



DIW Berlin

Deutsches Institut
für Wirtschaftsforschung

Fraunhofer



Institut
Systemtechnik und
Innovationsforschung



Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienst- leistungen (GHD)

Projektnummer 17/02

Kurzfassung des Abschlussberichts an das
Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit

*Barbara Schlomann, Edelgard Gruber, Wolfgang Eichhammer,
Nicola Kling*

Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung
(Fraunhofer ISI), Karlsruhe

Jochen Diekmann, Hans-Joachim Ziesing, Heilwig Rieke, Franz Wittke
Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin

Till Herzog, Mario Barbosa

GfK Marketing Services GmbH & Co. KG, Nürnberg

Sylvia Lutz, Uwe Broeske

GfK Panel Services Consumer Research GmbH, Nürnberg

Dieter Merten, Doris Falkenberg, Moritz Nill, Martin Kaltschmitt
Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Leipzig

Bernd Geiger, Heinrich Kleeberger, Roland Eckl

Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik an der
Technischen Universität München (TUM)

Karlsruhe, Berlin, Nürnberg, Leipzig, München, April 2004

Ansprechpartner in den Instituten:

Dipl.-Volksw. Barbara Schlomann (Projektleitung)

Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI)
Breslauer Str. 48, 76139 Karlsruhe
Telefon: 0721/6809-136, Fax 0721/6809-272
E-Mail: b.schlomann@isi.fraunhofer.de

Dr. Hans-Joachim Ziesing

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin)
Königin-Luise-Str. 5, 14195 Berlin
Telefon: 030/89789 – 683; Fax: 030/89789 – 200
E-Mail: hziesing@diw.de

Till Herzog

GfK Marketing Services GmbH & Co. KG
Nordwestring 101, 90319 Nürnberg
Telefon: 0911/395-2292, Fax: 0911/336970
E-Mail: till.herzog@gfk.de

Uwe Broeske

GfK Panel Services Consumer Research GmbH
Nordwestring 101, 90319 Nürnberg
Telefon: 0911/395-3629, Fax: 0911/395-4053
E-Mail: uwe.broeske@gfk.de

Prof. Dr. Martin Kaltschmitt

Institut für Energetik und Umwelt gGmbH
Torgauer Str. 116
04347 Leipzig
Telefon: 0341/2434-113; Fax: 0341/2434-133
E-Mail: mk@ie-leipzig.de

Dr. Bernd Geiger

Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik an der Technischen Universität München (TUM)
Arcisstr. 21, 80333 München
Telefon: 089/289-28309, Fax: 089/289-28313
E-Mail: bgeiger@ewk.ei.tum.de

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Zielsetzung und methodisches Vorgehen	1
2 Sektor Private Haushalte	3
3 Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)	8
4 Wärmegewinnung aus Biomasse in den Sektoren Private Haushalte und GHD	15
5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen	20
6 Literatur	23

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1-1: Vergleich des methodischen Vorgehens bei den Erhebungen im Haushalts- und GHD-Sektor	2
Tabelle 2-1: Auswahl der Hochrechnungsansätze im Sektor Private Haushalte	4
Tabelle 2-2: Hochrechnung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte in Deutschland 2002 und Vergleich mit der Energiebilanz	5
Tabelle 2-3: Fahrleistung und Verbrauch der Pkw in privaten Haushalten nach Antriebsarten und Hubraumklassen	7
Tabelle 3-1: Charakteristische Kennwerte der in der Breitenerhebung erfassten Gruppen innerhalb des GHD-Sektors.....	9
Tabelle 3-2: Hochrechnung des Energieverbrauchs im GHD-Sektor in Deutschland 2001 nach Branchengruppen und Energieträgern sowie Vergleich mit der Energiebilanz.....	10
Tabelle 4-1: Anlagenbestand und Holzverbrauch zur Wärmeerzeugung in den Privaten Haushalten in Deutschland 2002	16
Tabelle 4-2: Anzahl der dem GHD-Sektor zuzuordnenden Kesselanlagen und Höhe der verbrauchten Holzmenge im Jahr 2002.....	17
Tabelle 4-3: Anlagenbestand zur energetischen Nutzung flüssiger Bioenergieträger im Jahr 2002 in Deutschland	18
Tabelle 5-1: Hochrechnung des Energieverbrauchs der Haushalte und des GHD-Sektors auf Basis der Befragungen und Vergleich mit der Energiebilanz.....	21

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Spezifischer Strom- und Brennstoffverbrauch pro Bezugseinheit ¹⁾ nach Anwendungszwecken.....	12
--	----

1 Zielsetzung und methodisches Vorgehen

Zielsetzung der Studie war es, mittels empirischer Erhebungen belastbare, repräsentative und international vergleichbare energiebezogene Daten für die Sektoren „Private Haushalte“ und „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“, die rund 45 % des Endenergieverbrauchs in Deutschland beanspruchen, zu gewinnen. Dabei sollte ein Detaillierungsgrad erreicht werden, der über die gesamtsektorale Ebene hinausgeht und mit energieverbrauchsbestimmenden Faktoren auf der Basis sektorspezifischer technischer Ausstattungen unterfüttert ist. Ein Vertiefungsaspekt war dabei der Beitrag erneuerbarer Energien, insbesondere der Biomasse, zur Energieversorgung. Die Erfahrungen mit empirischen Instrumenten in diesen Erhebungen sollten in Empfehlungen für das künftige Vorgehen münden, so dass mit möglichst geringen Kosten zuverlässige, zeitnahe Daten für die beiden Sektoren vorliegen.

Im Sektor Private Haushalte wurde im Dezember 2002 eine schriftliche Erhebung durchgeführt, die zu einer auswertbaren Fallzahl von 20 325 Haushalten führte. Der ausschlaggebende Grund, diese Methode – trotz der für die Beantwortung teils schwierigen Fragestellungen – zu wählen, waren die wesentlich geringeren Kosten gegenüber einer persönlichen Befragung. Die Feldarbeit erfolgte durch die GfK im Rahmen einer dort ohnehin stattfindenden Mehrthemen-Umfrage in einem bereits bestehenden Haushaltspanel, was die Kosten nochmals reduzierte. Zwei Seiten des Fragebogens widmeten sich nunmehr dem Energieverbrauch und verschiedenen Einflussvariablen. Für die Auswertung wurde eine Gewichtung auf repräsentative Haushaltsstrukturen vorgenommen. Die in der Erhebung ermittelten Energieverbrauchsangaben wurden energieträgerspezifisch auf den Gesamtverbrauch der Privaten Haushalte in Deutschland hochgerechnet. Dabei wurde ein Hochrechnungsansatz zu Grunde gelegt, der als Hauptbezugsgröße die Wohnfläche verwendet und zusätzlich eine Schichtung nach Regionen (alte und neue Länder) und Gebäude- bzw. Haushaltsgröße vornimmt (vgl. Tabelle 1-1).

Im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen erfolgte Anfang 2003 eine exklusive, persönliche Befragung in insgesamt 2 121 Arbeitsstätten durch geschulte Interviewer der GfK. Schwerpunkte waren Energieverbrauch, Ausstattung mit energierelevanten Querschnittstechnologien sowie Fragen nach der Betriebsstruktur und ein branchenspezifischer Teil. Für die Befragung wurde eine Quotierung vorgegeben; dazu wurde der Sektor in 12 Gruppen unterteilt, die sich jeweils nach möglichst homogenen Branchen weiter differenzierten, so dass angepasste Fragebögen für insgesamt 29 Splits vorlagen. Bei der Festlegung der zu interviewenden Betriebe sollte zudem darauf geachtet werden, dass noch weiter aufgeteilte Untergruppen und unterschiedliche Betriebsgrößen angemessen repräsentiert waren. Ergänzt wurde die Betriebsbefragung durch 40 Tiefeninterviews in ausgewählten Branchen im Anschluss an die Hauptbefragung. Hierdurch sollen in einem rollierenden System im Verlauf mehrerer Jahre energierelevante technologische Details für alle Bran-

chen erhoben werden. Begonnen wurde in diesem Jahr mit Handel, Baugewerbe und Landwirtschaft. Die Hochrechnung der erhobenen Verbrauchsdaten auf den gesamten Energieverbrauch des GHD-Sektors in Deutschland erfolgte über die Zahl der Beschäftigten (vgl. Tabelle 1-1).

Tabelle 1-1: Vergleich des methodischen Vorgehens bei den Erhebungen im Haushalts- und GHD-Sektor

	Haushaltsbefragung	Breitenerhebung GHD
Stichprobenumfang	20325 Haushalte (27000 brutto)	2121 Arbeitsstätten (Soll 2000)
Stichprobenauswahl	Repräsentatives Panel	Quotierung
Befragungsart	schriftlich	mündlich (face to face)
Fragebogenumfang	2 Seiten einschl. Pkw-Fragen; innerhalb der Standardbefragung des GfK Haushaltspanel	3,5 Seiten, davon 1 Seite branchenspezifisch
Datenprüfung, Bandbreiten	spezifischer Energieverbrauch und Durchschnittskosten; Ausschluss von über 30 %	spezifischer Energieverbrauch; Ausschluss von max. 20 %
Hauptbezugsgröße	Wohnflächen, Haushalte	Beschäftigte
Schichtung	Region, Gebäudeart, Haushaltstyp	12 Gruppen, 29 Splits, Sub-splits
Energiestruktur	aus Befragung oder Mikrozensus	aus Befragung
Bestandsdaten	MZ-Zusatzerhebung 2002	MZ 2002 ET3 und andere Quellen
Sekundärstatistiken	-	für Landwirtschaft und Flughäfen
Ergänzung durch	-	Intensivbefragung (Tiefeninterviews) für Handel, Baugewerbe und Landwirtschaft

Zur Erhebung des Bioenergieverbrauchs im Haushalts- und im GHD-Bereich existieren im Wesentlichen zwei mögliche Ansätze: über den Gesamtbestand an Wärmeerzeugungsanlagen mit den entsprechenden spezifischen Nutzungsfaktoren sowie über das Gesamtaufkommen an Biobrennstoffen in den entsprechenden Sektoren. Zur Ermittlung der Wärmebereitstellung aus Biomasse wurden in dieser Untersuchung die vorhandenen statistischen Daten, aus denen Rückschlüsse über die gegenwärtige Nutzung abgeleitet werden können, zusammengestellt und durch gezielt erhobene Primärdaten ergänzt.

2 Sektor Private Haushalte

Die Befragung der Haushalte fand im Dezember 2002 bei insgesamt über 27 000 repräsentativ ausgewählten deutschen Privathaushalten im GfK Mail Panel statt. Der Gesamt-Rücklauf war mit 20 325 oder 75 % der versandten Stichprobe als sehr gut zu bezeichnen, zumal die abgefragten Angaben zum Teil relativ anspruchsvoll waren. Dies gilt insbesondere für die zentrale Frage zu Energieverbrauchsmengen und –kosten. Die Auswertung der Befragungsdaten mündete zum einen in eine Hochrechnung des Energieverbrauchs für das Jahr 2002 und zum anderen in Analysen von energietechnisch relevanten Ausstattungs- und Strukturmerkmalen sowie Einflussgrößen auf den Energieverbrauch.

Hochrechnung des Energieverbrauchs

Hilfreich für die Hochrechnung der in der Befragung ermittelten Energieverbrauchsmengen auf den Gesamtverbrauch in Deutschland war, dass für das Untersuchungsjahr die Ergebnisse der Mikrozensus-Zusatzerhebung 2002 (Statistisches Bundesamt 2003) als statistische Basis verwendet werden konnten.

Als Bezugsgröße für die Hochrechnung wurde für die meisten Energieträger die Wohnfläche gewählt, da diese mit dem mengenmäßig überwiegenden Verbrauch zum Heizen am besten korreliert. Bei Kohlen und Holz wurde auf Grund einer geringeren Flächenabhängigkeit des Verbrauchs eine kombinierte Hochrechnung über Flächen und über Wohnungen vorgenommen, beim Strom (ohne Elektrospeicherung) erfolgte die Hochrechnung über die Zahl der Haushalte.

Die Hochrechnungen basieren dabei auf einer Schichtung nach Regionen und Gebäudegrößen bzw. Haushaltstypen. Die Daten für die Schätzung der Energiestruktur beruhen grundsätzlich auf den Befragungsergebnissen, die allerdings im Fall von Erdgas und Braunkohle teilweise anhand der Angaben aus der Mikrozensus-Zusatzerhebung angepasst wurden. Bei der Hochrechnung des Verbrauchs von Heizöl und Fernwärme wurden vollständig die Daten der überwiegenden Heizenergieart gemäß Mikrozensus-Zusatzerhebung verwendet.

Die für die einzelnen Energieträger ausgewählten Hochrechnungsansätze sind in Tabelle 2-1 zusammenfassend nach Bezugsgröße, Schichtung und Energieträgerstruktur beschrieben, wobei auch die Qualität der aus der Befragung zu Grunde liegenden Verbrauchsdaten bewertet wird.

Tabelle 2-1: Auswahl der Hochrechnungsansätze im Sektor Private Haushalte

	Bezugsgröße	Schichtung		Energiestruktur	Datenqualität
Strom mit ESH	Fläche	Gebäudegröße	(Region)	Befragung	3
Strom ohne ESH	Haushalte	Haushaltsgröße	Region	(100 %)	2
Gas	Fläche	Gebäudegröße	Region	Befragung, MZ-ZE	3
Flüssiggas	Fläche	-	-	Befragung	5
Heizöl	Fläche	Gebäudegröße	Region	MZ-ZE	3
Fernwärme	Fläche	Gebäudegröße	-	MZ-ZE	5
Steinkohle	Fläche, Wohn.	-	-	Befragung	5
Braunkohle	Fläche, Wohn.	-	Region	Befragung, MZ-ZE	4
Holz	Fläche, Wohn.	-	Region	Befragung	4
Erläuterungen:					
ESH	Haushalte mit Elektrospeicherheizung				
Holz	Stückholz und sonstiges Holz, ohne Pellets und Hackschnitzel				
Fläche	in bewohnten Wohneinheiten in Gebäuden mit Wohnraum (ohne Wohnheime)				
Wohn.	bewohnte Wohneinheiten in Gebäuden mit Wohnraum (ohne Wohnheime)				
Haushalte	in Gebäuden mit Wohnraum (ohne Wohnheime)				
Gebäudegröße	1, 2, 3 und mehr Wohneinheiten in Wohngebäuden (ohne Wohnheime)				
Region	Alte Länder, Neue Länder				
Befragung	gemäß (vollständig) angegebenen Anwendungszwecken in der Befragung				
MZ-ZE	Mikrozensus-Zusatzerhebung 2002				
Datenqualität	Qualität der Energieverbrauchsangaben in der Befragung, Noten 1 bis 6				

Aus dieser Hochrechnung ergab sich ein Gesamtenergieverbrauch der Haushalte von 700 Mrd. kWh für 2002, der sich zu 18 % auf Strom, 38 % auf Gas, 31 % auf Heizöl, 5 % auf Fernwärme, 1 % auf Kohle und 7 % auf Holz und sonstige Energieträger aufteilt (Tabelle 2-2). Verglichen mit dem Verbrauch, den die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2003) ausweist, ergaben die Hochrechnungen in der Summe und bei allen Energieträgern mit Ausnahme des Heizöls geringere Verbrauchswerte. Die Gesamtdifferenz von knapp 7 % ist angesichts der Unsicherheiten, die mit der Befragung und darüber hinaus mit der Hochrechnung verbunden sind, jedoch insgesamt nicht als sehr groß zu bewerten. Die Hauptunsicherheitsfaktoren waren dabei unvollständige oder fehlerhafte Angaben der Haushalte zum Energieverbrauch, Verzerrungen der Stichprobe bei verbrauchsbestimmenden Faktoren, soweit diese nicht durch entsprechende Schichtungen berücksichtigt werden können (v. a. Gebäudegröße von Mehrfamilienhäusern und Gebäudealter) sowie Abgrenzungsprobleme hinsichtlich der statistischen Basis der Grundgesamtheit (u. a. bei der Behandlung von leerstehenden Wohnungen oder von Haushalten mit Nebenwohnungen). Auf Grund der in dieser Untersuchung gemachten Erfahrungen ist allerdings zu erwarten, dass bei künftigen Befragungen der Unsicherheitsbereich verringert werden kann.

Tabelle 2-2: Hochrechnung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte in Deutschland 2002 und Vergleich mit der Energiebilanz

	Energiebilanz ¹⁾		Hochrechnung		
	Mrd. kWh	%	Mrd. kWh	%	En.bil.=100
Strom	133,9	17,9	125,2	17,9	93,5
Erdgas	285,8	38,1	255,5	36,5	89,4
Flüssiggas	8,9	1,2	8,2	1,2	92,3
Heizöl ²⁾	215,3	28,7	219,8	31,4	102,1
Fernwärme	44,7	6,0	37,8	5,4	84,6
Steinkohle	3,3	0,4	1,4	0,2	43,4
Braunkohle	5,0	0,7	4,4	0,6	87,0
Holz ³⁾	52,8	7,0	47,2	6,8	89,5
Insgesamt	749,7	100,0	699,6	100,0	93,3
<p>1) Vorläufige Werte, Stand August 2003 2) Heizöl unter Energiebilanz einschl. übr. Mineralölprodukte 3) Holz unter Energiebilanz einschl. sonst. Energieträger <i>Kursive Angaben nur eingeschränkt belastbar</i> Quellen: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen; Berechnungen des DIW Berlin auf Basis der Haushaltsbefragung zum Energieverbrauch und der Mikrozensus-Zusatzerhebung 2002</p>					

Weitere Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch

Über die Hochrechnung hinaus hat die Befragung von Haushalten eine Fülle wertvoller Informationen zum Energieverbrauch und zu seinen strukturellen und soziodemografischen Determinanten gebracht. Neben technischen Daten zu Gebäudeart, -größe, -alter, Heizungs- und Warmwassersystem sowie Ausstattung mit Elektrogeräten wurden alle wichtigen sozialstrukturellen Daten wie Haushaltsgröße, Alter, Beruf oder Hauseigentum erfasst, und auch verhaltensbezogene Angaben nach Raumtemperaturen und Lüftungsgewohnheiten wurden erfragt. Die große Fallzahl erlaubte detaillierte Auswertungen über Zusammenhänge mit dem Energieverbrauch. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass nur gut ein Drittel der Befragten verwendbare Aussagen zum Energieverbrauch machen konnten; darunter sind die Eigenheimbesitzer bei weitem überrepräsentiert. Bei diesen Auswertungen wurde deshalb immer nach dem Haustyp differenziert. Die Nennungen zum Wohn- und Heizungsverhalten zeigen hingegen eine Verteilung auf die Haustypen entsprechend der Grundgesamtheit. Ferner wurden hier nur die Brennstoffverbräuche ausgewertet, da bei Strom nicht zwischen Heizungszweck und anderer Verwendung unterschieden werden kann.

Den größten Einfluss auf den Energieverbrauch haben einige technische Merkmale: Ein- und Zweifamilienhäuser liegen mit einem jährlichen Brennstoffverbrauch von 202 kWh/m^2 deutlich höher als Mehrfamilienhäuser mit 145 kWh/m^2 . Mit neueren Baujahren nimmt der Verbrauch kontinuierlich ab, insgesamt um 38 %; dies gilt für alle Haustypen. Der Energieverbrauch sinkt jedoch nicht in dem Maße, wie es die Erhöhungen der Wärmeschutzanforderungen eigentlich bewirkt haben müssten; dies dürfte auf Ausführungsmängel und verändertes Wohnverhalten (höhere Temperaturen, gleichmäßigere Beheizung der Räume) zurückzuführen sein. Eine kontinuierliche Verringerung des Verbrauchs über die Jahre deutet darauf hin, dass die Verbreitung besserer Standard-Bauteile eine wesentliche Rolle gespielt hat. Auch das Alter der Heizkessel hat einen merklichen Einfluss, der sich in allen Baualterklassen der Häuser bemerkbar macht. Ferner zeigt der von den Befragten eingeschätzte Wärmedämmzustand des Gebäudes einen klaren Zusammenhang mit dem Brennstoffverbrauch.

Im Wohnverhalten wirkt sich vor allem die Lüftungsintensität auf den Energieverbrauch aus. Zwar praktiziert fast die Hälfte der Befragten im Winter die energieeffiziente Stoßlüftung im Wohn- und Schlafzimmer, ein weiterer großer Anteil von 38 % öffnet im Wohnzimmer die Fenster nur kurz, lässt sie aber im Schlafzimmer längere Zeit in Kippstellung. Geringer ist demgegenüber der Einfluss der Raumtemperaturen, die im Wohnzimmer bei der großen Mehrheit zwischen 20 und $22 \text{ }^\circ\text{C}$ und im Schlafzimmer zwischen 15 und $18 \text{ }^\circ\text{C}$ angegeben wurden. Die Bade- und Duschgewohnheiten sind sehr unterschiedlich; sie spielen aber eine vergleichsweise geringe Rolle. Nimmt man Erfahrungswerte für den Warmwasserverbrauch pro Dusch- und Wannenbad, so lässt sich aus den Angaben der Befragten für Wannen- und Duschbäder ein Verbrauch pro Person von wöchentlich gut 200 Litern Warmwasser errechnen.

Für die Analyse des Haushaltsstromverbrauchs wurde die Ausstattung mit elektrischen Geräten und Lampen sowie die Nutzung der Geräte erfasst. Einbezogen wurden die großen Haushaltsgeräte sowie Fernseher, Computer Klimagerät, Kleinheizgerät, Wasserbett, Aquarium und Sauna. Fast alle Haushalte verfügen über Waschmaschine, Kühlgerät – teils in Kombination mit einem Gefriergerät – sowie Fernseher und Elektroherd; rund die Hälfte der Haushalte hat mehr als einen Fernseher und ein Kühl-/Gefriergerät. Der Stromverbrauch, der im Durchschnitt bei $3\,340$ kWh pro Haushalt lag, wird wesentlich von der Zahl der vorhandenen Geräte – durchschnittlich acht pro Haushalt – beeinflusst. Über die Energieeffizienzklasse ihrer Geräte konnte nur ein geringer Teil der Befragten Auskunft geben: zwischen 7 % bei Elektroherden und 23 % bei Waschmaschinen. Durchschnittlich nannte die Hälfte dieser Haushalte die Energieeffizienzklasse A. Neben den Geräten spielt die Beleuchtung eine Rolle für den Stromverbrauch. Im Mittel zählten die Befragten 25 Lampen in ihrem Haushalt, davon war etwa jede siebte eine Energiesparlampe.

Pkw-Nutzung in privaten Haushalten

Mit einem zusätzlichen Fragenkomplex wurden Daten zur Pkw-Nutzung privater Haushalte erhoben. Erfasst wurden wesentliche Strukturmerkmale in Bezug auf die Ausstattung mit Pkw, die Nutzungsintensität und den Kraftstoffverbrauch. Der Schwerpunkt lag hier im Vergleich der Befragungsergebnisse mit Daten aus anderen Quellen, insbesondere der aktuellen Studie „Mobilität in Deutschland 2002“ (DIW/infas 2003).

Auch wenn ex post durchgeführte Befragungen grundsätzlich nur eingeschränkt geeignet sind, den tatsächlichen Kraftstoffverbrauch zu ermitteln, zeigten die Vergleiche, dass sich auf Basis der Befragung nicht nur wichtige Strukturmerkmale der Ausstattung privater Haushalte mit Pkw, sondern auch deren Nutzungsintensität und Kraftstoffverbrauch vergleichsweise gut erfassen lassen.

Nach den Ergebnissen der Befragung privater Haushalte werden im Durchschnitt mit einem Pkw 13 112 km pro Jahr gefahren, wobei ein mittlerer Verbrauch von 8,1 Litern pro 100 km erreicht wird. Fahrleistung und Verbrauch der Pkw hängen aber wesentlich von der Hubraumklasse und der Antriebsart ab (Tabelle 2-3). Größere Pkw werden generell intensiver genutzt und haben einen höheren spezifischen Kraftstoffverbrauch als kleinere Pkw. Im Vergleich zu Pkw mit Otto-Motoren sind Diesel-Fahrzeuge deutlich sparsamer und werden deshalb vor allem für größere Jahresfahrleistungen eingesetzt. Die Angaben der Haushalte zu den Fahrleistungen weisen eine große Streuung auf; hierbei dürften sehr hohe Fahrleistungen in einigen Fällen auf einer geschäftlichen Nutzung der Pkw beruhen.

Tabelle 2-3: Fahrleistung und Verbrauch der Pkw in privaten Haushalten nach Antriebsarten und Hubraumklassen

	Fahrleistung in km pro Jahr			Verbrauch in Liter pro 100 km		
	Otto	Diesel	Gesamt	Otto	Diesel	Gesamt
Pkw mit Hubraum ...						
bis 999 ccm	8.723	17.034	9.036	6,7	4,9	6,6
1000 bis 1499 ccm	10.220	16.870	10.328	7,3	5,7	7,3
1500 bis 1999 ccm	12.212	21.088	13.805	8,4	6,4	8,1
2000 u.m. ccm	13.874	22.931	16.471	10,1	7,9	9,5
Gesamt	11.661	21.570	13.112	8,3	6,9	8,1

3 Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)

Die für den GHD-Sektor gewählten Methoden und Informationsbeschaffungen orientierten sich an den Erfahrungen, die im Zuge früherer Detaillierungsstudien (DIW/EWI/RWI 1982, 1986) und vor allem der letzten aktuellen Erhebung zum "Energieverbrauch und Energieeinsparung im Gewerbe, Handel, Dienstleistung" (Geiger/Gruber/Megele 1999) Mitte der 90er Jahre gewonnen wurden. Diese eröffneten eine Reihe von vereinfachenden Möglichkeiten der Informationsbeschaffung, die mit dieser Untersuchung erstmals umgesetzt wurden.

Breitenerhebung

Im GHD-Sektor wurden zunächst im Rahmen der Breitenerhebung persönliche Interviews in 2 121 Arbeitsstätten aus zwölf Gruppen durchgeführt. Im Quervergleich der 12 erfassten Gruppen ließen sich zunächst einige charakteristische Kennwerte ableiten, die sich auf die Art der Arbeitsstätte, die Betriebsgröße und –fläche sowie die Beheizung und das Warmwasser bezogen (vgl. Tabelle 3-1). Da Angaben zum Strom- und Brennstoffverbrauch befragter Arbeitsstätten nicht direkt überprüfbar sind, wurden auf dieser Grundlage zunächst spezifische Verbrauchswerte gebildet, definiert als Energieverbrauch pro Beschäftigten, pro m² beheizter Fläche und pro Betriebsfläche. Diese wurden, basierend auf plausiblen Unter- und Obergrenzen für die „erfragten“ spezifischen Verbrauchswerte, kritisch geprüft und die im extremen Randbereich der Verteilung des spezifischen Verbrauchs liegenden Arbeitsstätten bei weiteren Betrachtungen nicht mehr berücksichtigt. Insgesamt erwies sich die Qualität der Angaben, auch derjenigen zum Energieverbrauch, als sehr gut, was insbesondere auf die Art der Befragung – persönliche Interviews vor Ort – zurückzuführen war.

Hochrechnung des Energieverbrauchs

Eine Hochrechnung des Strom- und Brennstoffverbrauches sowie der Betriebsflächen setzt für alle Arbeitsstättenbereiche eine in ausreichender Untergliederung vorhandene, statistisch gesicherte und regelmäßig verfügbare Größe voraus, die ein Abbild Deutschlands im GHD-Bereich erlaubt. Als plausibelste Bezugseinheit für die meisten Gruppen erwiesen sich unter diesen Vorgaben die Beschäftigten der Arbeitsstätten¹. Diese konnten für das Erhebungsjahr aus der aktuellen Mikrozensus-erhebung des Statistischen Bundesamtes (2002, ET3) entnommen werden. Da diese jedoch nicht zwischen Beschäftigten im GHD- und Industriesektor unterscheidet, war eine aufwändige Abgrenzung zum Industriesektor erforderlich.

¹ Für die Gruppe 6 (Krankenhäuser, Schulen, Bäder) wurden als den Energieverbrauch noch trefflicher beschreibende Bezugseinheiten Planbetten, Schüler bzw. Wasserfläche hinzugezogen, für die Gruppe 11 (Flughäfen) die Beschäftigten der Flughafengesellschaften.

Tabelle 3-1: Charakteristische Kennwerte der in der Breiterhebung erfassten Gruppen innerhalb des GHD-Sektors

Frage	Beschreibung	Gruppe											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Zahl der Betriebe	139	369	135	305	143	204	105	46	94	20	3	4
2	davon: Einzel- oder Hauptbetrieb	99,3	81,3	99,3	80,7	95,1	89,2	98,1	87,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	Filiale	0,7	18,7	0,7	19,3	4,9	10,8	1,9	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	Mittlere Betriebsgröße	[MAB/Betrieb]											
	davon: 1-10	14,9	18,8	12,6	10,7	207,9	10,6	9,1	8,7	3,9	6,8	270,0	85,3
	11-25	21,6	10,3	21,5	14,8	20,3	10,3	25,7	21,7	5,3	15,0	0,0	50,0
	> 25	5,0	11,7	8,9	6,6	68,5	10,8	1,9	2,2	2,1	5,0	33,3	50,0
4	mittlere Betriebsfläche	[m²/Betrieb]											
5a	davon: Verkauf, Büro, Gastraum, ..	577	490	888	676	10906	1082	360	284	2708	8549	66413	7470
	Produktion	24,9	74,0	24,7	60,5	21,9	44,9	25,9	32,3	7,6	14,8	18,3	6,0
	Lager, Sonst.	43,2	4,6	56,7	14,0	9,4	10,0	55,0	60,0	43,6	76,6	1,9	66,2
		31,9	21,4	18,6	25,6	68,7	45,1	19,1	7,6	48,8	8,6	79,8	27,8
5b	Verkaufsfläche	[m²/Betrieb]											
	über 18°C	144	363	219	409	2388	486	93	92	206	1266	12170	449
	unter 18°C / nicht beheizt	93,6	98,6	88,7	87,4	92,9	94,5	71,9	73,2	81,2	16,4	100,0	100,0
		6,4	1,4	11,3	12,6	7,1	5,5	28,1	26,8	18,8	83,6	0,0	0,0
5b	Produktion, Werkstatt	[m²/Betrieb]											
	über 18°C	249	23	503	94	1020	108	198	170	1181	6552	1252	4944
	unter 18°C / nicht beheizt	19,1	85,3	73,1	44,2	84,4	83,3	36,8	36,9	20,6	67,2	98,0	97,1
		80,9	14,7	26,9	55,8	15,6	16,7	63,2	63,1	79,4	32,8	2,0	2,9
5b	Lager, Sonst.	[m²/Betrieb]											
	über 18°C	184	105	165	173	7498	488	69	22	1321	731	52991	2077
	unter 18°C / nicht beheizt	8,0	56,0	13,1	13,5	86,9	64,6	8,3	2,4	10,8	2,3	25,4	31,1
		92,0	44,0	86,9	86,5	13,1	35,4	91,7	97,6	89,2	97,7	74,6	68,9
5c	Klimatisierte Flächen	[%]											
		4,2	12,8	25,7	15,3	13,4	16,0	32,5	28,1	7,6	55,6	11,0	11,4
8	Beheizung												
	über Dritte	8,6	33,9	15,6	23,9	26,6	15,7	1,0	15,2	3,2	10,0	0,0	50,0
	Eigene Anlage	91,4	66,1	84,4	76,1	73,4	84,3	99,0	84,8	96,8	90,0	100,0	50,0
	davon: zentral	92,9	90,6	92,1	90,1	92,4	93,0	96,2	89,7	83,5	100,0	100,0	50,0
	dezentral	3,9	7,0	3,5	7,3	0,0	4,1	1,9	5,1	14,3	0,0	0,0	0,0
9	Temperaturabsenkung	[%]											
		72,7	68,6	77,8	66,2	88,1	72,5	83,8	67,4	47,9	75,0	66,7	75,0
10	mittl. WW-Verbrauch pro Besch.	[l/d*Besch.]											
		3,21	5,19	6,82	44,74	82,61	147,83	66,66	76,58	57,70	8,80	34,57	9,16

Auf dieser Grundlage wurden zunächst für alle definierten Gruppen die Hochrechnungen für Strom und die Summe der Brennstoffe durchgeführt. In einem zweiten Schritt erfolgte eine Aufteilung der Brennstoffe auf einzelne Energieträger (Kohle, Holz, flüssige Brennstoffe, gasförmige Brennstoffe, Fernwärme. Das Ergebnis dieser, für alle Gruppen direkt aus den Befragungsergebnissen abgeleiteten und um den sonstigen Energieverbrauch ergänzten Hochrechnung ist Tabelle 3-2 (Studienergebnis A) zu entnehmen.

Tabelle 3-2: Hochrechnung des Energieverbrauchs im GHD-Sektor in Deutschland 2001 nach Branchengruppen und Energieträgern sowie Vergleich mit der Energiebilanz

	Beschäftigte	Absoluter Verbrauch						
		Kohle	Holz	Heizöl	Gase	Fernwärme	Strom	Summe
	[1000]	[TWh]						
Baugewerbe	2750.0	0.09	1.47	6.48	4.66	0.47	3.31	16.48
Bürobetriebe	9911.9	0.37	0.96	26.00	29.74	7.93	19.70	84.69
Herstellungsbetriebe	1766.4	0.31	0.55	9.03	6.00	2.72	6.61	25.23
Handel	5084.0	0.44	0.89	17.29	27.57	3.06	27.97	77.23
Krankenhäuser ¹⁾ Schulen ¹⁾ Bäder ¹⁾	(552.5) (15496.0) (4649.5)	0.00	0.00	5.07	21.49	15.48	12.69	54.72
Heime und Gaststätten	3127.0	0.51	1.32	12.80	25.04	5.21	13.78	58.66
Nahrungsmittelgewerbe	365.1	0.01	0.21	2.48	3.57	0.00	2.66	8.94
Wäschereien, chem. Reinigungen	86.0	0.00	0.00	0.55	0.92	0.01	0.59	2.07
Landwirtschaft [Sekundärstatistik]	669.0	0.30 [0.00]	7.56 [0.00]	7.16 [4.44]	0.60 [0.37]	0.18 [0.00]	4.28	20.08 [9.09]
Gartenbau [Sekundärstatistik]	206.0	0.00 [0.00]	0.00 [0.00]	5.30 [3.29]	2.74 [1.70]	0.00 [0.00]	0.82	8.86 [5.81]
Flughäfen ²⁾ [Sekundärstatistik]	34.0	0.00 [0.00]	0.00 [0.00]	0.15 [0.23]	0.64 [0.98]	0.00 [0.00]	1.17	1.96 [2.39]
Textil, Bekleidung, Spedition	614.3	0.00	0.00	2.03	5.38	0.00	3.04	10.45
Sonstige ³⁾	2381	0.22	0.39	6.34	4.21	1.91	12.91	26.00
GHD-Sektor gesamt								
Studienergebnis A		2.3	13.4	100.7	132.6	37.0	109.8	395.6
Studienergebnis B ⁴⁾		[2.0]	[5.8]	[96.0]	[131.6]	[36.8]	[109.5]	[381.7]
Verbrauch gemäß Energiebilanz		2.5	0.8	95.6	140.8	31.7	127.8	399.2

- 1) Für diese Gruppe wurden folgende, den Energieverbrauch noch trefflicher beschreibende Bezugsgrößen verwendet: Zahl der Planbetten, Zahl Schüler, Wasserfläche der Bäder.
- 2) Beschäftigte der Flughafengesellschaften.
- 3) Insbesondere Energieverbrauch des Militärs und zusätzliche Stromverbräuche nicht befragter Arbeitsstätten.
- 4) Ergebnis A: Hochrechnung für alle Gruppen auf Grundlage der Befragung. Ergebnis B: Für die Gruppen Landwirtschaft, Gartenbau und Flughäfen alternative Berechnung des Energieverbrauchs auf der Grundlage sekundärstatistischer Angaben.

Die Zeile „Sonstige“ enthält zusätzliche Energieverbrauchsbestandteile, die nicht über die Erhebung ermittelt werden konnten (insbesondere Energieverbrauch des Militärs sowie Stromverbrauch für Straßenbeleuchtung, gemeinschaftlich versorgte Anlagenteile sowie Stromeigenerzeugung). Demnach belief sich der gesamte Energieverbrauch im GHD-Sektor in Deutschland im Jahr 2001 auf gut 395 TWh. Davon entfielen rund 28 % auf Strom, 34 % auf Gas, 25 % auf Heizöl, 9 % auf Fernwärme, 1 % auf Kohle und 3 % auf Holz und sonstige Energieträger.

Alternativ wurde der Energieverbrauch für drei der zwölf betrachteten Gruppen – Landwirtschaft, Gartenbau und Flughäfen – auf der Grundlage sekundärstatistischer Angaben berechnet (Tabelle 3-2, Studienergebnis B sowie Werte in Klammern). In der Summe liegt der so berechnete Verbrauch gut 3 % unter dem Studienergebnis A. Bei den meisten Energieträgern sind die Übereinstimmungen jedoch groß. Die größten Abweichungen ergeben sich beim Holzverbrauch. Die Ursache hierfür dürfte sein, dass im Fall von Landwirtschaft und Gartenbau in der Sekundärstatistik eine Untererfassung der verbrauchten Holzmengen erfolgt, während bei der Hochrechnung auf Grundlage der Befragungsergebnisse auch nicht gehandelte Holzmen- gen erfasst werden.

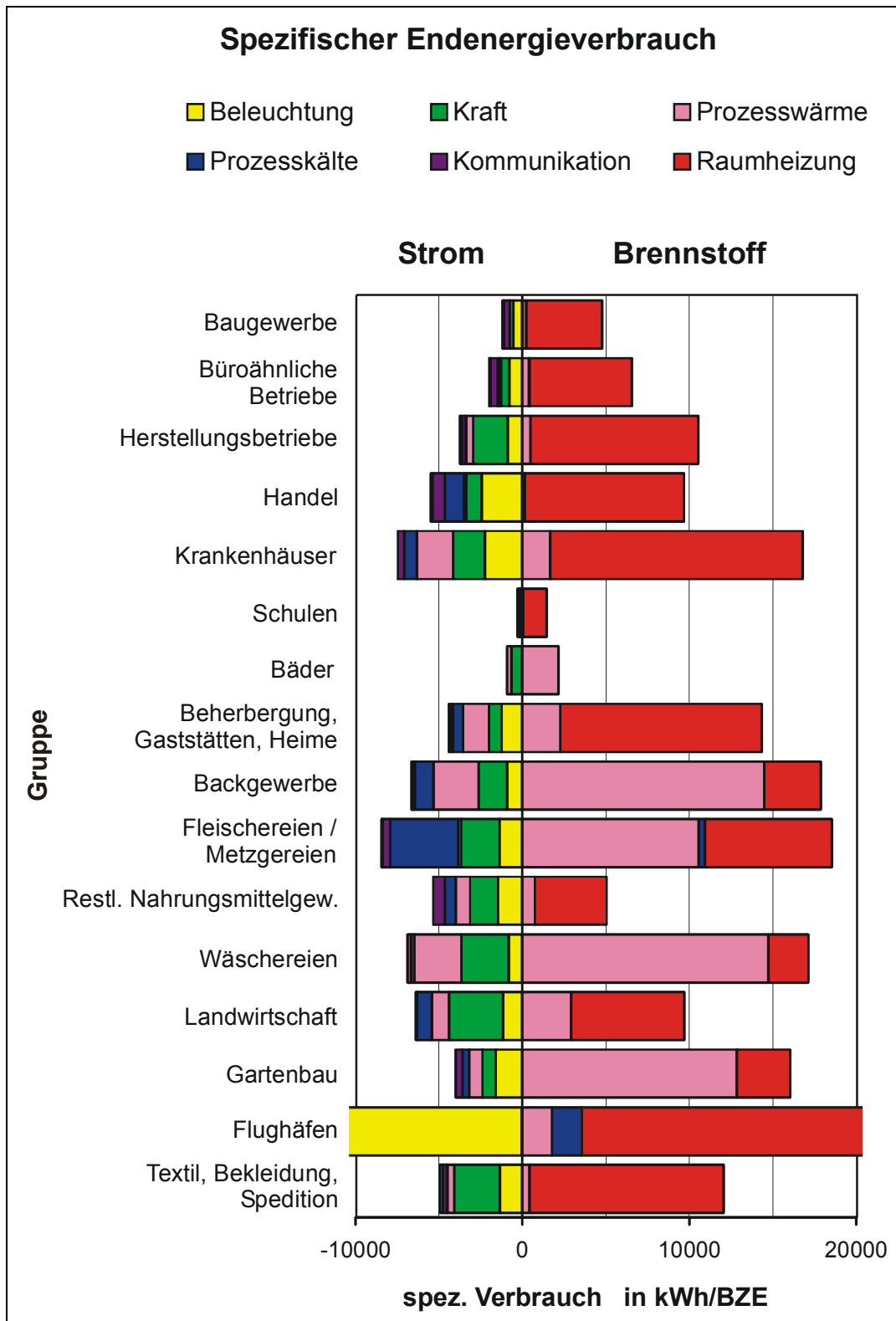
Vergleicht man die Studienergebnisse mit den Angaben der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2003), so ist festzustellen, dass bei den Brennstoffen insgesamt und weitgehend auch für die einzelnen Brennstoffe eine gute Übereinstimmung gegeben ist (Tabelle 3-2). Lediglich beim Holz liegt der in der Energiebilanz angegebene Verbrauchswert deutlich niedriger, was ebenfalls eine Untererfassung an Holzmengen in der Energiebilanz vermuten lässt². Umgekehrt liegt der in dieser Studie ermittelte Stromverbrauch knapp 15 % niedriger als in der Energiebilanz³, was auf eine systematisch bedingte Untererfassung insbesondere im Bereich öffentlicher Dienstleistungen zurückzuführen sein könnte. Dieser Bereich sollte daher bei künftigen Erhebungen umfassender und vertiefter erfasst werden.

Die Erhebungsergebnisse ermöglichten auch eine Aufteilung des Strom- und Brennstoffverbrauchs nach Anwendungsarten. Bei den Brennstoffen entfiel rund 86 % des Gesamtverbrauchs im GHD-Sektor auf die Raumheizung, 13 % auf die Prozesswärme. Beim Strom dominierte mit 36 % die Beleuchtung, knapp 30 % des Strombedarfs entfiel auf die mechanische Energie und jeweils rund 11 % auf Prozesswärme, Prozesskälte sowie Kommunikation. Abbildung 3-1 zeigt die Verbrauchsstruktur im GHD-Sektor differenziert nach Anwendungsarten und Branchen.

² Gestützt wird diese Vermutung auch durch die alternativen Berechnungen des IE Leipzig, das für den GHD-Sektor einen Holzverbrauch von 7,2-10,6 TWh angibt (vgl. Kapitel 4, Tabelle 4-5) und damit genau zwischen den Studienergebnissen A und B liegt.

³ Auch die vergleichbar angelegte Untersuchung von Geiger/Gruber/Megele (1999) für das Jahr 1999 beinhaltete bereits eine Unterdeckung beim Strom, verglichen mit den Angaben der Energiebilanz und der VIK-Statistik.

Abbildung 3-1: Strom- und Brennstoffverbrauch pro Bezugseinheit (BZE) ¹⁾ nach Anwendungszwecken



1) Krankenhäuser: Planbetten; Schulen: Schüler; Bäder: Wasserfläche; übrige Gruppen: Beschäftigte

Vertiefte branchenspezifische Analysen

Detaillierte Fragen zu branchenspezifischen energierelevanten Ausstattungsmerkmalen ergaben Aufschlüsse über Einflussfaktoren auf den Strom- und Brennstoffverbrauch. So wurden beispielsweise je nach Branche Kühlanlagen, Produktionseinrichtungen und Bürogeräte erfasst. Die zusätzlichen Tiefeninterviews erwiesen sich als unverzichtbar für die Interpretation der Ergebnisse und insbesondere für die Aufteilung des Energieverbrauchs auf Verwendungszwecke.

Am Beispiel von sechs Branchen – Groß- und Einzelhandel, Baugewerbe, Landwirtschaft Fleischereien, Gaststätten und das Kredit- und Versicherungsgewerbe – wurden vertiefte Analysen durchgeführt. Im Unterschied zur Hochrechnung beruhen sie auf Auswertungen, in welche die Daten aller befragten Betriebe ungewichtet eingegangen sind. Angesichts der Fallzahlen sind die Aussagen nicht streng repräsentativ; da jedoch die Quotierung auch in den Untergruppen im Wesentlichen erfüllt wurde, sind die Ergebnisse für einen detaillierten Einblick in die Branchen sehr gut nutzbar.

Der *Groß und Einzelhandel* ist mit über 4,5 Mio. Beschäftigten die größte Branche im GHD-Sektor. Bei den Einzelhändlern besteht ein erheblicher Unterschied im Energieverbrauch zwischen Lebensmittel- und Nonfood-Betrieben. Im Einzelhandel überwiegt bei weitem die – in der Regel beheizte – Verkaufsfläche, bei Großhändlern die meist unbeheizte Lagerfläche. Die Kühl- und Gefriereinrichtungen wurden als Energieverbrauchsschwerpunkt im Lebensmittelhandel detailliert erhoben. Dabei ergab sich auch, dass eine Abdeckung der Geräte in den Verkaufsräumen zur Energieeinsparung tagsüber nur selten, aber in der Nacht zu etwa zwei Dritteln erfolgt. Im Lebensmittelhandel ist auch der Warmwasserverbrauch wesentlich höher als im Nonfood-Bereich. Ferner werden immer häufiger elektrisch betriebene Ladenbacköfen in den Verkaufsräumen eingesetzt; bei dieser Befragung waren es 38 % der Lebensmittelbetriebe.

Das *Baugewerbe* ist eine sehr heterogene Branche hinsichtlich Betriebsgrößen und –strukturen. Die Schwerpunkte liegen im Bauhauptgewerbe beim Hoch-, Fertig- und Tiefbau; im Ausbaugewerbe sind Installateure sowie Maler und Lackierer die größten Sparten. Der Energieverbrauch verteilt sich auf Raumwärme und Produktion im Betrieb sowie auf eine Vielzahl von Maschinen und Geräten auf der Baustelle und den Baustellenverkehr. Erwartungsgemäß setzen Betriebe des Bauhauptgewerbes wesentlich mehr energieintensive Geräte im Betrieb selbst wie auch auf der Baustelle ein. Fast alle Geräte außer Gabelstapler und Kipplader werden mit Strom betrieben. Im Baugewerbe bestehen erhebliche Probleme der Erfassung des Energieverbrauchs, vor allem bei den Verbräuchen auf der Baustelle, z. B. für Baustrom und Containerbeheizung, weil die Kosten hierfür vom Bauherrn getragen werden. Schwierig ist auch die Abgrenzung des Dieselverbrauchs für Baustellenfahrzeuge, der zum Teil dem GHD-Sektor und zum Teil dem Verkehrssektor zuzuordnen ist.

Die *Landwirtschaft* ist durch relativ kleine Betriebsgrößen gekennzeichnet. Meist handelt es sich um Mischbetriebe von Ackerbau und Viehhaltung. Im Ackerbau wird die Energie vor allem für Traktoren, in geringerem Umfang auch für Mähdreher, ferner für die Trocknung von Getreide und Heu eingesetzt. Diese Geräte wurden daher detailliert erfasst. Bei der Viehhaltung wird in der Milchviehhaltung, Rind- und Kälberaufzucht sowie Schweinemast und Ferkelzucht die meiste Energie verbraucht, und zwar für Stallheizung und -lüftung, Warmwasser zum Zweck der Reinigung der Ställe und Milchbehälter sowie Beleuchtung. Auch hierzu wurden die entsprechenden Strukturdaten erhoben.

Bei *Fleischereien* zählen nur die Betriebe mit weniger als 20 Beschäftigten zum GHD-Sektor. Energieverbrauchsschwerpunkt ist die Wurstherstellung, dabei vor allem Kochen, Trocknen und Räuchern sowie die Warmwasserbereitung. Strom wird vor allem für die Kühl- und Gefriereinrichtungen eingesetzt. Diese Anlagen wurden ebenso erhoben wie im Lebensmitteleinzelhandel. Je größer die Fleischereien sind, desto eher führen sie Energieeffizienz-Maßnahmen durch, z. B. Wärmerückgewinnung, z. B. aus Kühlanlagen, oder Raumtemperaturabsenkung in der Nacht.

Das *Gaststättengewerbe* ist hinsichtlich energierelevanter Merkmale relativ heterogen, z. B. Umfang des Speisenangebots, Öffnungszeiten, Betriebsgröße etc. Der Schwerpunkt des Energieverbrauchs liegt in der Raumheizung, vor allem für die Gasträume. Die Produktionsfläche ist sehr gering. Prozesswärme wird in den Küchen vor allem für das Garen, Erwärmen und Warmhalten von Speisen, die Wassererwärmung für Getränke, die Geschirr-Vorwärmung und die Geschirr-Reinigung benötigt. Strom wird in erster Linie für den Betrieb von Kältemaschinen und zur Lagerung der Lebensmittel sowie für Beleuchtungszwecke eingesetzt.

Im *Kredit- und Versicherungsgewerbe*, das vor allem durch Büroflächen gekennzeichnet ist, wurde der Schwerpunkt auf die Ausstattung mit Bürogeräten gelegt. Dazu zählen Server, Großrechner, PC, Laptop, Monitor, Drucker und Kopierer. Pro 100 Mitarbeiter verfügen die befragten Betriebe über 272 dieser Geräte. Ein Drittel der Betriebe hat ein Computer-Netzwerk. Ferner ist die Branche durch einen überdurchschnittlich hohen Anteil klimatisierter Flächen – 18 % – gekennzeichnet, der mit der Betriebsgröße deutlich zunimmt.

4 Wärmegewinnung aus Biomasse in den Sektoren Private Haushalte und GHD

Die Untersuchung der Wärmeerzeugung aus Biomasse in den Sektoren Private Haushalte und GHD erfolgte aus methodischen Gründen getrennt für die festen, flüssigen und gasförmigen Energieträger.

Feste Bioenergieträger

Zur Erhebung des Anlagenbestandes für die Verwendung fester Bioenergieträger in Deutschland wurden umfassende Auswertungen bereits vorliegender Datenquellen vorgenommen⁴ und durch eigene Befragungen des Instituts für Energetik und Umwelt von Anlagenherstellern, Verbänden und Anlagenbetreibern ergänzt. Als geeignetste Grundlage erwiesen sich für den Bereich der privaten Haushalte die Ergebnisse der im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführte Befragung der Haushalte durch die GfK, die auf Deutschland hochgerechnet wurden (vgl. Kapitel 2), und für den Bereich GHD die Messstatistik des Bundesverbandes des Schornsteinfegerhandwerks.

In den *Privaten Haushalten* in Deutschland ist von knapp 9 Millionen Anlagen auf Basis fester Biomasse auszugehen (vgl. Tabelle 4-1). Dabei handelt es sich zum weit überwiegenden Teil um Geräte zur Zusatzheizung; die Zahl der als Hauptheizung (Zentralheizung, Ofen-Hauptheizung) genutzten Anlagen liegt lediglich bei gut 750 000. Auf der Grundlage dieses Anlagenbestandes wurde der Gesamtverbrauch an festen Bioenergieträgern in Deutschland ermittelt. Der für diese Berechnungen angenommene spezifische Holzverbrauch je Anlagentyp basiert auf den Ergebnissen der im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführten Haushaltsbefragung, die durch detaillierte Technikanalysen sowie eigene Recherchen des IE ergänzt wurden. Danach ergibt sich für das Jahr 2002 ein Gesamtverbrauch fester Bioenergieträger von rund 10,4 Mio. t bzw. 154 PJ oder 43 TWh (Tabelle 4-1). Dieser Wert liegt etwa 10 % unter dem auf Basis der Wohnfläche und der bewohnten Wohneinheiten hochgerechnetem Holzverbrauch der Privaten Haushalte (vgl. Kapitel 2, Tabelle 2-2) und stellt somit eine eher vorsichtige Verbrauchsaussage dar⁵.

⁴ Insbesondere Auswertung der im Rahmen dieser Untersuchung von der GfK durchgeführten Befragungen von Haushalten und von Unternehmen im GHD-Sektor, der seit mehreren Jahren von der Rheinbraun Brennstoff GmbH im Zusammenwirken mit der GfK im Bereich der Haushalte durchgeführten Untersuchungen, der Förderstatistiken des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), der Mikrozensus Zusatzerhebung des Statistischen Bundesamtes für 2002 sowie der Messstatistik des Bundesverbandes des Schornsteinfegerhandwerks auf der Grundlage der 1. BimSchV.

⁵ Gegenüber den von der Rheinbraun Brennstoff GmbH ermittelten Verbrauchswerten liegt die Abweichung nach unten bei rund 20 %.

Tabelle 4-1: Anlagenbestand und Holzverbrauch zur Wärmeerzeugung in den Privaten Haushalten in Deutschland 2002

	Anzahl der Anlagen	spezif. Brennstoffverbrauch kg/a	Gesamtverbrauch t/a	durchschn. Heizwert MJ/kg	Gesamtverbrauch TJ / a
Zentralheizungen	180.000	8400	1.512.000	14,7	22.200
Ofen-Hauptheizung	576.000	1900	1.094.400	14,8	16.200
Holz- und Kohleöfen	1.801.000	1300	2.341.300	14,8	34.700
Kamin-Kachelöfen	4.109.000	1100	4.519.900	14,8	67.100
Offener Kamin	1.352.000	400	540.800	14,9	8.000
Beistellherd	908.000	400	363.200	14,8	5.400
Summe			10.371.600		153.600

Für die Ermittlung des Anlagenbestandes im *GHD-Sektor* wurde im Wesentlichen auf die Messprotokolle der Schornsteinfegerinnung zurückgegriffen. Auf der Grundlage der 1. BimSchV besteht für Festbrennstoffanlagen im Leistungsbereich >15 bis 1000 kW Nennwärmeleistung je nach Art der Kesselanlage (handbeschickt oder mechanisch beschickt) eine einmalige Messpflicht zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme oder eine jährlich wiederkehrende Verpflichtung zur Messung. Nach umfassender Auswertung der verfügbaren Daten ergibt sich für Deutschland ein dem GHD-Sektor zuzuordnender Bestand an Holzkesseln im Leistungsbereich >15-500 kW von knapp 73 000 (vgl. Tabelle 4-2)⁶. Für die Ermittlung des Holzverbrauchs in den Kesselanlagen des GHD-Sektors wurden zunächst Abschätzungen zur mittleren Nennleistung in den einzelnen Leistungskategorien, zur Bandbreite der Vollbenutzungsstunden sowie zu den Jahresnutzungsgraden der Kessel vorgenommen.

Der gesamte Holzverbrauch im GHD-Sektor lag danach im Jahr 2002 in einer Größenordnung von etwa 1,8-2,6 Mio. t (das entspricht rund 26,1-38,2 PJ oder 7,2-10,6 TWh). Diese Holzmenge teilt sich zu jeweils etwa 50 % in Hackschnitzel/Pellets und Scheitholz/sonstiges Holz auf (Tabelle 4-2). Der hier über den Anlagenbestand errechnete Holzverbrauch im GHD-Sektor liegt genau zwischen den über die Beschäftigten bzw. sekundärstatistisch ermittelten Studienergebnissen A und B (vgl. Kapitel 3, Tabelle 3-2).

⁶ Insgesamt lässt sich aus den Messprotokollen für den gesamten Leistungsbereich >15 - 1000 kW ein Anlagenbestand von rund 138 000 ableiten. Die knapp 1 Mio. Anlagen im Leistungsbereich zwischen 500 und 1000 kW sind jedoch im Wesentlichen dem Verarbeitenden Gewerbe zuzuordnen. Im unteren Leistungsbereich bis 100 kW werden – basierend auf der Förderstatistik des BAFA, die private und gewerbliche Nutzer getrennt ausweist – rund die Hälfte der über 130 000 Kessel in den privaten Haushalten genutzt.

Tabelle 4-2: Anzahl der dem GHD-Sektor zuzuordnenden Kesselanlagen und Höhe der verbrauchten Holzmenge im Jahr 2002

	Leistungsbereich der Anlagen			
	> 15-50 kW	> 50-100 kW	> 100-150 kW	>150-500 kW
Mechanisch beschicke Anlagen [Anzahl]	2.599	2.437	1.504	2.988
Handbeschickte Anlagen [Anzahl]	58.092	4.147	533	296
Summe der Anlagen im GHD-Sektor	60.691	6.584	2.037	3.284
Durchschnittliche Nennleistung [kW]	40	81	114	282
Heizwert [MJ/kg]	14,7	14,7	14,7	14,7
Jahresnutzungsgrad [%]	80	85	85	85
Vollbenutzungsstunden [h]	1.000-1.200	1.500-2.000	2.000-3.000	2.500-4.5000
Installierte Leistung in Summe [kW]	2.427.638	533.304	232.396	924.875
Holzverbrauch im GHD-Sektor [GWh/a]	3.035-3.641	941-1.255	546-820	2.723-4.896
[1000 t/a]	743,2-891,8	230,5-307,3	133,8-200,8	666,9-1.199,1
[PJ/a]	10,9-13,1	3,4-4,5	2,0-3,0	9,8-17,6

Flüssige Bioenergieträger

Bei den flüssigen Bioenergieträgern dominiert der Einsatz von Rapsmethylester (RME oder auch Biodiesel). Hinzu kommt die energetische Nutzung weiterer Pflanzenölmethylester (PME), reiner Pflanzenöle oder sonstiger aufbereiteter Fette. Eine wesentliche Nutzungsform flüssiger Bioenergieträger ist ihr Einsatz in KWK-Anlagen. Nach umfangreichen Recherchen bei Anlagenherstellern und -betreibern wurden 128 Standorte von BHKW-Anlagen ermittelt (Tabelle 4-3). Bei den stromgeführten Anlagen besteht in der Regel ein geschlossenes Konzept zur Wärmenutzung, so dass die in den Anlagen erzeugte Wärme auch als genutzte Wärme betrachtet werden kann. Danach wurden im Jahr 2001 etwa 59 GWh (212 TJ) an Wärme durch flüssige Bioenergieträger in KWK-Systemen genutzt. Die dabei erreichte Stromerzeugung lag bei knapp 40 GWh. Der Beitrag der bei privaten Betreibern installierten Anlagen liegt auf Grund der geringen durchschnittlichen Leistung von nur 14 kW_{therm} lediglich bei 2 %. Der Einsatz von Pflanzenöl bei Ölbrennern ist eine Nutzungsoption, die mit steigenden Heizölpreisen durchaus interessant sein kann. Gegenwärtig ist, nahezu ausschließlich im Haushaltsbereich, von einer installierten Leistung von maximal 4 MW und einer genutzten Wärme von 5,5 GWh auszugehen, was einem Brennstoffverbrauch von etwa 640 t/a entspricht.

Im Rahmen einer Sondererhebung zum Verbrauch von Biokraftstoffen im Individualverkehr wurde ein Biodieselabsatz an den etwa 1 600 dafür in Frage kommenden Tankstellen von 156 000 t im Jahr 2002 ermittelt. Gegenüber 2001 bedeutete dies einen Anstieg um knapp 9 %. Der Gesamtabsatz an Biodiesel – der neben dem Absatz über öffentliche Tankstellen (Individualverkehr) insbesondere durch den Absatz an Flottenbetreiber (Speditionen) geprägt ist - betrug im Jahr 2002 rund 550 000 t und lag damit über 20 % höher als 2001.

Tabelle 4-3: Anlagenbestand zur energetischen Nutzung flüssiger Bioenergieträger im Jahr 2002 in Deutschland

	Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen				Kesselanlagen (Ölbrenner)	Summe
	<10 kWel.	10-100 kWel.	100-1000 kWel.	>1000 kWel.		
Privat betriebene Anlagen [Anzahl]	45	2	-	-		47
Gewerblich oder kommunal betriebene Anlagen [Anzahl]	24	43	11	3		81
Summe der Anlagen	69	45	11	3	150	278
Vollbenutzungsstunden (Ann.)	1.600	2.500	6.500	7.500		
Angenommen Betriebsform	wärmegeführt	wärmegeführt	stromgeführt	stromgeführt		
Thermische Nennleistung [kW]	970	2.230	5.300	2.300	4.000	14.800
Bereitgestellte Wärme [MWh/a]	1.530	5.480	34.200	17.700	5.500	64.410
[TJ/a]	5,6	19,8	123,0	63,6	19,8	231,8
Brennstoffbedarf [t/a]	280	1.020	6.300	3.800	640	12040
[TJ/a]	10	37	229	142	24	442

Gasförmige Bioenergieträger

Bei den gasförmigen Bioenergieträgern Biogas, Klärgas und Deponiegas sind Aussagen zur Wärmenutzung auf der Basis der Brennstoffbereitstellung nicht möglich. Ausgangspunkt konnte nur der Anlagenbestand sein. Bei allen drei Gasarten fällt die Wärme als Nebenprodukt an und wird vor allem zur Aufrechterhaltung der Prozesstemperatur genutzt. Darüber hinaus kommt die Wärme auch in Wirtschaftsgebäuden der Anlagenbetreiber zum Einsatz. Der Betrieb der Biogas-BHKW ist bei allen gasförmigen Bioenergieträgern auf die Produktion von Strom und dessen Vergütung nach dem EEG ausgerichtet. Die Wärme stellt ein nützliches Nebenprodukt dar, welches nach den spezifischen Anforderungen vor Ort genutzt, jedoch in der Regel nicht erfasst und gemessen wird.

Die Zahl der *Deponiegas-BHKW* in Deutschland lag zum Jahresende 2001 bei etwa 350 mit einer installierten elektrischen Leistung von etwa 250 MW. Die Stromerzeugung dieser Anlagen betrug rund 1 100 GWh. Bei einem Gesamtwirkungsgrad von 87 % (33 % elektrisch, 54 % thermisch) wurden jährlich etwa 6 600 TJ Wärme erzeugt. Die Möglichkeiten zur Nutzung der aus der Deponiegasnutzung resultierenden Wärme sind stark eingeschränkt, da die Standorte in der Regel weit entfernt von potenziellen Wärmeabnehmern liegen. Nach Recherchen des IE erfolgt nur an etwa 20 % aller Deponie-BHKW-Standorte eine Wärmenutzung. Dies sind in der Regel größere Anlagen, die etwa 40 % der installierten elektrischen Leistung abdecken. In diesen Anlagen wird eine Wärme von etwa 2 600 TJ erzeugt, von der etwa 800 TJ energetisch genutzt wird (12 % der Wärmeerzeugung).

Bei *Kläranlagen* sind sowohl reine Kesselanlagen zur Wärmeerzeugung als auch BHKW mit Wärmeauskopplung zu berücksichtigen. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes wurden im Jahr 2001 etwa 3,4 PJ Klärgas zur ausschließlichen Wärmeerzeugung in Kesselanlagen und 9,9 PJ in BHKW zur gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt. Mit dem gesamten Klärgaseinsatz von ca. 13,3 PJ wurden etwa 735 GWh Strom und 7,7 PJ Wärme erzeugt. Die genutzte Wärme dient zu etwa 80 % der Erhaltung des Faulprozesses und zu 15 % der Beheizung und Warmwasserbereitung in Betriebsgebäuden.

Im Jahr 2001 waren in Deutschland 1 370 *Biogasanlagen* im landwirtschaftlichen, kommunalen und gewerblichen Bereich mit einer installierten elektrischen Leistung von 120 MW vorhanden (ohne Anlagen zur anaeroben Abwasseraufbereitung, die der Industrie zuzuordnen sind). Bei der energetischen Verwertung von Biogas fielen etwa 3.600 TJ thermische Energie an, von der 1.600 TJ (45 %) zur Aufrechterhaltung des Biogasprozesses (primär Fermenterheizung) genutzt wurde. Nur knapp 800 TJ wurden energiewirtschaftlich zur Raumheizung und Warmwasserbereitung eingesetzt, davon etwa 40 % im Sektor Haushalte und 60 % im GHD-Bereich.

Zusammenfassender Überblick

Eine Zusammenfassung des Bioenergeträgereinsatzes zur Wärmeerzeugung in den Haushalten und im Sektor GHD gibt Tabelle 4-4. Insgesamt ergibt sich ein Einsatz von Bioenergeträgern zur Wärmeerzeugung im Bereich der privaten Haushalte in einer Größenordnung von rund 154 PJ oder 42,7 Mrd. kWh. Im GHD-Bereich werden etwa 30 bis 40 PJ (das entspricht 8,1-11,5 Mrd. kWh) energetisch genutzt.

Tabelle 4-4: Einsatz von Bioenergeträgern zur Wärmeerzeugung bzw. -nutzung¹⁾ in den Sektoren Private Haushalte und GHD

	Brennstoffmenge				Dimension(Heizwert)
	TJ		Naturaleinheiten		
	Min	Max	Min	Max	
Private Haushalte	ca. 154.000				
Holz (2002)	153.600		10.400		1.000 t/a (14,7 MJ/kg)
Flüssige Bioenergeträger-Äquivalente (2001)	32		855		t/a (37,2 MJ/kg)
Biogas-Äquivalent (2001)	400		18,5		Mio. m ³ (21,6 MJ/m ³)
Sektor GHD	29.230	41.335			
Holz (2002)	26.100	38.200	1.800	2.600	1.000 t/a (14,7 MJ/kg)
Stroh (2002)	20	25	1.450	1.800	t/a (13,8 MJ/kg)
Flüssige Bioenergeträger-Äquivalente (2001)	410		11.185		t/a (37,2 MJ/kg)
Deponiegas-Äquivalent (2001)	1.000		55		Mio. m ³ (18 MJ/m ³)
Klärgas-Äquivalent (2001)	1.100		50		Mio. m ³ (21,6 MJ/m ³)
Biogas-Äquivalent (2001)	600		30		Mio. m ³ (21,6 MJ/m ³)

1) Bei flüssigen und gasförmigen Energieträgern wurde nur energetisch genutzte Wärme berücksichtigt und als Brennstoff-Äquivalent angegeben; bei festen Energieträgern wird erzeugte Wärme vollständig genutzt.

5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Wertvolle Datenbasis für quantitative Analysen des Energieverbrauchs und seiner Determinanten

Durch die Befragungen zum Energieverbrauch im Haushalts- und im GHD-Sektor wurde für beide Bereiche eine statistisch und wissenschaftlich wertvolle Datenbasis für quantitative Analysen des Energieverbrauchs und seiner strukturellen und soziodemografischen Determinanten bereitgestellt. Für den Haushaltssektor ist festzustellen, dass durch die starke Differenzierung nach relevanten Einflussfaktoren, die auf Grund der großen Fallzahl möglich war, Analyseergebnisse vorgelegt werden konnten, die beispielhaft und wegweisend für künftige Felderhebungen sein sollten. Dies gilt insbesondere auch für die im Rahmen der Haushaltsbefragung ebenfalls erhobenen Daten zur Nutzung erneuerbarer Energien, insbesondere der Biomasse sowie zur Pkw-Nutzung. Im GHD-Sektor konnten mittels der erhobenen Daten die Energieverbrauchsstrukturen sowie die energetisch relevanten Ausstattungsmerkmale und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der Betriebe auf sehr differenzierter Branchenebene untersucht werden. Mit den ergänzenden Untersuchungen zur Nutzung von Bioenergieträgern in beiden Sektoren wurde über die Analyse der bestehenden Anlagen und deren Einsatz eine Grundlage für weitergehende quantitative Aussagen zur Ermittlung des Beitrages erneuerbarer Energien bei der Energieversorgung geleistet.

Verkleinerung wesentlicher Lücken der Energiestatistik und wichtige Ergänzung der Energie- und Anwendungsbilanzen

Für beide Verbrauchssektoren ermöglichten die erhobenen Daten zum Energieverbrauch und seiner Determinanten – in Kombination mit statistischen Daten der Grundgesamtheit – eine Hochrechnung des Energieverbrauchs nach Energieträgern. Als besonders hilfreich für die Hochrechnungen hat sich erwiesen, dass aktuelle Daten zur Grundgesamtheit aus den im 4-jährigen Abstand durchgeführten Mikrozensus-Zusatzerhebungen des Statistischen Bundesamtes zur Verfügung standen. Generell sind die Hochrechnungsergebnisse des Energieverbrauchs für Deutschland relativ gut mit der Energiebilanz vergleichbar. Sie liegen jedoch für beide Sektoren in der Summe unter den von der Energiebilanz ausgewiesenen Werten (vgl. Tabelle 5-1). Angesichts der Unsicherheiten, die mit den Befragungen und darüber hinaus mit der Hochrechnung verbunden waren, ist diese Abweichung insgesamt als nicht sehr groß zu bewerten.

Tabelle 5-1: Hochrechnung des Energieverbrauchs der Haushalte und des GHD-Sektors auf Basis der Befragungen und Vergleich mit der Energiebilanz

	Haushalte			GHD		
	2001 (AGEB)	2002 (AGEB)	Hochrechnung	2001 (AGEB)	2002 (AGEB)	Hochrechnung ¹⁾
	Mrd. kWh			Mrd. kWh		
Strom	134,4	133,9	125,2	127,8	132,7	109,5
Gase	299,7	294,7	263,7	140,8	138,3	131,6
Öle	248,9	215,3	219,8	95,6	83,0	96,0
Fernwärme	46,4	44,7	37,8	31,7	30,8	36,8
Kohlen	9,5	8,3	5,8	2,5	2,5	2,0
Holz/Sonst.	52,8	52,8	47,2	0,8	0,8	5,8 (13,4)
Summe	791,7	749,7	699,6	399,2	388,1	381,7 (389,3)

1) Basierend auf Studienergebnis B, d. h. unter Berücksichtigung sekundärstatistischer Auswertungen; bei Holz: in Klammern Studienergebnis A, das die Verbrauchsmenge nicht-gehandelter Energieträger möglicherweise realistischer wiedergibt.

Die innerhalb der Zusatzuntersuchungen zur Nutzung von Bioenergieträgern ermittelten Ergebnisse mit etwa 42,7 Mrd. kWh in den Haushalten und 8,1-11,5 Mrd. kWh im GHD-Sektor ordnen sich sehr gut in die Ergebnisse der Hochrechnung auf Basis der Befragungen ein. Während bei den Haushalten als Bioenergieträger nahezu ausschließlich Holz von Bedeutung ist, tragen im GHD-Sektor auch flüssige und gasförmige Bioenergieträger mit einem Anteil am gesamten Einsatz von Bioenergieträgern von etwa 10 % zur Bedarfsdeckung bei.

Verbesserung der Datengrundlage für Fortschreibungen und Prognosen des Energieverbrauchs

Die durch die Befragungen zur Verfügung gestellten Daten lassen sich nicht nur für Analysen und Hochrechnungen, sondern auch für Prognosen des Energieverbrauchs verwenden. So ermöglicht die Differenzierung der Daten nach Gebäudecharakteristika und Heizungssystemen im Haushaltssektor sowie nach Verbrauchergruppen im GHD-Sektor eine sehr differenzierte Datengrundlage für die kurz- bis mittelfristige Fortschreibung dieser Werte.

Empfehlungen

Für den **Haushaltssektor** wird empfohlen, die Befragung zunächst im Abstand von zwei Jahren zu wiederholen, und zwar mit einem verbesserten Fragebogen auf der Grundlage der aus dieser Untersuchung abgeleiteten Erfahrungen. Ein Erhebungsjahr sollte unbedingt mit dem Erhebungsjahr der Mikrozensus-Zusatzerhebung identisch sein, die alle vier Jahre wiederholt wird. Trotz der Probleme, die die Haushalte insbesondere mit der Beantwortung der komplexen Frage zum mengenmäßigen Energieverbrauch und zu Verwendungszwecken hatten, wird – in erster Linie aus Kostengründen – empfohlen, bei der schriftlichen Erhebungsform im Rahmen des bereits bestehenden GfK-Haushaltspanels zu bleiben und zunächst die Verbesserungsvorschläge für die Fragebögen zu testen. Auf Grund der in dieser Untersuchung gewonnenen Erfahrungen wird dadurch eine deutliche Verbesserung der Antwortqualität erwartet. Die Größe der Stichprobe (20 000 Haushalte) sollte beibehalten werden, um differenzierte Auswertungen nach Strukturmerkmalen zu ermöglichen. Wenn die Haushaltsbefragung in 2-jährigem Rhythmus durchgeführt wird, können in den Zwischenjahren ergänzende Erhebungen zu Teilaspekten des Energieverbrauchs erfolgen, in denen die Datenlage derzeit unzureichend ist.

Auch für den **GHD-Sektor** wird empfohlen, die Breitenerhebung im Abstand von zwei Jahren zu wiederholen und dabei die Erfahrungen dieser Untersuchung im Hinblick auf Verbesserungspotenziale auszuschöpfen. In den Zwischenjahren sollte die im Rahmen dieser Untersuchung bereits begonnene rollierende Detailerhebung in einzelnen Subsektoren fortgesetzt werden. Die für den GHD-Sektor ermittelten Ergebnisse zum Energieverbrauch nach Energieträgern und Subsektoren können außerdem jährlich fortgeschrieben werden und eine wichtige ergänzende Information zur Energiebilanz liefern. Für die Subsektoren Baugewerbe und Landwirtschaft können diese Angaben dann unmittelbar für internationale Berichtspflichten genutzt werden.

Auf Grund der zunehmenden Bedeutung der **Bioenergieträger für die Wärmezeugung** in den Sektoren Haushalte und GHD und den bestehenden Unsicherheiten ihrer Quantifizierung in den Energiebilanzen wird empfohlen, die hier erstmals durchgeführte Zusatzerhebung „Wärmegewinnung aus Biomasse“ in den nächsten zwei bis drei Jahren zunächst jährlich zu wiederholen. Dabei sollte der Schwerpunkt bei den festen Bioenergieträgern liegen. Die dafür genutzten Datenquellen sind im Zusammenwirken mit den entsprechenden Unternehmen und Verbänden weiter zu qualifizieren. Für die Nutzung der Ergebnisse durch die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen sollten zusätzlich sowohl künftige als auch rückwirkende Verbrauchswerte bereitgestellt werden.

6 Literatur

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2003): Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland. Auswertungstabellen. Stand August 2003. www.ag-energiebilanzen.de

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), Förderstatistik für Biomassekessel auf der Grundlage des Marktanreizprogramms 1999-2002

Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks - Zentralinnungsverband (ZIV), Messstatistik für Zentralheizungskessel entsprechend 1.BImSchV 1995-2002

DIW Berlin, infas (2003): Mobilität in Deutschland. Untersuchung im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen. www.kontiv2002.de

DIW, EWI, RWI (1982, 1986): Detaillierung des Energieverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland im HuK-Sektor nach homogenen Verbrauchergruppen sowie in den Sektoren HuK, Industrie und Verkehr nach Verwendungszwecken. Berlin, Essen, Köln

Geiger, B., Gruber, E., Megele, W. (1999): Energieverbrauch und Einsparung in Gewerbe, Handel und Dienstleistung. Heidelberg: Physica-Verlag

Rheinbraun Brennstoff GmbH: Jährliche Haushaltsbefragung zur Festbrennstoffsituation in Deutschland 2003 und frühere Jahrgänge (www.heizprofi.com)

Statistisches Bundesamt (2003): Mikrozensus-Zusatzerhebung 2002. Vor Veröffentlichung bereitgestellte Daten zu Wohneinheiten und Haushalten in Deutschland; sowie Mikrozensususerhebung 2002, ET 3