



Projektbericht

Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung

Erstellung der Anwendungsbilanz 2008 für den Sektor Private Haushalte

Endbericht

Forschungsprojekt der
Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Berlin

Impressum

Vorstand des RWI

Prof. Dr. Christoph M. Schmidt (Präsident)

Prof. Dr. Thomas K. Bauer (Vizepräsident)

Prof. Dr. Wim Kösters

Verwaltungsrat

Dr. Eberhard Heinke (Vorsitzender);

Dr. Henning Osthues-Albrecht; Dr. Rolf Pohlig; Reinhold Schulte
(stellv. Vorsitzende);

Manfred Breuer; Oliver Burkhard; Dr. Hans Georg Fabritius;

Hans Jürgen Kerkhoff; Dr. Thomas Köster; Dr. Wilhelm Koll;

Prof. Dr. Walter Krämer; Dr. Thomas A. Lange; Reinhard Schulz;

Hermann Rappen; Dr.-Ing. Sandra Scheermesser

Forschungsbeirat

Prof. Michael C. Burda, Ph.D.; Prof. David Card, Ph.D.; Prof. Dr. Clemens Fuest;

Prof. Dr. Justus Haucap; Prof. Dr. Walter Krämer; Prof. Dr. Michael Lechner;

Prof. Dr. Till Requate; Prof. Nina Smith, Ph.D.

Ehrenmitglieder des RWI

Heinrich Frommknecht; Prof. Dr. Paul Klemmer †; Dr. Dietmar Kuhnt

RWI Projektbericht

Herausgeber:

Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung

Hohenzollernstraße 1/3, 45128 Essen, Germany

Phone +49 201-81 49-0, Fax +49 201-81 49-200, e-mail: rwi@rwi-essen.de

Alle Rechte vorbehalten. Essen 2011

Schriftleitung: Prof. Dr. Christoph M. Schmidt

Erstellung der Anwendungsbilanz 2008 für den Sektor Private Haushalte

Endbericht Februar 2011

Forschungsprojekt der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Berlin

Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung

Erstellung der Anwendungsbilanz 2008 für den Sektor Private Haushalte

Endbericht Februar 2011

Forschungsprojekt der
Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Berlin

Projektbericht

Projektteam

Dr. Peter Grösche (Projektleiter)

Anwendungsbilanz 2008 für den Sektor Private Haushalte

Inhaltsverzeichnis

1. Hintergrund und Ziel der Studie	4
2. Endenergieverbrauch 2008 im Sektor Private Haushalte	5
3. Methodische Vorarbeiten	7
Absatzmengen sind nicht Verbrauchsmengen	8
Geographische Interpolation der Heizgradtage.....	8
Abgrenzung zwischen Kalenderjahr und Abrechnungszeitraum	9
Verbrauch an Holz.....	10
Notwendigkeit vollständiger Verbrauchsangaben	11
4. Vom Endenergieverbrauch zur Anwendungsbilanz	12
Energiebedarf für Warmwasser, Beleuchtung und Kochen	12
Dekomposition des Stromverbrauchs nach Geräten und Anwendungszwecken.....	13
5. Anwendungsbilanz für den Sektor Private Haushalte des Jahres 2008	15
Kalibrierung auf Endenergieverbrauch nach AGEB.....	15
Ergebnisse.....	16
6. Literatur	18
7. Anhang: Detaillierte Ergebnisse	19
Anwendungsstruktur nach Energieträgern und Gebäudesegmenten.....	19
Anwendungsbilanzen 2008 nach Gebäudesegmenten	21

Hintergrund und Ziel der Studie

1. Hintergrund und Ziel der Studie

Der Sektor der privaten Haushalte ist einer der bedeutendsten Energienachfrager in Deutschland. Rund ein Drittel des jährlichen Endenergieverbrauchs entfällt auf den Haushaltssektor. Haushalte verwenden Energie für die Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser, für die Beleuchtung ihrer Wohnungen, zum Kochen und für den Betrieb elektrischer Geräte. Von besonderem Interesse ist dabei, wie sich der Energieverbrauch auf die einzelnen Anwendungszwecke aufteilt, beispielsweise welcher Anteil des Endenergieverbrauchs auf Raumwärmeerzeugung entfällt.

Ziel dieser Studie ist die Erstellung der Anwendungsbilanz für den Sektor Private Haushalte, also die Differenzierung des Energieverbrauchs der Haushalte nach den genannten Anwendungszwecken und für jeden verwendeten Energieträger. Die Erstellung der Anwendungsbilanzen wird im Rahmen dieser Pilotstudie für das Jahr 2008 durchgeführt, um die Plausibilität der Ergebnisse im Übergang von den bestehenden Anwendungsbilanzen der Arbeitsgemeinschaft Nutzenergiebilanz zu überprüfen und die Modelle gegebenenfalls zu modifizieren. Dafür wird eine Zusammenarbeit mit den entsprechenden Gremien in der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) angestrebt. Mittelfristiges Ziel des Vorhabens ist es, die Erstellung der Anwendungsbilanzen zu verstetigen und so zu einer längerfristigen, methodisch konsistenten Zeitreihe zu gelangen.

Ausgangspunkt für diese Arbeit ist ein Datensatz zum Energieverbrauch der privaten Haushalte, der im Rahmen einer Reihe von Forschungsarbeiten gemeinsam vom Rheinisch-Westfälischen Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) und forsa, Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen, aufgebaut wurde. Dieser Datensatz liefert die grundlegenden Informationen zu Energieverwendung und -verbrauch. Die daraus abgeleiteten Erkenntnisse werden in einem Folgeschritt auf die Ergebnisse der Energiebilanz 2008 der AGEB übertragen. Die Anwendungsbilanz 2008 für den Haushaltssektor ergibt sich auf diese Weise.

Der folgende Abschnitt 2 diskutiert die Unterschiede, die sich zwischen den Daten der Haushaltserhebung und den Ergebnissen der Energiebilanz ergeben. Abschnitt 3 erläutert die einzelnen Schritte, mit denen die Rohdaten der Erhebung verarbeitet wurden, um aussagekräftige Daten zum Energieverbrauch der Haushalte zu gewinnen. Abschnitt 4 legt weitere relevante Annahmen offen, die für die Erstellung der Anwendungsbilanz getroffen wurden. Die Anwendungsbilanz befindet sich in Abschnitt 5.

Anwendungsbilanz 2008 für den Sektor Private Haushalte

2. Endenergieverbrauch 2008 im Sektor Private Haushalte

Für die Erstellung der Energiebilanzen arbeitet die AGEB intensiv mit den beteiligten Verbänden der Energiewirtschaft zusammen. Im Rahmen einer Top-Down-Rechnung wird die insgesamt dargebotene Menge an Endenergie eines Kalenderjahres auf die einzelnen Verbrauchssektoren aufgeteilt und der Endenergieverbrauch eines Sektors in den Energiebilanzen in einer separaten Zeile nach Energieträger differenziert ausgewiesen.

Während der Endenergieverbrauch des Bergbaus und des Verarbeitenden Gewerbes noch recht gut in amtlichen Daten dokumentiert ist, entfällt der verbleibende Posten an Endenergieverbrauch auf die Sektoren GHD und private Haushalte. Die Zurechnung dieser „Residualgröße“ jeweils auf GHD und Haushalte ist in der Top-Down-Rechnung der AGEB nicht ganz unproblematisch. Zur Ergänzung der Arbeiten der AGEB hat das BMWi daher seit mehreren Jahren spezialisierte Erhebungsstudien für die beiden betroffenen Verbrauchssektoren in Auftrag gegeben, die im Rahmen von Bottom-Up-Rechnungen Aussagen bzgl. des Endenergieverbrauch in den Sektoren treffen.

Für den Sektor der privaten Haushalte ist seit mehreren Jahren das RWI gemeinsam mit forsa vom BMWi mit der Durchführung der Erhebungsstudie betraut worden. Ausgangspunkt ist eine Erhebung unter den Haushalten eines repräsentativen Panels, die umfassend zu ihrem Verbrauch der jeweils benutzten Energieträger einschließlich Verwendungszweck, den Wohnverhältnissen und den Charakteristika des bewohnten Gebäudes befragt werden. Aktuell wurde der Endenergieverbrauch der Haushalte für die Jahre 2006 bis 2008 berechnet, der entsprechende Bericht (RWI/forSa 2010) wurde dem BMWi Ende Oktober 2010 übergeben.

Zwischen dem von der AGEB ausgewiesenen Wert des Endenergieverbrauchs für die Haushalte und dem von RWI/forSa (2010) kommt es regelmäßig zu Nichtübereinstimmungen. Tabelle 1 verdeutlicht die Differenzen zwischen den beiden Datenquellen für das Jahr 2008. Während der von RWI/forSa ausgewiesene Endenergieverbrauch in Summe nur um rund 3,3% über dem Wert der AGEB liegt, zeigen sich doch teils erhebliche Unterschiede bei einzelnen Energieträgern. Diese Abweichungen können auf zwei Ursachen zurückgeführt werden.

Die erste Ursache ist in dem gänzlich unterschiedlichen Rechenverfahren zwischen den beiden Quellen begründet. Während die AGEB mit einer Top-Down-Methode arbeitet, werden die Ergebnisse von RWI/forSa aufgrund von Stichprobeninformationen auf die Grundgesamtheit aller privaten Haushalte in Deutschland hochgerechnet. Es wäre reiner Zufall, wenn die Ergebnisse von RWI/forSa exakt deckungsgleich mit den Werten der AGEB wären. Die mit einer Stichprobenziehung verbundenen

Endenergieverbrauch 2008 im Sektor Private Haushalte

statistischen Unsicherheit – die im Übrigen auch in den Arbeiten der AGEB inhärent ist, auch wenn sie nicht extra dargestellt wird – wird in RWI/forsa (2010) durch das Ausweisen sogenannter Konfidenzintervalle Rechnung getragen. Der wahre – aber unbekannte Wert für den Endenergieverbrauch in der Grundgesamtheit liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% innerhalb dieser Grenzen. In Tabelle 1 erhält man diese Grenzen, indem man die Werte in der Spalte „±“ von dem Punktschätzer nach RWI/forsa addiert bzw. subtrahiert.

Tabelle 1: Endenergieverbrauch der privaten Haushalte nach RWI/forsa und AGEB Jahr 2008, in PJ

	RWI/forsa	±	AGEB	Differenz in %
Strom	468,6	18,1	502	-6,7%
Erdgas	882,7	41,4	940	-6,1%
Flüssiggas	24,9	7,3	29	-14,1%
Heizöl	634,5	35,0	647	-1,9%
Fernwärme	132,1	8,6	164	-19,5%
Braunkohle	10,0	3,4	20	-50,0%
Steinkohle	6,0	3,1	25	-76,0%
Holz	261,4	12,2	204	+28,1%
Sonstige Erneuerbare	50,7	9,0	25	+102,8%
Insgesamt	2 471,0	56,5	2 556	3,3%

Die zweite Ursache für die Differenzen im Endenergieverbrauch der Energieträger zwischen RWI/forsa (2010) und den Werten der AGEB ist eher systematischer Natur. Beispielsweise rechnet RWI/forsa (2010) die Stichprobeninformation bezüglich des Stromverbrauchs anhand der Anzahl bewohnter Wohneinheiten auf die Grundgesamtheit hoch, während die Ergebnisse der AGEB auf Zahlen zur Anzahl an Haushalten basieren. Hingegen gibt es etwa 8% weniger bewohnte Wohneinheiten als Haushalte, was die Differenz beim Stromverbrauch nahezu gänzlich erklärt. Differenzen beim Endenergieverbrauch an Heizöl kommen alleine schon deshalb zustan-

Anwendungsbilanz 2008 für den Sektor Private Haushalte

de, weil die AGEB hier keine Verbrauchswerte sondern Absatzzahlen veröffentlicht. Ungeklärt ist indessen, woher die doch erheblichen Unterschiede im Verbrauch an Holz und sonstigen Erneuerbaren stammen.

3. Methodische Vorarbeiten

Ungeachtet der Differenzen im Endenergieverbrauch zwischen den beiden Quellen werden für die Erstellung der Anwendungsbilanz des Jahres 2008 im Haushaltssektor sowohl die Erhebungsdaten von RWI/forsa (2010) wie auch die Ergebnisse aus der Energiebilanz der AGEB herangezogen. Der Grund dafür ist, dass im Rahmen der Haushaltsbefragungen sehr detaillierte Informationen für mehrere tausende Haushalte vorliegen:

- (1) zur Nutzung unterschiedlicher Energieträger, wie Strom, Erdgas, Heizöl, Holz, usw.;
- (2) für welche Zwecke die genutzten Energieträger jeweils verwendet werden, also z.B. zur Raumwärmeerzeugung oder zur Erzeugung von Warmwasser;
- (3) zur Ausstattung mit und Nutzung von Elektrogeräten;
- (4) und schließlich liegen für die Haushalte auch Informationen zum Verbrauch der jeweiligen Energieträger vor.

Insgesamt dürften die von RWI/forsa im Rahmen der Erhebungsstudien gesammelten Informationen die vermutlich vollständigste und umfangreichste Datenbasis zum Energieverbrauch der privaten Haushalte sein.

Um über eine Befragung valide Daten zum Energieverbrauch eines Haushalts erheben zu können bedarf es eines Erhebungsdesigns, welches den Teilnehmern eine relativ einfache Beantwortung der Fragen ermöglicht. In den von RWI und forsa durchgeführten Erhebungen wurden grundsätzlich Rechnungsdaten erhoben, beispielsweise zum Stromverbrauch oder Daten aus der jährlichen Heizkostenabrechnung der Haushalte. Die erhobenen Daten entsprechen dann nicht unmittelbar den für die weitere Untersuchung notwendigen Größen, vielmehr müssen die Erhebungsdaten in einem weiteren Schritt nach objektiven Kriterien verarbeitet werden. Nachgelagerte Bearbeitungsschritte sind notwendig bei der Berücksichtigung von Bestandsänderungen bei lagerfähigen Energieträgern, bei der kalenderjahresscharfen Abgrenzung der Erhebungsdaten, bei der bei der Umrechnung von Holzmengen in Energieäquivalente und bei der Aufteilung des Stromverbrauchs auf Anwendungszwecke.

Methodische Vorarbeiten

Absatzmengen sind nicht Verbrauchsmengen

Typischerweise ist den Haushalten bei lagerfähigen Energieträgern wie Heizöl bestenfalls die Kauf- bzw. Liefermenge bekannt, nicht jedoch die jährliche Verbrauchsmenge. Es wäre jedoch Zufall, wenn eine Liefermenge exakt dem Jahresverbrauch entsprechen würde. Um den jährlichen Verbrauch eines lagerfähigen Energieträgers zu ermitteln, wurden die Liefermengen des Energieträgers für einen längeren Zeitraum erfasst, in diesem Fall von 2005 bis einschließlich 2009.

Aus der Summe der Liefermengen kann unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Witterungsbedingungen der einzelnen Jahre in Form von Heizgradtagen ein Jahresverbrauch für den Haushalt errechnet werden. So ergibt sich der Verbrauch für das Jahr 2008 wie folgt:

$$(1) \quad \text{Verbrauch}_{2008,i} = HDD_{2008,i} * \frac{\sum_{t=2005}^{2009} \text{Liefermenge}_{t,i}}{\sum_{t=2005}^{2009} HDD_{t,i}}$$

Dabei bezeichnet $HDD_{t,i}$ die haushaltsspezifischen Heizgradtage im Jahr t am Wohnort von Haushalt i , die sich als Summe über alle haushaltsspezifischen Gradtage innerhalb des betrachteten Zeitraums t ergeben:

$$HDD_{t,i} = \sum_{d \in t} G_{d,i}$$

Ein Gradtag ($G_{d,i}$) wird nach DIN 3807 berechnet als Differenz zwischen einer unterstellten mittleren Raumtemperatur von 20° Celsius und dem Tagesmittel der Außentemperatur am Wohnort des Haushalts i . Dabei kommen nur Tage mit einem Tagesmittel ($A_{d,i}$) von weniger als 15° Celsius in Anrechnung:

$$G_{d,i} = \begin{cases} (20^{\circ}\text{C} - A_{d,i}) & \text{für } A_{d,i} < 15^{\circ}\text{C} \\ 0 & \text{für } A_{d,i} \geq 15^{\circ}\text{C} \end{cases}$$

In Definition (1) wird die kumulierte Liefermenge der Jahre 2005 bis 2009 gewichtet mit dem Anteil der haushaltsspezifischen Heizgradtage des Kalenderjahres 2008 an sämtlichen im Zeitraum 2005 bis 2009 gemessenen Heizgradtage.

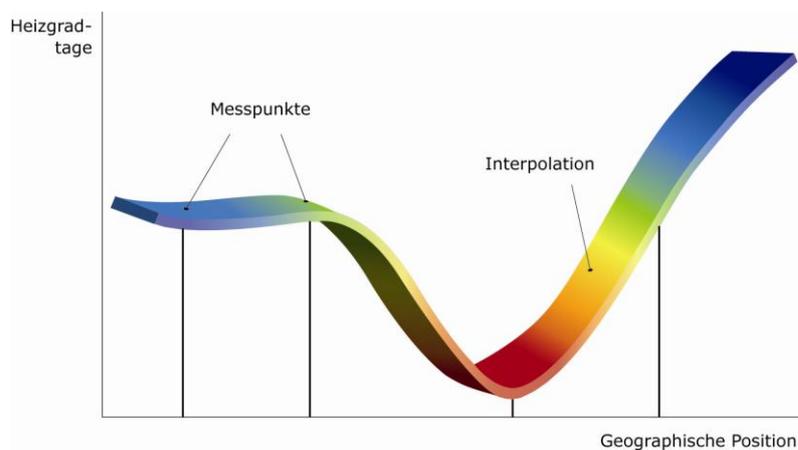
Geographische Interpolation der Heizgradtage

Die Ermittlung haushaltsspezifischer Gradtagszahlen $G_{d,i}$ erfolgt in zwei Schritten. Zunächst wurden unter Zugrundelegung meteorologischer Messwerte eines vom Deutschen Wetterdienst betriebenen Netzes von Klimastationen jeweils für die Monate Januar 2005 bis Dezember 2009 interpolierte Heizgradtage (HDD) für das

Anwendungsbilanz 2008 für den Sektor Private Haushalte

Gebiet der Bundesrepublik errechnet. Die Interpolation basiert auf einer geometrischen Oberflächenfunktion (Childs 2004). Anschaulich kann man sich die Interpolation wie das „Einhüllen“ der Klimastationen mit einem Tuch vorstellen. An jedem Messpunkt, in Abbildung 1 durch eine vertikale Linie gekennzeichnet, entspricht das Tuch dem erhobenen Messwert. Gebiete ohne Messstation werden durch die Oberflächenfunktion interpoliert.

Abbildung 1: Veranschaulichung der Oberflächenfunktion



Nach der Interpolation liegen die Gradtagszahlen für jede der rund 12 500 Gemeinden der Bundesrepublik monatsgenau vor. Für jeden Haushalt wurden nun die interpolierten Heizgradtage für seinen Wohnort für den Zeitraum Januar 2005 bis Dezember 2009 bestimmt. Die so gewonnen haushaltsspezifischen Heizgradtage dienen als Grundlage zur Bereinigung von Lagerhaltungseffekten und zur nachfolgend dargestellten witterungsgerechten Zurechnung des Energieverbrauchs bei Kalenderjahr übergreifenden Abrechnungen.

Abgrenzung zwischen Kalenderjahr und Abrechnungszeitraum

Üblicherweise stimmt der mit einer Energierechnung abgerechnete Zeitraum nicht mit dem Kalenderjahr überein, sondern bezieht sich auch teilweise auf das vorhergehende oder nachfolgende Kalenderjahr. In der Erhebung von RWI/forsa (2010) wurden daher von den befragten Haushalten alle Energierechnungen ausgelesen, die sich auch nur teilweise auf den Zeitraum 2006 bis 2008 beziehen. Die auf der

Methodische Vorarbeiten

jeweiligen Rechnung ausgewiesene Energieverbrauchsmenge wurde danach wie folgt auf die betroffenen Kalenderjahre verteilt:

- beim Energieträger Strom wurde der Stromverbrauch je Kalendertag errechnet, der Jahresverbrauch an Strom ergibt sich dann durch Multiplikation mit den entsprechenden Tagen im Kalenderjahr (außer wenn Strom zur Raumwärmeerzeugung genutzt wurde, also wenn der Haushalt eine Nachtspeicherheizung betreibt);
- bei allen zur Wärmeerzeugung genutzten Energieträgern (einschließlich Strom bei Nachtspeicherheizungen) wurde der Energieverbrauch je Heizgradtag errechnet, der auf das Kalenderjahr entfallende Energieverbrauch ergibt sich durch Multiplikation mit der Anzahl an Heizgradtagen im entsprechenden Kalenderjahr. Auf diese Weise kann für die Einflüsse einer milden Witterung auf den Wärme- und damit Brennstoffbedarf kontrolliert werden.

Verbrauch an Holz

Die über eine Befragung durchgeführte Erfassung des Verbrauchs an Holz ist mit besonderen konzeptionellen Schwierigkeiten konfrontiert. So ist die Verbrauchsmenge für einen Haushalt – insbesondere wenn er Holz nur sporadisch nutzt – sehr schwer abzuschätzen. So variiert der für die Lagerung des Holzes benötigte Platz allein schon durch die Art und Weise, wie das Holz gestapelt ist. Wenn ein Haushalt die von ihm verbrauchte Menge an Holz durch eine Inaugenscheinnahme des Lagerorts schätzt, ist die erfasste Verbrauchsmenge mit einer hohen Ungenauigkeit behaftet.

Daneben wird das Ergebnis maßgeblich von den Annahmen hinsichtlich der Holzsorte und des Wassergehalts des Holzes und den entsprechend verwendeten Umrechnungsfaktoren von Gewichts- bzw. Raummaß in Energieeinheiten bestimmt. In der Haushaltserhebung wird die Menge an verbrauchtem Holz in der Gewichtseinheit kg oder in einem der drei Raummaße Raum-, Fest- oder Schüttraummeter erfasst. Der Raummeter, häufig auch als Ster bezeichnet, entspricht einem Kubikmeter gestapelter Holzmasse, beispielsweise in Form von Stückholz. Für die Umrechnung der Raummaße in Raumgewichte wurde ein Wassergehalt von 20% angenommen, der üblicherweise bei luftgetrocknetem Holz zu erwarten ist (FNR 2007:58). Das Raumgewicht variiert zudem mit der betrachteten Holzart. Für Stückholz und Hackschnitzel wird ein durchschnittlicher Heizwert von 18,5 MJ/kg (5,14 kWh/kg) verwendet, bezogen auf die wasserfreie Masse (FNR 2007:58). Unter Berücksichtigung eines Wasseranteils von 20% ergibt sich daraus ein mittlerer Heizwert von 3,976 kWh/kg für Stückholz und Hackschnitzel. Bei Holzbriketts und Holzpellets ähneln sich sowohl die Ausgangsstoffe als auch das Produktionsverfahren.

Anwendungsbilanz 2008 für den Sektor Private Haushalte

Für beide Energieträger wird daher ein Heizwert von 4,9 kWh/kg angenommen, der der Mindestanforderung für Pellets nach DIN 51731 entspricht.

Notwendigkeit vollständiger Verbrauchsangaben

Nahezu jeder Haushalt nutzt mehr als einen Energieträger. So wird Raumwärme und ggf. Warmwasser mit einem Brennstoff wie Erdgas oder Heizöl erzeugt, für die Anwendungszwecke Beleuchtung und Information und Kommunikation (IuK) kommt dagegen Strom zu Einsatz. Daneben ist es aber auch durchaus üblich, dass Haushalte auch für die Raumwärmeerzeugung mehr als einen Energieträger verwenden. Ein typisches Beispiel ist die Verwendung von Holz in einem Kamin oder Kaminofen zur Raumwärmeerzeugung zu Beginn und Ende der Heizperiode. Insbesondere in Zeiten steigender Preise für die konventionellen Energieträger Erdgas und Heizöl ist die Verfeuerung von Holz eine finanziell attraktive Option, da Feuerholz mitunter sehr günstig direkt über die Forstverwaltung bezogen werden kann. Ohne Einbuße im Wohnkomfort kann auf diese Weise ein recht teuer Energieträger (Erdgas, Heizöl) durch einen vergleichsweise günstigen Energieträger substituiert werden.

Um den gesamten Energieverbrauch für einen bestimmten Anwendungszweck auf alle genutzten Energieträger sachgerecht aufteilen zu können, müssen daher verwertbare Angaben der Haushalte für jeden der von ihnen verwendeten Energieträger vorliegen. Die Information, dass ein Haushalt Erdgas und Holz zur Raumwärmeerzeugung verwendet, nützt wenig, wenn die jeweiligen Verbrauchsmengen nicht bekannt sind, und daher nicht abgeschätzt werden kann, welchen Beitrag jeweils Erdgas und Holz zur Deckung des Energiebedarfs für Raumwärme leisten.

Für die Erstellung der Anwendungsbilanz wurden daher nur Informationen von Haushalten herangezogen, für die vollständige Angaben hinsichtlich Energieträgernutzung als auch der jeweils verbrauchten Energiemenge vorliegen. Dies ist für 1134 Haushalte aus dem Erhebungsdatensatz von RWI/forsa (2010) der Fall. Um aussagekräftige Verbrauchskennziffern für die Grundgesamtheit aller Haushalte in Deutschland ableiten zu können, erfolgte eine Gewichtung der 1134 Haushalte, so dass die Verteilung der Haushaltsgröße der Stichprobe mit der Verteilung in der Grundgesamtheit übereinstimmt.

Vom Endenergieverbrauch zur Anwendungsbilanz

4. Vom Endenergieverbrauch zur Anwendungsbilanz

Die Anwendungsbilanz gliedert sich in die folgenden Anwendungszwecke:

- Raumwärme,
- Warmwasser,
- Prozesswärme,
- Prozesskälte,
- Mechanische Energie,
- Beleuchtung,
- Information und Kommunikation (IuK).

Für den Anwendungszweck Klimakälte, im Haushaltssektor betrifft dies insbesondere den Betrieb von Klimaanlage, liegen im Erhebungsdatensatz keine Informationen vor. Der Anwendungszweck Klimakälte kann im Rahmen dieser Studie daher nicht getrennt ausgewiesen werden.

Energiebedarf für Warmwasser, Beleuchtung und Kochen

Für die Ermittlung des Energiebedarfs für die Anwendungszwecke Warmwassererzeugung, Beleuchtung und Kochen wurden die in Tabelle 2 dargestellten Bedarfskennziffern zugrundegelegt. Für Beleuchtung verbraucht ein Haushalt in einem Ein- oder Zweifamilienhaus täglich rund 1 kWh Strom, ein Haushalt in einem Mehrfamilienhaus verbraucht mit 0,8 kWh pro Tag etwas weniger.

Der Bedarf an Warmwasser, und damit auch der Energiebedarf für die Warmwassererzeugung, steigt mit der Haushaltsgröße. Als Ausgangsgröße wird für jede im Haushalt lebende Person ein Energieverbrauch von 400 kWh im Jahr zugrundegelegt, sofern die Warmwassererzeugung dezentral und per Strom erfolgt. Bei zentraler Warmwasserversorgung, beispielsweise in der mit Erdgas betriebenen Zentralheizung, ergibt sich ein höherer Energieaufwand für die Warmwasserbereitung, beispielsweise durch Wärmeverluste im Warmwasserleitungssystem. Der erhöhte Energiebedarf wurde durch entsprechende Zuschlagfaktoren berücksichtigt.

Anwendungsbilanz 2008 für den Sektor Private Haushalte

Tabelle 2: Jährlicher Energiebedarf nach Anwendungszweck und Haushaltsgröße

	Personen im Haushalt				
	1	2	3	4	> 4
Kochen	198 kWh	396 kWh	440 kWh	595 kWh	595 kWh
Beleuchtung	365 kWh in Ein- und Zweifamilienhäusern 292 kWh in Mehrfamilienhäusern				
Warmwasser	400 kWh pro Person				

Für Kochen wird unterstellt, dass der Energiebedarf mit der Haushaltsgröße steigt, allerdings nicht linear. Dabei wird davon ausgegangen, dass ein Zweipersonenhaushalt nicht den doppelten Energiebedarf eines Singlehaushalts hat, weil Mahlzeiten häufig gemeinsam eingenommen werden. Für die Anwendungsbilanz wird der Energieverbrauch für die Tätigkeit „kochen“ in „sonstige Prozesswärme“ und „luK“ aufgliedert. Der auf luK entfallende Anteil ergibt sich durch die in Herden eingebaute Digitalanzeigen, auf denen beispielsweise die Uhrzeit angezeigt wird.

Dekomposition des Stromverbrauchs nach Geräten und Anwendungszwecken

Strom ist der vermutlich am vielseitigsten zu verwendende Energieträger bei den Haushalten. Strom wird zur Beleuchtung und zur Warmwassererzeugung eingesetzt, auch elektrische Geräte benötigen Strom. Dabei hängt der Stromverbrauch eines Haushalts sowohl von seiner Ausstattung mit Elektrogeräten wie auch von der Nutzungsintensität der Geräte ab.

Die Ausstattung der Haushalte mit für den Stromverbrauch besonders relevanten Elektrogeräten gibt Tabelle 3 wieder. Die Ausstattung steigt mit der Haushaltsgröße: Je 100 Singlehaushalte sind durchschnittlich 129 Fernseher vorhanden, bei Zweipersonenhaushalten steigt die Ausstattung bereits auf 170 Fernseher. Ähnliche Effekte sind auch für die anderen betrachteten Elektrogeräte zu erkennen. Üblicherweise ist der Schritt von einem Ein- zu einem Zweipersonenhaushalt mit einer deutlichen Zunahme der Ausstattung mit Elektrogeräten verbunden.

Vom Endenergieverbrauch zur Anwendungsbilanz

Tabelle 3: Ausstattung mit Elektrogeräten je 100 Haushalte

	Personen im Haushalt				
	1	2	3	4	> 4
Kühlschränke, Kühl-Gefrier-Kombinationen	110	141	135	147	192
Gefrierschrank/ -truhe	30	67	70	75	87
Spülmaschine	58	83	88	96	98
Waschmaschine	88	95	100	98	100
Wäschetrockner	27	48	61	79	79
Fernseher	129	170	197	210	223
DVD	132	126	168	168	174
Computer	141	166	208	255	286

Quelle: RWI/forsa (2010)

Neben der Ausstattung ist für viele Geräte auch die Intensität der Nutzung für den Stromverbrauch von Relevanz. In RWI/forsa (2010) wurde daher über einen statistisch-ökonomischen Ansatz der Stromverbrauch für verschiedene Elektrogeräte in Abhängigkeit der Ausstattung und Nutzung bestimmt. Die Ergebnisse dieser Analyse sind in Tabelle 4 dargestellt. Jeder in einem Singlehaushalt vorhandene Kühlschrank (bzw. Kühl-Gefrier-Kombination) verbraucht im Mittel jährlich 436 kWh, bei steigender Haushaltsgröße sinkt diese Verbrauchskennziffer leicht ab. Der Stromverbrauch eines Gefrierschranks bzw. einer Gefriertruhe liegt in einer ähnlichen Größenordnung. Kühlschränke und Gefriertruhen sind permanent mit dem Stromnetz verbunden, bei der Ableitung des Strombedarfs ist daher kein über die Haushalte variierendes Energieverhaltensverhalten berücksichtigt worden.

Für alle anderen aufgeführten Geräte wurde der Stromverbrauch sehr wohl in Abhängigkeit der jeweiligen Intensität der Nutzung ermittelt. Beispielsweise werden je Fernseher in einem Einpersonenhaushalt jährlich 271 kWh an Strom verbraucht, bei einer durchschnittlichen Fernsehnutzung von 213 Minuten pro Tag.

Der insgesamt auf Fernsehen entfallende Strombedarf eines Haushalts ergibt sich durch die Multiplikation des Stromverbrauchs je Gerät mit der durchschnittlichen Ausstattung. Beispielsweise besitzt ein Einpersonenhaushalt durchschnittlich 1,29 Fernseher und jeder Fernseher verbraucht jährlich 271 kWh. Insgesamt verbraucht ein Einpersonenhaushalt daher rund 350 kWh an Strom für Fernsehen.

Anwendungsbilanz 2008 für den Sektor Private Haushalte

Tabelle 4: Stromverbrauch der Elektrogeräte nach Haushaltsgröße
In kWh pro Jahr und Gerät

	Personen im Haushalt				
	1	2	3	4	> 4
Kühlschränke, Kühl-Gefrier-Kombinationen	436	424	428	427	427
Gefrierschrank/ -truhe	400	378	393	375	359
Spülmaschine	371	401	451	467	504
Waschmaschine	50	93	143	192	192
Wäschetrockner	296	294	441	362	523
Fernseher	271	267	261	253	256
DVD	50	47	42	42	59
Computer	75	58	60	66	67

Der für jede Kategorie an Elektrogeräten ermittelte Stromverbrauch wurde in einem nächsten Schritt in die Gliederung der Anwendungszwecke der Anwendungsbilanzen überführt. So wurde z.B. der Stromverbrauch einer Waschmaschine aufgeteilt in „sonstige Prozesswärme“ (für die Erzeugung des Warmwassers) und „mechanische Energie“ (für den Antrieb des Elektromotors). Für die Aufteilung wurde auf ein Schema zurückgegriffen, welches vom Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik der Technischen Universität München erarbeitet wurde (IfE 2010).

5. Anwendungsbilanz für den Sektor Private Haushalte des Jahres 2008

Kalibrierung auf Endenergieverbrauch nach AGEB

Im Rahmen der Projektlaufzeit wurde vereinbart, dass der über alle Anwendungszwecke hinweg summierte Endenergieverbrauch eines Energieträgers sich zu dem von der AGEB ausgewiesenen Wert summieren soll. Auf diese Weise soll verhindert werden, dass in der Öffentlichkeit parallel mehrere Kennziffern zum Endenergieverbrauch kursieren.

Aus diesem Grund wurden die Ergebnisse der Bottom-Up-Rechnung auf die Ergebnisse der AGEB kalibriert. Konkret bedeutet dies, dass in einem ersten Schritt

Anwendungsbilanz für den Sektor Private Haushalte des Jahres 2008

der prozentuale Anteil des Endenergieverbrauchs eines jeden Energieträgers errechnet wird, der auf die verschiedenen Anwendungszwecke entfällt. Die Rechnungen wurden jeweils separat für die Gebäudesegmente Einfamilienhaus, Zweifamilienhaus und Mehrfamilienhaus durchgeführt.

In einem zweiten Schritt werden die Anteilswerte auf den von der AGEb in ihrer Energiebilanz für den Haushaltssektor ausgewiesenen Endenergieverbrauch des jeweiligen Energieträgers bezogen. Der Energieverbrauch über alle Anwendungszwecke und Energieträger summiert sich daher wieder zu den Werten der AGEb.

Ergebnisse

Tabelle 5 fasst die Ergebnisse der Bottom-Up-Berechnung aus dem Erhebungsdatensatz zusammen.¹ Sie zeigt nach Energieträger geschichtet die Anteile am Endenergieverbrauch, die auf den jeweiligen Anwendungszweck entfallen. Rund 12% des Endenergieverbrauchs an Strom verbrauchen Haushalte für die Warmwassererzeugung, etwa ebenso viel entfällt auf Raumwärmeerzeugung in Nachtspeicherheizungen. Noch etwa 4% des Gebäudebestands in Deutschland ist mit Nachtspeicherheizungen ausgerüstet.

Tabelle 5: Anteile der Anwendungszwecke am Endenergieverbrauch
in %, geschichtet nach Energieträgern

	Raumwärme	Warmwasser	Prozesswärme	Prozesskälte	Mech. Energie	Beleuchtung	LuK
Strom	12.0%	12.3%	27.3%	19.9%	2.4%	8.8%	17.2%
Erdgas	82.7%	16.9%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Heizöl	86.6%	13.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Fernwärme	92.2%	7.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Holz	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Kohle	91.4%	8.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Solar	4.0%	96.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Wärmepumpe	93.1%	6.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Die Verbrauchsanteile für Raumwärme sind bei den Energieträgern Erdgas, Heizöl und Fernwärme mit jeweils über 80% deutlich höher. Der Anteil des Endenergieverbrauchs, der auf Warmwassererzeugung entfällt, liegt zwischen 8% bei Fernwärme und rund 17% bei Erdgas.

¹ Ergebnistabellen für einzelne Gebäudesegmente befinden sich im Anhang.

Anwendungsbilanz 2008 für den Sektor Private Haushalte

Bei Solarwärme dominiert mit mehr als 90% die Warmwassererzeugung, da Solarwärme nur in Ausnahmefällen zur Heizungsunterstützung verwendet wird. Genau umgekehrt verhält es sich bei Wärmepumpen.

Legt man den Endenergieverbrauch der Energieträger der AGEB des Jahres 2008 zugrunde und teilt diesen entsprechend der Anteile aus Tabelle 5 auf, ergibt sich die in Tabelle 6 dargestellte Anwendungsbilanz. Demnach teilt sich der Stromverbrauch 2008 des Haushaltssektors in Höhe von 502,2 PJ auf in 62,5 PJ Raumwärmeerzeugung, 104,5 PJ Warmwassererzeugung, 134,6 PJ Prozesswärme, 11,8 PJ mechanische Energie, knapp 6 PJ wurden 2008 für Beleuchtung im Haushaltssektor verbraucht und für Information und Kommunikation verbrauchten die Haushalte 2008 rund 84,9 PJ.

**Tabelle 6: Anwendungsbilanz 2008 für den Haushaltssektor
in PJ**

	Raum- wärme	Warm- wasser	Prozess- wärme	Prozess- kälte	Mech. Energie	Beleuch- tung	IuK	Insge- samt
Strom	60.4	61.8	137.3	100.1	12.0	44.0	86.6	502.2
Erdgas	778.1	159.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	940.5
Heizöl	559.8	86.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	646.7
Fernwärme	151.3	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	164.1
Holz	204.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	204.3
Kohle	40.9	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.7
Solar	0.4	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0
Wärme- pumpe	14.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0
Insgesamt	1 809.2	334.9	140.7	100.1	12.0	44.0	86.6	2 527.5

Etwa 80% der bewohnten Wohneinheiten in Deutschland werden mit Erdgas oder Heizöl beheizt. Entsprechend dominieren diese beiden Energieträger auch den Endenergieverbrauch für Raumwärmeerzeugung. Mit mehr als 204 PJ ist Holz, vorwiegend verfeuert in Form von Stückholz in Kaminen und Kaminöfen, bedeutsamer als Fernwärme.

Literatur

6. Literatur

- AGEB (2010a), Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2008, Stand: 25.08.2010, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Berlin.
- AGEB (2010b), Satellitenbilanz Erneuerbare Energien 2008, Stand: 25.08.2010, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Berlin.
- Childs, C. (2004) Interpolating Surfaces in ArcGIS Spatial Analyst, ArcUser, July-September: 32-35.
- FNR (2007) Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen, 2. Auflage, Fachagentur Wachsende Rohstoffe, Gülzow, www.fnr.de.
- IfE (2010), Erstellen von Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland (2007 - 2010) - Erstellung von Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland für 2008 Berichtsteil: GHD-Sektor, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik (IfE), Technische Universität München.
- RWI/forsa (2010), Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2006-2008 , Teilbericht für das Projekt Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2006-2010 im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Stand: Oktober 2010, Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI), Essen und forsa Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen mbH, Berlin.

Anwendungsbilanz 2008 für den Sektor Private Haushalte

7. Anhang: Detaillierte Ergebnisse

Anwendungsstruktur nach Energieträgern und Gebäudesegmenten

Tabelle 7: Anteile der Anwendungszwecke am Endenergieverbrauch in Einfamilienhäusern

in %, geschichtet nach Energieträgern

	Raum- wärme	Warm- wasser	Prozess- wärme	Prozess- kälte	Mech. Energie	Beleuch- tung	luK
Strom	13.9%	10.9%	28.4%	19.0%	2.6%	8.6%	16.6%
Erdgas	80.8%	19.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Heizöl	84.4%	15.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Fernwärme	92.2%	7.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Holz	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Kohle	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Solar	3.8%	96.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Wärme- pumpe	93.1%	6.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Tabelle 8: Anteile der Anwendungszwecke am Endenergieverbrauch in Zweifamilienhäusern

in %, geschichtet nach Energieträgern

	Raum- wärme	Warm- wasser	Prozess- wärme	Prozess- kälte	Mech. Energie	Beleuch- tung	luK
Strom	20.0%	12.6%	23.8%	17.6%	2.1%	8.7%	15.2%
Erdgas	89.8%	9.9%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Heizöl	90.4%	9.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Fernwärme	93.7%	6.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Holz	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Kohle	77.7%	22.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Solar	2.3%	97.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Wärme- pumpe	-	-	-	-	-	-	-

Anhang: Detaillierte Ergebnisse

Tabelle 9: Anteile der Anwendungszwecke am Endenergieverbrauch in Mehrfamilienhäusern

in %, geschichtet nach Energieträgern

	Raum- wärme	Warm- wasser	Prozess- wärme	Prozess- kälte	Mech. Energie	Beleuch- tung	IuK
Strom	7.2%	13.2%	28.2%	21.6%	2.4%	8.9%	18.6%
Erdgas	79.5%	19.9%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Heizöl	85.1%	14.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Fernwärme	92.1%	7.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Holz	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Kohle	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Solar	13.4%	86.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Wärme- pumpe	-	-	-	-	-	-	-

Anwendungsbilanz 2008 für den Sektor Private Haushalte

Anwendungsbilanzen 2008 nach Gebäudesegmenten

**Tabelle 10: Anwendungsbilanz 2008 für Einfamilienhäuser im Haushaltssektor
in PJ**

	Raum- wärme	Warm- wasser	Prozess- wärme	Prozess kälte	Mech. Energie	Beleuch_t ung	luK	Insge- samt
Strom	23.0	18.0	46.9	31.4	4.3	14.3	27.4	165.1
Erdgas	304.6	71.5	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	376.8
Heizöl	192.0	35.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	227.6
Fernwärme	13.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.1
Holz	115.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	115.6
Kohle	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3
Solar	0.2	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2
Wärme- pumpe	14.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0
Insgesamt	670.6	132.2	47.6	31.4	4.3	14.3	27.4	927.7

**Tabelle 11: Anwendungsbilanz 2008 für Zweifamilienhäuser im Haushaltssektor
in PJ**

	Raum- wärme	Warm- wasser	Prozess- wärme	Prozess kälte	Mech. Energie	Beleuch_t ung	luK	Insge- samt
Strom	20.5	12.9	24.4	18.1	2.2	8.9	15.6	102.7
Erdgas	222.9	24.6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	248.2
Heizöl	188.4	19.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	208.3
Fernwärme	6.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6
Holz	60.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.4
Kohle	13.3	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.2
Solar	0.1	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9
Wärme- pumpe	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Insgesamt	511.7	65.5	25.2	18.1	2.2	8.9	15.6	647.3

Anhang: Detaillierte Ergebnisse

Tabelle 12: Anwendungsbilanz 2008 für Mehrfamilienhäuser im Haushaltssektor
in PJ

	Raum- wärme	Warm- wasser	Prozess- wärme	Prozess kälte	Mech. Energie	Beleuch_t ung	luK	Insge- samt
Strom	16.9	30.9	66.1	50.6	5.6	20.8	43.6	234.3
Erdgas	250.7	62.9	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	315.5
Heizöl	179.4	31.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	210.8
Fernwärme	132.1	11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	143.4
Holz	28.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.3
Kohle	19.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.2
Solar	0.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
Wärme- pumpe	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Insgesamt	626.9	137.2	67.9	50.6	5.6	20.8	43.6	952.5