwendungszweck | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Raumwärme | 23.24 | 23.94 | 22.36 | 23.55 | 23.25 | 24.08 | 22.46 |
| Warmwasser | 2.94 | 2.88 | 3.12 | 3.08 | 3.26 | 3.41 | 3.44 |
| Prozesswärme | 69.42 | 70.77 | 70.62 | 70.53 | 70.67 | 71.49 | 73.92 |
| Mechanische Prozesse | 1.82 | 1.84 | 1.75 | 1.74 | 1.76 | 1.79 | 1.87 |
| sonstige | 7.39 | 6.97 | 7.11 | 6.89 | 7.07 | 6.50 | 6.03 |
| Summe | 104.80 | 106.40 | 104.95 | 105.80 | 106.01 | 107.27 | 107.72 |

Tabelle 4.15 Industriesektor: Entwicklung des Brennstoffverbrauchs nach Verwendungszwecken (in PJ).

²⁰ Solar- und Umweltwärme sind bei Raumwärme und Warmwasser dazu gerechnet, ihr Anteil ist jedoch nur gering (< 1%).

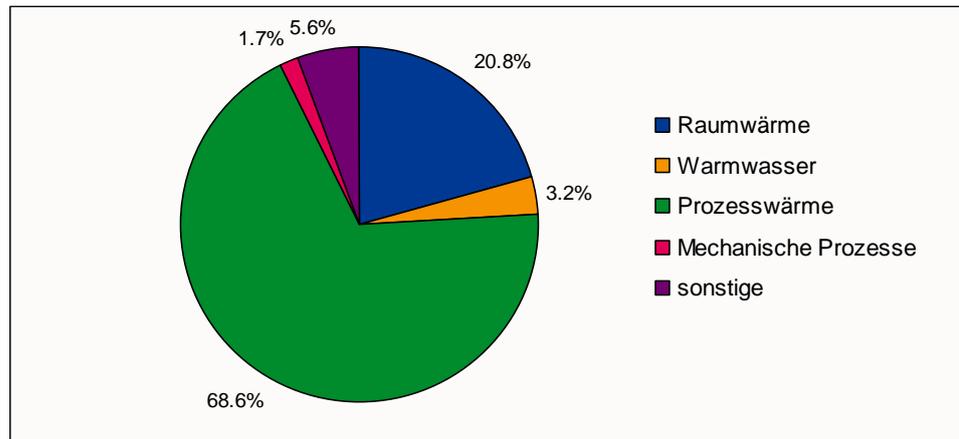


Abbildung 4.9 Industriesektor: Prozentuale Anteile der Verwendungszwecke am Brennstoffverbrauch 2006.

Elektrizität

Der Elektrizitätsverbrauch des Industriesektors ist zwischen 2000 und 2006 um 3.3 PJ (+5.1 %) gestiegen (Tabelle 4.16). Dabei ist der industriell generierte WKK Strom beim ausgewiesenen Stromverbrauch als Endverbrauch berücksichtigt. Folglich bildet dieser den effektiven Verbrauch des Sektors ab. Eine deutliche Verbrauchszunahme weisen die Verwendungszwecke mechanische Prozesse (entspricht der Kategorie Prozesse und Antriebe, +1.2 PJ) und Prozesswärme (+1.9 PJ) auf. Die übrigen Kategorien weisen Veränderungen unter 1 PJ auf. Die relativen Zunahmen sind jedoch teilweise beträchtlich: Warmwasser + 53.1 %, I&K +15 %, Raumwärme +68.8 %. Abgenommen hat einzig der Stromverbrauch für Klima, Lüftung und Haustechnik (-9.3 %).

Auch beim Elektrizitätsverbrauch besitzt die Prozesswärme eine grosse Bedeutung. 33.6 % des Stromverbrauchs wurde 2006 für Prozesswärme eingesetzt (Abbildung 4.10). Noch grösserer ist Stellenwert der mechanischen Prozesse (inklusive Steuerung). Dieser Anteil beträgt 54.9 %, hat aber seit 2000 geringfügig abgenommen (-0.9 %). Der Anteil für die Beleuchtung beträgt 8.5 %, die Anteile der übrigen Kategorien sind gering, ihre Anteile am Stromverbrauch kleiner als 2 %.

| Verwendungszweck | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Raumwärme | 0.12 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.17 | 0.19 | 0.20 |
| Warmwasser | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Prozesswärme | 21.08 | 21.65 | 21.76 | 22.27 | 22.67 | 22.91 | 22.98 |
| Beleuchtung | 5.68 | 5.67 | 5.60 | 5.61 | 5.66 | 5.72 | 5.78 |
| Klima, Lüftung & Haustechnik | 1.24 | 1.22 | 1.17 | 1.18 | 1.17 | 1.18 | 1.13 |
| I&K, inklusive Unterhaltungsmedien | 0.57 | 0.59 | 0.60 | 0.62 | 0.64 | 0.65 | 0.66 |
| Mechanische Prozesse | 36.29 | 36.69 | 36.07 | 35.91 | 36.70 | 37.28 | 37.53 |
| Mobilität / Traktionsenergie | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 |
| Summe | 65.08 | 66.06 | 65.45 | 65.85 | 67.11 | 68.03 | 68.39 |

Tabelle 4.16 Industriesektor: Elektrizitätsverbrauch nach Verwendungszwecken (in PJ).

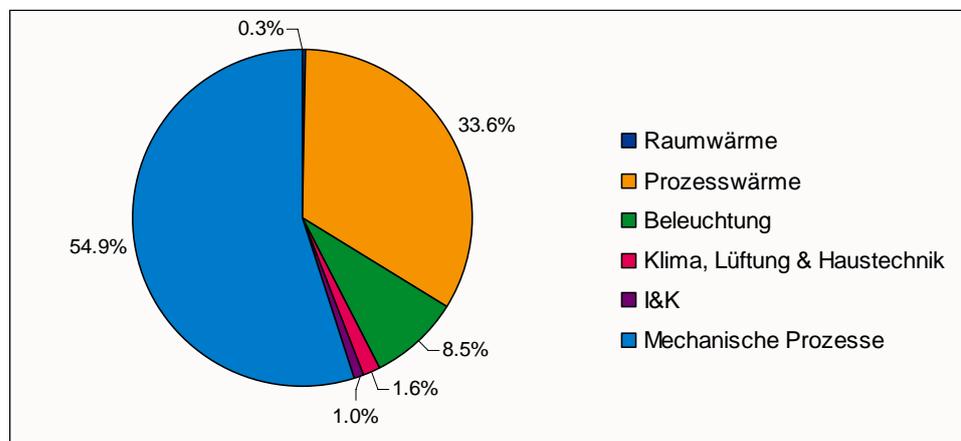


Abbildung 4.10 Industriesektor: Prozentuale Anteile der Verwendungszwecke am Elektrizitätsverbrauch 2006. Die Anteile für Warmwasser, Mobilität sowie sonstige Verbräuche sind deutlich kleiner als 1% und werden deshalb in der Grafik nicht aufgeführt.

Energieverbrauchsentwicklung in der Produktion

Wie oben erläutert wird die Industrieproduktion durch 143 verschiedene Produktionsprozesse beschrieben. Tabelle 4.17 zeigt in Indexform die unterschiedlichen Energieverbrauchsentwicklungen, die mit der Produktion der in Tabelle 4.12 dargestellten Hochrechnungsfaktoren verbunden sind. Während gesamthaft gesehen der Energieverbrauch sich sehr gleichförmig ändert, zeigen sich bei den einzelnen Hochrechnungsfaktoren erhebliche Unterschiede. Man beachte in diesem Zusammenhang, dass ein Hochrechnungsfaktor mindestens für einen, meistens aber für mehrere (im Maximum 14) Produktionsprozesse steht. Nicht enthalten in diesen Indexzahlen sind die nicht direkt produktionsbezogenen Energieverbräuche wie jene für Raumwärme und Warmwasser, Beleuchtung usw.

| Nr. | Branche (Kürzel) | Hochrechnungsfaktor | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|--------|---------------------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | Nahrung, Getränke, Tabak | Bier | 100 | 99 | 98 | 103 | 100 | 96 | 98 |
| | | Schokolade | 100 | 101 | 101 | 99 | 105 | 113 | 117 |
| | | Zucker | 100 | 76 | 102 | 86 | 104 | 107 | 91 |
| | | Nahrungsmittel Rest | 100 | 94 | 92 | 89 | 90 | 90 | 93 |
| 2 | Bekleidung / Textil | Textil | 100 | 82 | 74 | 71 | 74 | 72 | 74 |
| | | Bekleidung, Schuhe | 100 | 102 | 96 | 90 | 102 | 109 | 117 |
| 3 | Papier und Karton | Zellstoff | 100 | 101 | 97 | 107 | 97 | 91 | 86 |
| | | Papier und Karton | 100 | 97 | 99 | 99 | 96 | 95 | 90 |
| | | andere Papierwaren | 100 | 87 | 80 | 78 | 76 | 74 | 71 |
| 4 | Chemie | Chem. Grundstoffe | 100 | 101 | 102 | 101 | 103 | 100 | 105 |
| | | Pharma | 100 | 104 | 113 | 109 | 118 | 120 | 130 |
| | | übrige Chemie | 100 | 107 | 102 | 100 | 99 | 100 | 105 |
| | | Chemiefaser | 100 | 80 | 72 | 66 | 63 | 60 | 66 |
| 5 | Glas | Glas-Herstellung | 100 | 103 | 94 | 89 | 93 | 87 | 68 |
| | | Glas-Verarbeitung | 100 | 118 | 108 | 112 | 137 | 149 | 153 |
| 6 | Keramik und Ziegel | Ziegel, Backsteine | 100 | 88 | 77 | 83 | 92 | 99 | 103 |
| | | Keramik | 100 | 114 | 102 | 103 | 124 | 135 | 138 |
| 7 | Zement | Zement | 100 | 106 | 102 | 100 | 105 | 114 | 115 |
| 8 | Übrige NE-Mineralien | Rest NE-Mineralien | 100 | 119 | 109 | 115 | 139 | 150 | 155 |
| 9 | Metalle, Giessereien | Metallbearbeitung | 100 | 107 | 90 | 88 | 79 | 74 | 73 |
| | | Stahl | 100 | 101 | 106 | 111 | 117 | 109 | 115 |
| 10 | NE-Metalle | Rohaluminium | 100 | 102 | 113 | 123 | 124 | 121 | 32 |
| | | Halbzeuge | 100 | 91 | 96 | 98 | 100 | 100 | 105 |
| | | Alufolie | 100 | 91 | 96 | 98 | 101 | 101 | 106 |
| 11 | Metallerzeugnisse | Metallerzeugnisse | 100 | 100 | 89 | 86 | 89 | 90 | 94 |
| 12 | Maschinenbau, Fahrzeugbau | Maschinen, Fahrzeugbau | 100 | 97 | 85 | 79 | 84 | 83 | 91 |
| 13 | Geräte | Geräte | 100 | 91 | 82 | 81 | 83 | 89 | 102 |
| 14 | Energie, Wasser | Energie, Wasser | 100 | 104 | 99 | 99 | 97 | 92 | 93 |
| 15 | Baugewerbe | Bauhauptgewerbe | 100 | 103 | 109 | 107 | 107 | 115 | 121 |
| | | Rest Bau | 100 | 102 | 106 | 103 | 104 | 111 | 116 |
| 16 | Übrige | Druck | 100 | 93 | 83 | 79 | 78 | 78 | 78 |
| | | Kautschuk/Kunststoff | 100 | 101 | 98 | 99 | 103 | 100 | 107 |
| | | Rest | 100 | 97 | 90 | 85 | 86 | 89 | 93 |
| | | Holzbearbeitung | 100 | 95 | 95 | 93 | 99 | 98 | 104 |
| Gesamt | Gesamt | 100 | 101 | 101 | 101 | 102 | 103 | 105 | |

Tabelle 4.17 Entwicklung der mit der Produktion der verschiedenen Hochrechnungsfaktoren verbundenen Energieverbräuche (in Indexform)

4.4 Verkehr

4.4.1 Methodik und Daten

Die Analyse des Verkehrssektors stützt sich ebenfalls auf die im Rahmen der Energieperspektiven und bisherigen ex-post Analysen verwendeten Konventionen und Modelle. Aufgrund spezieller Eigenheiten des Verkehrssektors (Dominanz fossiler Treibstoffe, Dominanz des Strassenverkehrs, Off-road als an sich sachfremder, aber doch „verkehrsnahe“ Sektor) hat es sich dabei als zweckmässig herausgestellt, den Sektor Verkehr pragmatisch nach verschiedenen Dimensionen zu kategorisieren, nämlich

- nach Verkehr / Nicht-Verkehr,
- innerhalb des eigentlichen Verkehrsbereichs nach Road / Non-Road

- und dem überlagert nach Energietyp (fossile Treibstoffe, Elektrizität).

Innerhalb der dominierenden Sektoren (Strassenverkehr, Schienenverkehr) wird weiter segmentiert nach Personen- bzw. Güterverkehr sowie jeweils nach Fahrzeugkategorien (Personen-, Lastwagen, Busse etc. bzw. im Schienenverkehr nach Fern / Regionalverkehr). Die nachstehende Tabelle zeigt diese Kategorisierung.

| Verbrauchsklassen | | |
|--|--|---|
| Onroad (Strassenverkehr) | Off-road / Verkehr | Offroad / Nicht-Verkehr |
| <i>Fossile Treibstoffe:</i> - Personenverkehr: Personenwagen, Reisebusse, Linienbusse, Motorräder, Mofas - Güterverkehr: Leichte u. Schwere Nutzfahrzeuge | <i>Fossile Treibstoffe:</i> - Schienenverkehr (v.a. Rangierbetrieb) - Schifffahrt - Flugverkehr (national) | <i>Fossile Treibstoffe:</i> - Land-, Forstwirtschaft, - Baumaschinen, - Industrie, - Militär, - Mobile Geräte (Gartenpflege etc.) |
| | <i>Elektrizität:</i> - Schienenverkehr - (Güter-, Personenverkehr) | |

Tabelle 4.18 Aufteilung der Verbraucher im Kontext Verkehr in verschiedene Gruppen.

Bei der Modellierung werden vier Bereiche unterschieden, die als Bottom-up-Modelle charakterisiert werden können: Strassenverkehr, Schienenverkehr, Off-road und Flugverkehr. Zu den Modellteilen im Einzelnen²¹:

Modell Strassenverkehr

Die Modellierung des Energieverbrauchs des Strassenverkehrs erfolgt grundsätzlich nach folgender Formel:

$$\begin{array}{cccc}
 \text{Energieverbrauch} & = & \text{Fzg-Bestand} & * & \text{km/a/ Fzg} & * & \text{spezif. Verbrauch} \\
 [\text{Tonnen}] & & [\text{N}] & & [\text{km}] & & [\text{g/km}]
 \end{array}$$

Diese Rechenregel ist an sich trivial. Die Komplexität entsteht durch die Differenzierung der Segmente, denn das Modell unterscheidet verschiedene Fahrzeugkategorien: Personenwagen, Lieferwagen, Reisebusse, Linienbusse, Motorräder, Mofas, Schwere Nutzfahrzeuge (LW Solo, Lastenzüge, Sattelzüge). Diese

²¹ Eine ausführlichere Beschreibung der Modelle findet sich in INFRAS 2007, Kap. 2.4.2.

werden zudem nach Grössenklassen wie Hubraum, Antriebsarten (Benzin, Diesel, Gas etc.) und Alter differenziert, um die technologische Entwicklung bezüglich Effizienz und Schadstoffausstoss zu berücksichtigen. Den Bestandeszahlen ist zudem ein "vehicle turnover"-Modell vorgeschaltet, um die nötige Differenzierung über die Zeitachse zu ermitteln (z.B. wachsender Dieselanteil); dessen Kalibration basiert auf den statistischen Bestandeszahlen der EFKO (Eidgenössische Fahrzeug-Kontrolle). Die spezifischen Fahrleistungen basieren im Wesentlichen auf Haushaltsbefragungen (Mikrozensus Verkehr) beziehungsweise speziellen Erhebungen bei den kantonalen Motorfahrzeugkontrollen. Die resultierende Gesamt-Fahrleistung (Bestand*km/Jahr) wird anschliessend nach verschiedenen Verkehrssituationen differenziert (Autobahnen, Ausserorts-, Innerorts, mit/ohne Tempolimit, nach Steigungsklassen, variierende Stauanteile etc.²²), um dem unterschiedlichen spezifischen Verbrauch Rechnung zu tragen. Diese letztgenannte Grösse (spezifischer Verbrauch je Fahrzeuggruppe und Verkehrssituation) basiert zum Teil auf Homologationsdaten des ASTRA, zum Teil auf Real-World-Messungen (z.B. der EMPA und weiteren europäischen Labors).

Eine wichtige Inputgrösse ist unter anderem der Input von *auto-schweiz* zum spezifischen Verbrauch der jeweiligen Neufahrzeuge (PW). Der Effekt wird über das "vehicle-turnover"-Modul integriert und äussert sich im seit 1995 abnehmenden Flottenverbrauch. Aufgrund dieser verschiedenen Inputs berechnet das Modell den Energieverbrauch aggregiert über alle Segmente und über die Zeitreihe hoch.

Modell Schienenverkehr

Hier geht es um die Nachbildung und Interpretation des Stromverbrauchs im Verkehr, weil Strom praktisch ausschliesslich im Schienenverkehr eine Rolle spielt. Der Grundansatz im Schienenverkehr ist vergleichbar zum Strassenverkehr, allerdings ist die Segmentierungstiefe geringer, weil der Schienenverkehr lediglich etwa 4-5 % des Energieverbrauchs ausmacht.

Dabei wird nach fünf Segmenten differenziert: elektrisch betriebener Nahverkehr (Tram, Trolley), Personennah- und -fernverkehr, Güternah- und -fernverkehr. Kerninputgrösse sind die Betriebsleistungen (Zugskm). Über Auslastungsgrade macht das Modell auch den Link zur Nachfrage (in Pkm bzw. Tkm), so dass die Mengenkomponekte nicht nur betriebsleistungs-, sondern auch verkehrsleistungsbezogen hergestellt werden kann.

22 Die Verteilung der Fahrleistung nach Verkehrssituationen basiert auf Angaben des nationalen Verkehrsmodells des ARE.

Es sei allerdings angefügt, dass die statistischen Grundlagen im Schienenverkehr es bisher nicht ermöglichten, eine konsistente Zeitreihe für alle Komponenten (Betriebsleistungen, Energieverbrauch) zu bilden. Allein für den Energieverbrauch gibt es namhafte Differenzen zwischen den statistischen Angaben zwischen BAV/BFS und BFE. Für die Energieperspektiven wurde deshalb ein Mengengerüst 2005 definiert, das weitestgehend mit den statistischen Angaben für jenes Bezugsjahr übereinstimmt (Basis BAV/BFS).

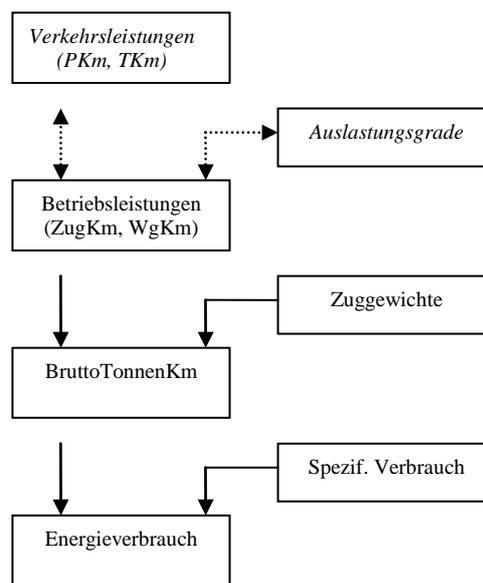


Abbildung 4.11 Berechnungsprinzipien Schienenverkehr.

Modell Off-road

Für die bisherigen ex-post-Analysen stand kein eigentliches Modell zur Verfügung, vielmehr wurde das Mengengerüst gemäss BUWAL-Bericht 49 (1996) als Basis verwendet und aufgrund von Relativ-Entwicklungen z.B. des Bauvolumens im Hoch- und Tiefbau hochgerechnet. Inzwischen liegt beim BAFU eine Neufassung des Off-road-Modells in Entwurfsform vor, das in der ersten Hälfte 2008 veröffentlicht werden soll und das hier verwendet wurde.

Zum Off-road Sektor zählen wir gemäss bisheriger Konvention einerseits zwei Verkehrssektoren, die mit fossilen Treibstoffen betrieben werden (Schiene [in der Schweiz praktisch ausschliesslich Rangierbetrieb], und Schifffahrt) und andererseits sechs weitere "verkehrsnahe" Bereiche (Baumaschinen, Industrie (Werk-

verkehr), Landwirtschaftliche Geräte und Maschinen, Forstwirtschaft, Gartenpflege/Hobby und Militär). Die zugehörigen Energieverbräuche werden im Wesentlichen auf der Basis von zwei Grundlagen ermittelt²³:

- Mengengerüste, d.h. Bestände und Betriebsstunden der verschiedenen Geräte- und Maschinentypen des ganzen Off-road Sektors. Dabei wird nach Einsatzart, Leistungsklasse und Motorentyp differenziert.
- Treibstoffverbrauchs- bzw. Emissionsfaktoren. Diese geben je nach Motortyp den Verbrauch und die Schadstoffemissionen in g/kWh an. Diese werden über die Zeitreihe variiert. Namentlich bei den Schadstoffemissionen ist diese Variation relevant, weil die Grenzwerte und in der Folge die spezifischen Emissionen im Zug der neueren (EU-) Gesetzgebung stufenweise reduziert werden.

Flugverkehr

Der Flugverkehr ist in dem Sinne speziell, als er im Unterschied zum Landverkehr nur zum geringsten Teil mit dem Territorium Schweiz überlappt. Jede Aussage über den Energieverbrauch des Flugverkehrs muss sich deshalb mit Allokationsprinzipien und Bezugsgrößen auseinandersetzen. Im Kontext des CO₂-Gesetzes, aber auch im Rahmen internationaler Konventionen wie dem Kyoto-Protokoll spielt nur der nationale Flugverkehr eine Rolle, der internationale Flugverkehr bleibt (vorerst) ausgeklammert. Der nationale Verkehr macht aber lediglich etwa ca. 6-7 % des Kerosin-Absatzes aus²⁴. Wie in den bisherigen Arbeiten wurde dazu keine eigentliche Modellierung des Flugverkehrs unternommen, zumal das BAZL über das entsprechende Instrumentarium verfügt. Deshalb wurden gestützt auf Angaben des BAZL die Daten des nationalen Flugverkehrs (zivil und Militär) übernommen. Ergänzend werden im Sinne der Dokumentation auch Angaben zur Verkehrsaktivität (Flugbewegungen, Passagiere und Passagier-Km) aufgeführt, um die Dynamik in diesem Bereich im Vergleich zum Landverkehr aufzuzeigen.

23 Die Daten zu den zwei Bereichen Schifffahrt und Gartenpflege sind erst provisorisch, die übrigen Bereiche können als definitiv betrachtet werden.

24 Absatz Kerosin 2005: 50.1 PJ, davon nationaler ziviler Flugverkehr 2005 1.7 PJ und Militär 1.6 PJ, total 3.3 PJ.

4.4.2 Verwendungszwecke des Verkehrs

Tabelle 4.19 und Abbildung 4.12 schlüsseln den Energieverbrauch des Verkehrssektors nach Verkehrsträgern auf. Der Grossteil des Verbrauchs entfällt auf den Strassenverkehr, welcher 86.1 % des Verbrauchs verursacht. Auf den Schienenverkehr entfallen 5 % des Verbrauchs, auf den inländischen Flugverkehr 1.5 % und auf den übrigen Verkehr 6.7 %. Die Schifffahrt ist mit einem Verbrauchsanteil von 0.7 % nur von geringer Bedeutung.

Mit Ausnahme des inländischen Luftverkehrs (-23.1 %) hat der Verbrauch bei allen Verkehrsträgern zugenommen. Das grösste Wachstum zeigt mit einer Zunahme von 1.5 PJ der Schienenverkehr (+14.8 %). Der Verbrauch des Strassenverkehrs ist ebenfalls angewachsen, aber nur geringfügig (+1.7 PJ; +0.9 %). Der Energieverbrauch für den Verkehr auf dem Wasser hat um 0.1 PJ zugenommen, der übrige Verkehr um 0.2 PJ. Daraus resultiert eine Zunahme des Gesamtverbrauchs um 2.4 PJ (+1.1 %).

| Verkehrsträger | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Luft | 4.33 | 4.05 | 3.87 | 3.59 | 3.45 | 3.32 | 3.33 |
| Schiene | 9.88 | 10.12 | 10.18 | 10.30 | 10.49 | 10.96 | 11.34 |
| Strasse | 192.60 | 192.97 | 193.49 | 194.09 | 194.48 | 195.06 | 194.27 |
| Wasser | 1.48 | 1.49 | 1.51 | 1.52 | 1.54 | 1.55 | 1.56 |
| übrige | 14.78 | 14.82 | 14.87 | 14.91 | 14.95 | 15.00 | 15.01 |
| Summe | 223.08 | 223.45 | 223.90 | 224.42 | 224.91 | 225.89 | 225.51 |

Tabelle 4.19 Verkehrssektor: Energieverbrauch nach Verkehrsmoden (in PJ).

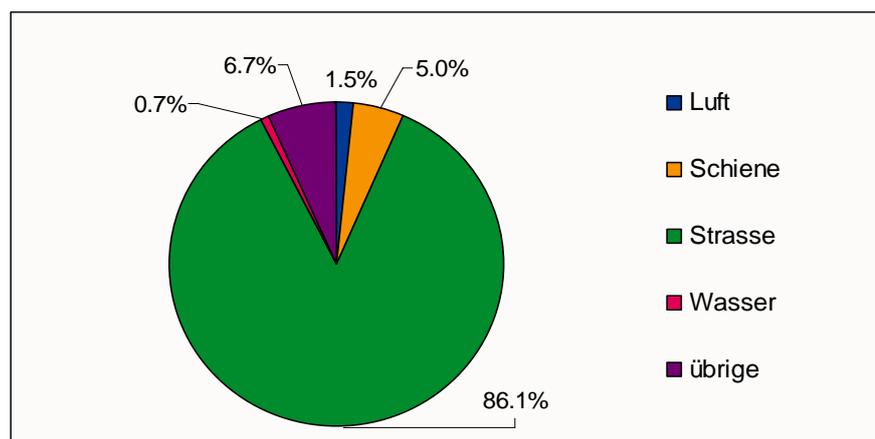


Abbildung 4.12 Verkehrssektor: Prozentualer Anteil der Verkehrsmoden am Energieverbrauch 2006.

Eine weitere Unterscheidung kann hinsichtlich der Differenzierung zwischen Güter- und Personenverkehr vorgenommen werden (Tabelle 4.20). Der Personenverkehr hat mit 73.2 % einen deutlich grösseren Verbrauchsanteil als der Güterverkehr mit einem Anteil von 18 %. 8.8 % des Verbrauchs können nicht eindeutig auf eine der beiden Kategorien zugewiesen werden, das betrifft vor allem den Offroad-Sektor. Der Verbrauch hat sowohl beim Güterverkehr (+7.2 %) als auch beim Personenverkehr (+0.2 %) zugenommen. Aufgrund der stärkeren Zunahme des Güterverkehrs hat sich eine leichte relative Anteilsverschiebung in Richtung des Güterverkehrs ergeben. Der Anteil des Güterverkehrs am Verbrauch ist um 1 % gestiegen, der Anteil des Personenverkehrs hat um 0.6 % abgenommen.

| P/G | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Güter | 37.90 | 37.61 | 37.33 | 37.63 | 38.29 | 39.23 | 40.62 |
| Personen | 164.59 | 165.48 | 166.33 | 166.77 | 166.69 | 166.79 | 164.99 |
| undifferenziert | 20.59 | 20.37 | 20.24 | 20.02 | 19.94 | 19.86 | 19.90 |
| Summe | 223.08 | 223.45 | 223.90 | 224.42 | 224.91 | 225.89 | 225.51 |

Tabelle 4.20 Verkehrssektor: Energieverbrauch nach Verwendungsart (in PJ).

Tabelle 4.21 bildet den Energieverbrauch im Verkehrssektor nach Energieträgern ab. Benzin, gefolgt von Diesel sind die wichtigsten Energieträger, auf die über 90% des sektoralen Energieverbrauchs entfällt (Abbildung 4.13). Der geringe Kerosinverbrauch ist darauf zurückzuführen, dass lediglich der inländische Flugverkehr berücksichtigt wird. Der CNG-Verbrauch²⁵ kommt von der Industrie (unter Off-road) und ist noch völlig marginal. Das gilt auch für den CNG-Absatz im Strassenverkehr.

Es zeigt sich eine Verschiebung des Benzinverbrauchs in Richtung Dieserverbrauch. Der Benzinverbrauch hat zwischen 2000 und 2006 um 19.5 PJ abgenommen (-13.1 %), während der Dieserverbrauch um 21.6 PJ zugenommen hat (+35.8 %). Der Treibstoffverbrauch für den Strassenverkehr hat somit um nur 2 PJ (+1 %) zugenommen, obwohl der Gesamtfahrzeugbestand in den sieben Jahren um über 11 % zugenommen hat (Tabelle 2.3). Um 1.4 PJ zugenommen hat der Stromverbrauch (+15.7 %). Diese Menge entspricht annähernd der Verbrauchszunahme von 1.5 PJ im Schienenverkehr. Hingegen hat der inländische Kerosinverbrauch (Flugverkehr) um 1 PJ (-23.1 %) abgenommen.

25 CNG: Compressed Natural Gas.

| Energieträger in PJ | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Benzin | 149.42 | 148.65 | 147.42 | 144.60 | 141.37 | 138.10 | 129.92 |
| Diesel | 60.15 | 61.36 | 63.17 | 66.67 | 70.35 | 74.27 | 81.69 |
| Kerosin | 4.33 | 4.05 | 3.87 | 3.59 | 3.45 | 3.32 | 3.33 |
| CNG | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 0.32 |
| Elektrizität | 8.86 | 9.08 | 9.13 | 9.24 | 9.42 | 9.88 | 10.25 |
| Summe | 223.08 | 223.45 | 223.90 | 224.42 | 224.91 | 225.89 | 225.51 |

Tabelle 4.21 Verkehrssektor: Endverbrauch nach Energieträgern (in PJ).

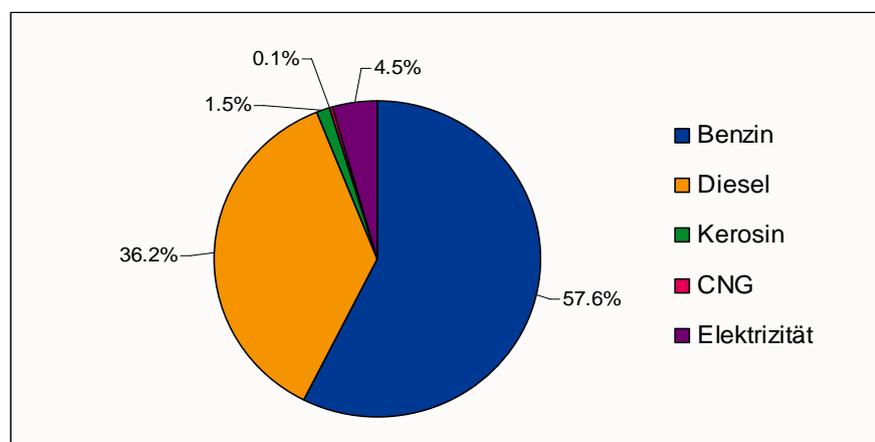


Abbildung 4.13 Verkehrssektor: Anteil der Energieträger am Energieverbrauch 2006.

5 Literaturverzeichnis

- Aebischer B. et al. (1988). Perspectives de la demande d'énergie en Suisse, 1985-2025. Série de publications du GESE No 18. Office fédéral de l'énergie, Berne 1988.
- Aebischer et al. (2008). Aebischer, B. Catenazzi, G. und Jakob, M. Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 - 2006 nach Verwendungszwecken. Sektorbericht zuhanden des BFE.
- Aebischer B. und Catenazzi G. (2007). Der Energieverbrauch der Dienstleistungen und der Landwirtschaft, 1990 – 2035. Ergebnisse der Szenarien I bis IV und der zugehörigen Sensitivitäten BIP hoch, Preise hoch und Klima wärmer. Bundesamt für Energie, Bern, März.
- Aebischer B. und Schwarz J. (1998). Dokumentation zur Studie "Perspektiven der Energienachfrage des tertiären Sektors für Szenarien I bis III 1990-2030". Bundesamt für Energie, Bern, März.
- BFE (2001). Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2000. Bundesamt für Energie (BFE), Bern.
- BFE (2002). Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2001. Bundesamt für Energie (BFE), Bern.
- BFE (2003). Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2002. Bundesamt für Energie (BFE), Bern.
- BFE (2004). Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2003. Bundesamt für Energie (BFE), Bern.
- BFE (2007a). Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2006. Bundesamt für Energie (BFE), Bern.
- BFE (2007b) Energieperspektiven 2035. Bundesamt für Energie (BFE), Bern.
- BFE (2007c). Energieverbrauch in der Industrie und im Dienstleistungssektor. Resultate 2005. Bundesamt für Energie BFE, Bern.
- BUWAL (1996). Schadstoffemissionen und Treibstoffverbrauch des Offroad-Sektors, Umweltmaterialien Nr. 49, Bern 1996.
- INFRAS (2007). Der Energieverbrauch des Sektors Verkehr 1990-2035. im Auftrag BFE, Januar 2007.
- Jakob et al. (2004). Grenzkosten bei formierten Energieeffizienzmassnahmen bei Wohngebäuden, im Auftrag des BFE, Zürich, 2004.
- Jakob M. und Jochem E. (2003). Erneuerungsverhalten im Bereich Wohngebäude. Im Auftrag des Forschungsprogramms "Energiewirtschaftliche Grundlagen (EWG) des Bundesamts für Energie (BFE), Bern.

Prognos (2003). Einfluss von Temperatur- und Globalstrahlungsschwankungen auf den Energieverbrauch der Gebäude. P.Hofer, Prognos AG Basel, im Auftrag des Bundesamtes für Energie BFE, Bern.

Prognos et al. (2007). Prognos, CEPE, Basics und Infras: Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2006 und 2007. Offerte zuhanden Bundesamt für Energie. Basel.

SIA (2001). SIA Norm 380/1 - Thermische Energie im Hochbau. SIA, Zürich.

VSE (2005). VSE Stromverbrauchserhebung 2005. Grieder, T. und Huser, A. (Encontrol) im Auftrag des VSE.