Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 87 (1996)

Heft: 12

Artikel: Direkter und indirekter Energieverbrauch der Haushalte

Autor: Ospelt, Christoph / Knoepfel, Ivo / Spreng, Daniel

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902333

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

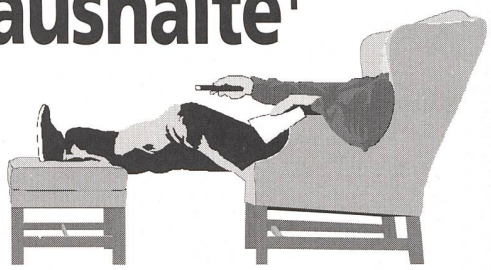
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Der Konsum der privaten Haushalte steht in enger Wechselwirkung mit den wirtschaftlichen Aktivitäten und damit dem gesamten Energieverbrauch eines Landes. Neben dem direkten Energieverbrauch beziehen die Haushalte einen Grossteil der Energie indirekt über Güter und Dienstleistungen (Graue Energie). Der Aufsatz stellt die Input-Output- und die Hybrid-Analyse vor. Mit beiden Methoden kann bestimmt werden, wieviel Graue Energie die Haushalte nachfragen. Die Methoden unterscheiden sich bezüglich des erforderlichen Aufwands und des erzielbaren Differenzierungsgrads. In dieser Form werden sie erstmals auf die schweizerischen Haushalte angewandt.

Direkter und indirekter Energieverbrauch der Haushalte[1]



[1] Die diesem Artikel zugrunde liegenden Arbeiten wurden vom Schweizerischen Nationalkomitee des Weltenergierates und vom Projekt- und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft (PSEL) unterstützt.

Adresse der Autoren:
Christoph Ospelt, dipl. Natw. ETH, bis Herbst 1995 Student der ETH Zürich, zurzeit LESO, ETH Lausanne.
Dr. *Ivo Knoepfel*, bis Ende 1995 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Laboratorium für Energiesysteme ETH Zürich, zurzeit Schweizerische Rückversicherungs-Gesellschaft, Zürich.
Prof. Dr. *Daniel Spreng*, Forschungsgruppe Energieanalysen, ETH Zürich, 8092 Zürich.

■ Christoph Ospelt, Ivo Knoepfel und Daniel Spreng

Einleitung

Ein Zweck der wirtschaftlichen Aktivitäten einer Volkswirtschaft ist die Befriedigung der individuellen Bedürfnisse. Am Ende der Güterproduktionskette, die vom Ressourcenabbau über die Produktion zum Vertrieb von Gütern führt, steht die Nachfrage der Endverbraucher. Das gleiche gilt für Dienstleistungen und ähnlich ist es auch bei der Energie. Die Energiebereitstellungskette beginnt mit der Primärenergie (Rohöl, Rohkohle usw.), führt über die Endenergie (kommerzielle Energieträger) zu den Energiedienstleistungen (geregelter Antrieb, warmes Zimmer usw.) und damit zum Teil direkt zur Befriedigung von Bedürfnissen (Mobilität, Wohlbefinden usw.) der Endverbraucher.

Da das Erbringen einer Dienstleistung oder die Befriedigung eines Bedürfnisses schwer quantifizierbare Begriffe sind, konzentrieren sich öffentliche Statistiken auf leichter messbare Bezugsgrössen, wie physikalische und monetäre Flüsse. Die Energie- und Umweltdiskussion stützt sich entsprechend auch auf diese Grössen ab.

Die Entwicklung des Energieverbrauchs ist aber nicht nur eine Folge wirtschaftlicher und technischer Veränderungen. Vermehrt sind auch die Endverbraucher mit ihren sich wandelnden Bedürfnissen und Konsumgewohnheiten, die wiederum

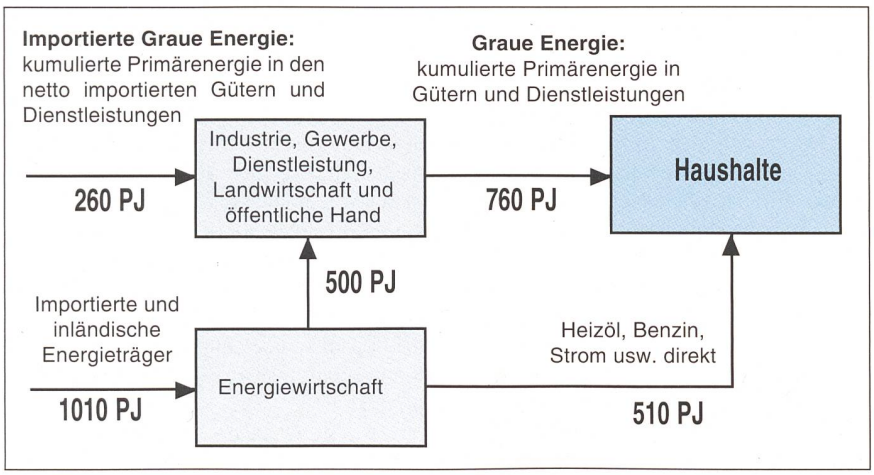


Bild 1 Darstellung der gesamten Energieflüsse aus der Sicht der Haushalte. Die Werte entsprechen einer Abschätzung der kumulierten Primärenergie in der Schweiz für das Jahr 1990.

von sozioökonomischen, demographischen und kulturellen Faktoren abhängig sind, in die Überlegungen einzubeziehen.

Um beispielsweise durch verändertes Konsumverhalten verursachte Energiespareffekte abzuschätzen, muss dieser Energieverbrauch zuerst quantifiziert werden. In den folgenden Ausführungen dient auf Seite der Konsumenten der private Haushalt als Bezugseinheit. Um zu differenzierten Aussagen zu gelangen, kann die Gesamtheit aller Haushalte nach verschiedenen Kriterien gegliedert werden. Interessant sind Untersuchungen des Energieverbrauchs von Haushalten, die sich bezüglich sozioökonomischer oder demographischer Eigenschaften unterscheiden. Je nach Aussagekraft der angewandten Methode lassen sich am Energieverbrauch typische Konsummuster und Lebensstile erkennen.

In den Niederlanden und in Deutschland wurden in den letzten Jahren Untersuchungen zu diesem Problemkreis durchgeführt. Dabei gelangte in Deutschland die Input-Output-Analyse zur Anwendung [1, 2]. Die niederländischen Studien verwenden eine Hybrid-Analyse, welche die Prozesskettenanalyse mit der Input-Output-Analyse kombiniert [3, 4, 5]. In einem kürzlich abgeschlossenen Projekt [6] wurden die beiden Methoden auf die Privathaushalte der Schweiz angewandt. Bei der Hybrid-Analyse wurden dazu niederländische Energieintensitäten auf die Schweiz übertragen.

Private Haushalte und Energieflüsse

Bild 1 zeigt vereinfacht die Energieflüsse der schweizerischen Wirtschaft aus der Sicht der privaten Haushalte (vergl. [7]). Die ausgewiesenen Werte wurden in kumulierten Primärenergieeinheiten gemessen. Sämtliche vorgelagerten energetischen Aufwendungen zur Bereitstellung eines Gutes oder einer Dienstleistung (sogenannte Graue Energie), auch die eines Energieträgers, werden dabei aufsummiert. Die Werte sind Schätzungen für das Jahr 1990 [6, 8]. In den 1010 PJ, die der Energiewirtschaft zufliessen, sind die inländischen und die importierten Energieträger enthalten. Davon fallen etwa 150 PJ im Ausland für die Bereitstellung der importierten Energieträger an.

Für die Schweiz ist der Netto-Import von Primärenergie in Form des kumulierten Primärenergieaufwands von Gütern und Dienstleistungen (Graue Energie) von Interesse. Der Importüberschuss ist dadurch bedingt, dass die Schweiz die meisten energieintensiven Roh- und Grundstoffe aus dem Ausland importiert. In [6] wurde dieser Importüberschuss mit zwei Verfahren, einmal basierend auf Geldströmen und einmal basierend auf Massenströmen, abgeschätzt. Der Importüberschuss liegt im Bereich von 260 bis 340 PJ. Das auf Geldströmen basierende Verfahren liefert Werte, die im unteren Bereich liegen, das auf Massenströmen basierende Verfahren liefert Werte im oberen Bereich. Dieser Importüberschuss und der im Ausland anfallende Energieaufwand zur Umwandlung von Primärenergie in Endenergie von 150 PJ erscheinen nicht in der offiziellen schweizerischen Energiestatistik. Dort wird lediglich der Bruttoenergieverbrauch ausgewiesen.

Für eine die Graue Energie enthaltende Primärenergiestatistik müsste zum Bruttoenergieverbrauch rund 40% addiert werden.

Zur Umrechnung der Endenergie in Primärenergie wurden reale Nutzungsgrade verwendet, wie sie sich aus der Studie [14] ergeben. Würde man zusätzlich die Wasserkraft – wie in der OECD-Statistik üblich – mit ihrem Brennstoffäquivalent in Rechnung stellen, kämen insgesamt zum Bruttoenergieverbrauch etwa 60% hinzu.

Der Energiefluss von der Energiewirtschaft zu Industrie, Gewerbe, Dienstleistungsbranche, Landwirtschaft und öffentlicher Hand beträgt rund 500 PJ. Dies liegt etwa in derselben Grössenordnung wie der direkte Energiebezug der privaten Haushalte (Heizöl, Benzin, Haushaltsstrom usw.).

Der indirekte Energiebezug der Haushalte von etwa 760 PJ in Form von Grauer Energie ist demnach grösser als der direkte Energiebezug. Der Begriff Dienstleistung ist hierbei sehr weit gefasst. So werden auch sämtliche Aktivitäten des Staates als Dienstleistung für die Haushalte betrachtet. Darin sind unter anderem Aufwendungen für Infrastrukturen, Gesundheitswesen, Schulwesen und Sicherheit enthalten.

Im voranstehenden Abschnitt wird die Summe aller Haushalte betrachtet. Um die in der Einleitung erwähnte Differenzierung der Haushalte vornehmen zu können, bedarf es entsprechender Daten zu den einzelnen Haushalten. Das Bundesamt für Statistik hat 1990 eine umfassende Verbrauchserhebung zu den Haushaltsausgaben durchgeführt [9]. Dabei erfolgte die Differenzierung der Haushalte unter anderem nach folgenden Kriterien: sozioökonomische Gruppen (Selbständige, Unselbständige, Landwirte, Rentner und Übrige), Haushaltsgrösse (Anzahl Personen), Ausgabenhöhe und Wohnverhältnis (Mieter, Eigentümer und Übrige). Für jeden Haushalt wurde der Verbrauch in monetären Einheiten für über dreihundert Güter- und Dienstleistungen erfasst. Diese dreihundert Gruppen oder Kategorien sind wiederum in übergeordnete Kategorien zusammengefasst. Um von diesen monetären Daten zum Energieverbrauch zu gelangen, bedarf es der Energieintensitäten dieser Güter und Dienstleistungen. Diese erhalten wir mit den im folgenden dargestellten Methoden:

- Die Prozessketten- und die Hybrid-Analyse erlauben die Bestimmung der Energieintensitäten einzelner Produkte- und Dienstleistungen.
- Die Input-Output-Analyse liefert die Energieintensitäten einzelner Wirtschaftsbranchen. Produkte und Dienstleistungen müssen einer Branche zugeteilt werden.

Prozesskettenanalyse

Das Vorgehen bei der Prozesskettenanalyse wird hier nur kurz zum Verständnis der unten folgenden Hybrid-Analyse erläutert [10, 11]. Die Prozesskettenanalyse findet breite Anwendung in Energieanalysen und in Ökobilanzen. Im Rahmen der Arbeiten der Society for Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) wird weltweit eine bessere Strukturierung und Normierung der Prozesskettenanalyse angestrebt [11].

Bei einer Prozesskettenanalyse wird zuerst aus dem Netzwerk der wirtschaftlichen Verflechtungen diejenige Prozesskette dargestellt, die zum betrachteten Endprodukt (auch funktionale Einheit genannt) führt. Danach werden für jeden Prozess die Inputs (Halbfabrikate, Materialien, Dienstleistungen, Energie usw.) und Outputs (Produkte, Neben- und Abfallprodukte usw.) bilanziert. In der Regel wird eine sogenannte Prozesskette 1. Ordnung definiert. Halbfabrikate, Materialien, Dienstleistungen und Energieträger, die in das System 1. Ordnung einfliessen, werden in der Regel nicht mehr weiter verfolgt. Ihre kumulierten Primärenergieinhalte werden in Form aggregierter Resultate (sogenannte Basisdaten) aus Datenbanken oder anderen Prozesskettenanalysen übernommen. Die Ergebnisse auf Prozessebene werden dann anteilsmässig und linear miteinander verknüpft. Somit erhält man Ergebnisse für das Endprodukt.

Das Grundkonzept der Prozesskettenanalyse mag einfach erscheinen. Die Schwierigkeit liegt in der Definition der funktionalen Einheit, in der Wahl der Sy-

stemgrenzen, in der Abschätzung des Fehlers bei der Vernachlässigung von Inputs und Outputs 2. Ordnung, in der Behandlung sogenannter Multi-Input- und Multi-Output-Prozesse und in der Verfügbarkeit geeigneter Basisdatensätze. Ohne diese steigt der Zeitaufwand einer Prozesskettenanalyse ins Unermessliche.

Der Vorteil der Prozesskettenanalyse liegt darin, dass sie auf ein einzelnes Produkt angewendet werden kann. Bei entsprechendem Arbeitsaufwand können zuverlässige Resultate erreicht werden. Der Nachteil liegt im grossen Aufwand, falls viele verschiedene Güter analysiert werden müssen, wie dies bei einer Untersuchung zum gesamten indirekten Energieverbrauch der Haushalte der Fall ist.

Input-Output-Analyse

Bei der Input-Output-Analyse handelt es sich um eine den Wirtschaftswissenschaften entlehnte Methode, die ursprünglich als Verflechtungsanalyse der Volkswirtschaft von Leontief entwickelt wurde. In erweiterter Form wird sie seit den siebziger Jahren auch zur Bestimmung des kumulierten Energieverbrauchs verwendet. Die Methodik dazu wurde andernorts ausführlich beschrieben [2, 12, 13]. Nach einer kurzen Betrachtung des Prinzips werden einige Besonderheiten der Schweizer Input-Output-Analyse dargestellt.

Grundlage der Input-Output-Analyse bildet die monetäre Input-Ouput-Tabelle. In einer Matrix wird die Vorleistungsverflechtung der Wirtschaftsbranchen untereinander festgehalten. Die Spalten stellen die Vorleistungsbezüge einer Branche von den anderen Branchen dar. Die Zeilen zeigen entsprechend die Lieferungen einer Branche an die anderen Branchen. Zusätzlich liefern die Branchen Güter und Dienstleistungen an die Endverwender. Dies sind im wesentlichen die privaten Haushalte, der Staat, Anlageinvestitionen und Export. Für energetische Input-Ouput-Analysen werden zusätzlich Energiestatistiken zum Energieverbrauch der Branchen benötigt.

Mit mathematischen Verfahren kann aus diesen Daten die kumulierte Energieintensität der Branchen bestimmt werden. Durch Multiplikation dieser Energieintensitäten mit den Ausgaben der privaten Haushalte für Güter der jeweiligen Branche erhalten wir den kumulierten Energieverbrauch.

Schweizer Strom hat mit dem sehr hohen Wasserkraftanteil sehr hohe Nutzungsgrade.

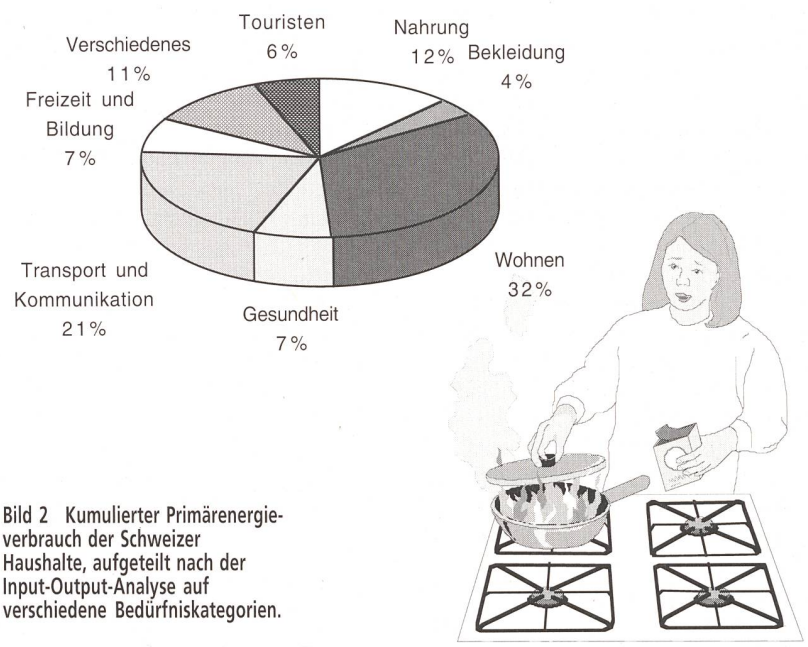


Bild 2 Kumulierter Primärenergieverbrauch der Schweizer Haushalte, aufgeteilt nach der Input-Output-Analyse auf verschiedene Bedürfniskategorien.

In [8] wurden die Möglichkeiten einer energetischen Input-Output-Analyse der Schweiz untersucht und auch in einem ersten Ansatz ausgeführt. Diese Input-Output-Analyse weist einige Besonderheiten auf:

- Die Rechnung basiert auf Endenergiestatistiken. Der Eigenenergieverbrauch der Energiewirtschaft wurde auf Null gesetzt. Die Umrechnung auf Primärenergieeinheiten erfolgte erst am Schluss mit Nutzungsgraden, die aus sehr detaillierten Prozesskettenanalysen von Energiesystemen [14] gewonnen wurden. Wie schon in anderen Arbeiten [15] betont wurde, erhöht dieses Vorgehen die Zuverlässigkeit der Ergebnisse wesentlich.
  Schweizer Strom hat mit dem sehr hohen Wasserkraftanteil sehr hohe Nutzungsgrade. Für internationale Vergleiche der Ergebnisse müssten je nach Fragestellung europäische Durchschnittswerte eingesetzt werden.
- Es existiert in der Schweiz keine vollständige offizielle Statistik des Energieverbrauchs der Branchen. Die Daten dazu wurden daher einer Perspektivstudie [16] entnommen. Diese verwendet eine teilweise von der Input-Output-Tabelle abweichende Branchensystematik. Es musste daher ein gemeinsamer kleinster Nenner der beiden Systematiken gefunden werden. Dies hat die Zahl der Branchen auf 25 reduziert. In Deutschland können mehr als doppelt so viele Branchen unterschieden werden.
- Die Schweizer Input-Output-Tabelle, wie sie in [19] ermittelt wurde, unterscheidet zwischen der Inlandverflechtung und der Importverflechtung. Die Importverflechtung zeigt, welche Branche wieviel importierte Güter liefert bzw. bezieht. Dies erlaubte, für die Importe unabhängige Energieintensitäten einzusetzen. Es wurden Werte aus der deutschen Input-Output-Analyse verwendet, da Deutschland für die Schweiz den wichtigsten Handelspartner darstellt.
- Mit dem Ziel im Sinne von Bild 1 den gesamten Energieverbrauch auf die Haushalte umzulegen, wurde auch der Staatsverbrauch und der Energiefluss für Anlageinvestitionen auf die Branchen und in der Folge auf die Haushalte umgelegt. Dabei musste teilweise sehr pragmatisch vorgegegangen werden.

Die Input-Output-Tabelle unterscheidet beim privaten Konsum nach Ausgabenkategorien. Diese Zuweisung beruht auf [9]. Werden die Ausgaben der Haushalte mit den Energieintensitäten der 25 Branchen multipliziert, so erhalten wir den indirekten Energiebezug der Haushalte in Form von Gütern und Dienstleistungen. Addiert man dazu den direkten Energieverbrauch der Haushalte zu den entsprechenden Ausgabenkategorien (Treibstoffe für «Transport», Heizöl für «Wohnen» usw.), so erhalten wir den gesamten kumulierten Primärenergieverbrauch der Haushalte nach Ausgabenkategorien. Die relative Verteilung ist in Bild 2 dargestellt. Die Kategorie «Touristen» bezieht sich auf ausländische Touristen in der Schweiz.

Der grosse Vorteil der Input-Output-Analyse liegt darin, dass sie die gesamte Wirtschaft mit all ihren Güter-, Dienstleistungs- und Energieflüssen abzubilden vermag. Der grosse Aufwand liegt in den Vorarbeiten zur Erstellung der Input-Output-Tabellen und damit korrespondierender Energiestatistiken. Sind diese vorhanden, ist die eigentliche Input-Output-Analyse mit geringem Aufwand möglich.

Der Nachteil der Input-Output-Analyse liegt in der Unschärfe der Betrachtung einzelner Produkte. Die Input-Output-Analyse nimmt implizit an, dass eine Branche ein homogenes Gut herstellt. In Wirklichkeit können sich die Energieintensitäten der Güter ein und derselben Branche stark unterscheiden. Dieser Umstand kann mit der Input-Output-Tabelle nicht abgebildet werden. Können, wie in der Schweizer Input-Output-Analyse, nur 25 Branchen unterschieden werden, so wird dieser Effekt noch verstärkt. Zudem wird die Energie immer nach monetären Allokationsschlüsseln Produkten zugeteilt.

Eine Anwendung der Energieintensitäten der Input-Output-Analyse für sozioökonomische Studien der Haushalte, wie dies weiter unten bei der Hybrid-Analyse dargestellt wird, ist prinzipiell möglich. Man muss sich dabei aber bewusst sein, dass feinere Strukturen infolge der erwähnten Unschärfe überdeckt oder abgeschwächt werden können.

Hybrid-Analyse

Sowohl die Prozessketten- als auch die Input-Output-Analyse haben ihre Vor- und Nachteile. Bullard et al. [17] machten daher den Vorschlag einer Hybrid-Methode, die sich die Vorteile beider Methoden zu Nutzen macht und die Nachteile möglichst vermeidet. Dabei wird bei der Prozesskette zwischen Inputs mit einem grossen Anteil am kumulierten Primärenergieaufwand eines Produktes und den Rest-Inputs unterschieden. Für die Inputs mit einem voraussichtlich hohen Anteil, dies sind meist der direkte Energie-Input und einige Basismaterialien, wird nach dem Prinzip der Prozesskettenanalyse vorgegangen. Für sämtliche Rest-Inputs erfolgt eine Abschätzung über monetäre Grössen unter Verwendung von Ergebnissen aus der Input-Output-Analyse.

In den Niederlanden wurde dieses Prinzip im Rahmen von [3] standardisiert und systematisch auf eine Vielzahl von Konsumgütern angewendet. Das dabei angewandte, schrittweise Vorgehen umfasst folgende Stufen:

- Aufzeichnung der Hauptprozesskette, inklusive Produktion, Transport, Handel, Verwendung und Entsorgung der zu bilanzierenden Konsumeinheit
- Bestimmung der Materialzusammensetzung
- Berechnung des durchschnittlichen Detailhandelspreises der Konsumeinheit
- Einbezug der Vorleistungen für Basismaterialien und für gewisse Dienstleistungen. Hier kann der Anschluss an Werte aus der Input-Output-Analyse stattfinden
- Bestimmung des direkten Energieverbrauchs bei der Herstellung in der Hauptprozesskette
- Einbezug von Investitionsgütern, Transport, Handel und Entsorgung
- Berücksichtigung des direkten Energieverbrauchs der Haushalte in der Verwendungsphase
- Summation über die ganze Prozesskette und Bezug auf den Detailhandelspreis

Die gewünschte Genauigkeit der Resultate und vor allem auch die zur Verfügung stehenden Datenbanken bestimmen, welchen Inputs nach der Prozesskettenanalyse bestimmt werden und welche nach der Input-Output-Analyse.

Das Vorgehen nach der Hybrid-Analyse bleibt arbeitsintensiv: Für alle wichtigen Konsumeinheiten muss in Fallstudien die Hauptprozesskette erstellt werden. Durch das standardisierte, schrittweise Vorgehen kann der Arbeitsaufwand unter Verwendung von entsprechend eingebundenen Datenbanken aber deutlich reduziert werden. Die Resultate sind untereinander konsistent. Die Leistungsfähigkeit der Hybrid-Analyse lässt sich im Schlussbericht zu den niederländischen Studien erkennen: es werden konkrete Energie- und CO_2-Sparpotentiale angegeben, die sich durch Verlagerung der Konsumstile oder durch Veränderung innerhalb der Konsumstile ergeben [5].

Im Rahmen von [6] wurden die Ergebnisse der niederländischen Hybrid-Analysen [4] auf die schweizerische Verbrauchserhebung [9] angewendet. Die Anbindung an die Energieintensitäten erfolgte auf der Ebene der zweistelligen Kategorien (46 Kategorien) der Verbrauchserhebung. Die Anbindung an die dreistelligen Kategorien (über 300) ist aufgrund von Unterschieden zwischen der niederländischen und der schweizerischen Systematik nicht möglich. Bei vorwiegend durch Prozesskettenanalysen hergeleiteten Intensitäten (z.B. Nahrung, Haushaltgeräte, Bekleidung) ist die Verwendung ausländischer Intensitäten ohne allzu grossen Fehler möglich. Bei vorwiegend auf Input-Output-Analysen abgestützten Intensitäten (z.B. Gesundheitswesen, öffentlicher Verkehr) ergeben sich infolge unterschiedlicher Wirtschaftsstrukturen und Preisniveaus Verzerrungen. Bild 3 zeigt Ergebnisse aus der Studie [6]. Dargestellt sind einige Beispiele des kumulierten Primärenergieverbrauchs in Abhängigkeit der Gesamtausgabenhöhe der Haushalte. Die vom Treibstoff dominierte Kategorie Verkehr/Kommunikation zeigt eine starke Korrelation mit der Ausgabenhöhe. Der Strom/Heizenergieverbrauch flacht im unteren Bereich der Ausgabenhöhe auf ein etwa konstantes Niveau ab, was sich durch einen gewissen Grundbedarf erklären lässt. Ein ähnliches Verhalten zeigt die Kategorie Wohnen. Der Energieverbrauch für Nahrungsmittel/Getränke/Tabak zeigt erwartungsgemäss nur eine schwache Abhängigkeit von der Ausgabenhöhe. Ernährung ist ein Grundbedürfnis, das über alle Ausgabenkategorien relativ konstant bleibt.

Im weiteren lässt eine solche Analyse sozioökonomische Trends erkennen, die sich zum Teil direkt aus der Verbrauchercharakteristik ergeben:

Landwirte verbrauchen durchschnittlich bedeutend weniger Energie als andere sozioökonomische Gruppen. Bei den unselbständig Erwerbenden führt der Arbeitsweg zu höheren Verbräuchen in der Kategorie Verkehr. Rentner verbrauchen überdurchschnittlich viel Energie für Gesundheitspflege usw.

Die in [6] erhaltenen Resultate müssen als provisorische Ergebnisse eines laufenden Forschungsprozesses betrachtet werden. Für die Zukunft sind eigene Fallstudien unter Verwendung schweizerischer Input-Output-Werte anzustreben. Dieses Vorgehen wird (zurzeit) durch unterschiedliche Branchensystematiken der Energiestatistik und der monetären Input-Output-Tabelle erschwert.

Schlussbetrachtung

Das Verlassen des «sicheren Bodens» herkömmlicher Energiestatistiken, die den direkten Energieverbrauch einzelner Wirtschaftsbranchen oder Haushalte darstellen, ist mit methodischen Schwierigkeiten und Unsicherheiten verbunden. Der mögliche Detaillierungsgrad der Ergebnisse der Input-Output-Analyse ist durch die vorhandenen statistischen Eingabedaten der monetären und energetischen Flüsse vorgegeben.

Die vorgestellte Hybrid-Methode erlaubt einen der jeweiligen Fragestellung angepassten Detaillierungsgrad. Auf der Seite der konsumierten Güter erlaubt diese Methode eine Auflösung der Energieintensitäten nach Produktegruppen oder auch nach einzelnen Produkten. Mit zunehmender Verschiebung der Methode in Richtung Prozesskettenanalyse werden die Resultate spezifischer, im Gegenzug steigt aber der Arbeitsaufwand. Die Hybrid-Analyse kann die Input-Output-Analyse nicht ersetzen, sondern lediglich ergänzen, da sie selbst auf Ergebnisse aus der Input-Output-Analyse angewiesen ist.

Im Bereich der Input-Output-Analyse laufen Bestrebungen zu einer europäischen Vereinheitlichung. Es ist denkbar, dass dadurch interessante Vergleiche zwischen Lebensstilen und dem damit einhergehenden Energieverbrauch verschiedener Länder möglich werden. Auch der Nettoimport an Primärenergie eines Landes könnte somit bedeutend genauer erfasst werden.

In der Schweiz ist beabsichtigt, die dargestellten Untersuchungen mit Hybrid-Analyse auf weitere kumulierte Umweltbelastungen (z.B. CO_2, SO_2, NO_x, VOC) auszudehnen. In einigen Ländern ist die Input-Output-Analyse bereits auf Umweltbelastungen erweitert worden [18]. Eine Anwendung auf sozioökonomische Studien der Haushalte ist Bestandteil laufender Projekte [1].

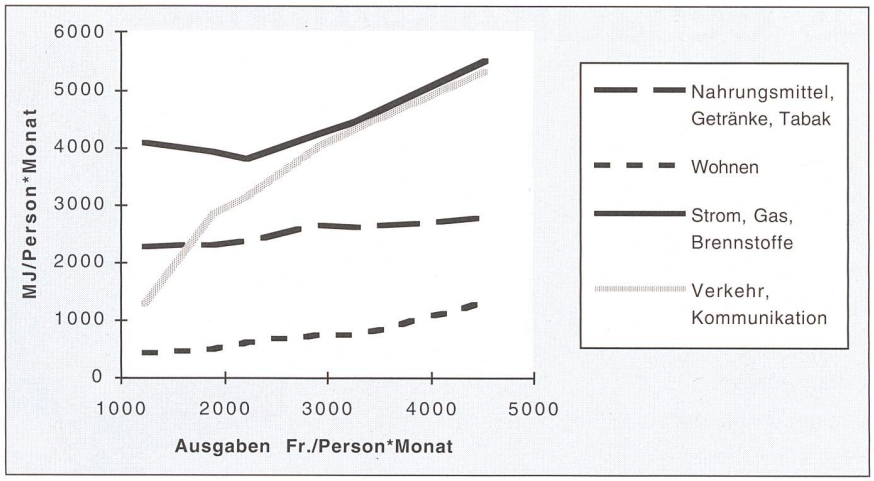


Bild 3 Beispiele zum kumulierten Primärenergieverbrauch in Abhängigkeit der Ausgaben der Haushalte.

Literatur

[1] *Weber, C.; Fahl, U.; Schulze, Th.* und *Voss, A.*: Freizeit, Lebensstil und Energieverbrauch. Fachtagung «Lebensstandard, Lebensstil und Energieverbrauch». VDI-Berichte 1204, VDI-Gesellschaft Energietechnik, Düsseldorf 1995.

[2] *Schulze, T.; Weber, C.; Fahl, U.* und *Voss, A.*: Grundlagenuntersuchungen zum Energiebedarf und seinen Bestimmungsfaktoren. Zwischenbericht. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart 1992.

[3] *Engelenburg, B.C.W. van; Rossum, T.F.M. van; Blok, K.; Biesiot, W.* und *Wilting, H.C.*: Energiegebruik en huishouldelijke consumptie – Handleiding en toepasseningen. Rep. No. 91032, IVEM University of Groningen, NW&S University of Utrecht 1991.

[4] *Vringer, K.; Blok, K.*: The direct and indirect energy requirement of households in the Netherlands. Rep. No. 93100, NW&S University of Utrecht 1993.

[5] *Biesiot, W.* und *Moll, H.C.* (eds.): Reduction of CO_2 emissions by lifestyle changes. Rep. No. 80, IVEM University of Groningen 1995.

[6] *Knoepfel, I.*: Grundlagenuntersuchungen zum direkten und indirekten Energieverbrauch der privaten Haushalte – Ansätze zur Quantifizierung und zur sozioökonomischen Differenzierung für die Schweiz. Laboratorium für Energiesysteme, ETH Zürich 1995.

[7] *Spreng, D.*: Graue Energie, Hochschulverlag an der ETH Zürich, 1995.

[8] *Ospelt, Ch.*: Der direkte und der indirekte Energieverbrauch der Haushalte in der Schweiz – Konzept zur Berechnung unter Verwendung der Input-Output-Analyse. Forschungsgruppe Energieanalysen, Institut für Elektrische Energieübertragung und Hochspannungstechnik, ETH Zürich 1995.

[9] Bundesamt für Statistik: Verbrauchserhebung 1990 – Reihe 6: Produktion, Handel und Verbrauch. Bern 1992.

[10] *Schaefer, H.*: Kumulierter Energieverbrauch zum Herstellen von Produkten – Methoden der Ermittlung – Probleme der Bewertung. Brennstoff-Wärme-Kraft 34(1982) Nr.7.

[11] Society for Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC): Guidelines for Life-Cycle Assessment: A code of Practice. Brussels 1993.

[12] *Beutel, J.* und *Stahmer, C.*: Input-Output-Analyse der Energieströme. Allgemeines Statistisches Archiv 3(1982): 209–239.

[13] *Spreng, D.T.*: Net-Energy Analysis, Paeger NY, 1988.

[14] *Frischknecht, R.; Hofstetter, P.; Knoepfel, I.; Dones, R.* und *Zollinger, E:* Ökoinventare für Energiesysteme, im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft und des nationalen Energie-Forschungs-Fonds. ETH Zürich 1994.

[15] *Wilting, H.C.* und *Biesiot, W.*: Het berekenen van energie- en CO_2-emissie-intensiteiten met behulp van input-outputanalyse. Rep. No. 64, IVEM University of Groningen, 1993.

[16] Prognos: Energieperspektiven 1990–2030, Szenarien zur Entwicklung des Energiebedarfs und seiner Deckung, Arbeitsbericht Synthese. Prognos AG, Basel, 1994.

[17] *Bullard, C.W.; Penner, P.S.* und *Pilati, D.A.*: Net energy analysis: handbook for combining process and input-output analysis. Resources and Energy, Vol.1 (1978) Nr. 3, S. 267–313.

[18] *Voss, A.; Schulze, T.; Schuppe, T.* und *Weber, C.*: Consumers' Lifestyles and Pollutant Emissions – Annex to Summary Report. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart 1992.

[19] *Schnewlin, M.*: Ein Input-Output-Simulationssystem der schweizerischen Volkswirtschaft, mit einer verkehrswirtschaftlichen Anwendung. Volkswirtschaft 8/1994: 38–46.

Consommation d'énergie domestique directe et indirecte

La consommation des ménages est en étroite corrélation avec les activités économiques et, de ce fait, avec la consommation globale d'énergie d'un pays. A côté de la demande d'énergie directe, les ménages consomment indirectement une grande partie de l'énergie par les biens et les services (énergie grise). L'article présente les analyses input-output et hybride. Ces deux méthodes permettent de déterminer la demande d'énergie grise des ménages. Les méthodes se distinguent du point de vue de l'ampleur du travail et du degré de différenciation atteignable. Elles sont appliquées pour la première fois sous cette forme aux ménages suisses.

Das Gedächtniswunder

behält was Sie wollen
und druckt es für Sie aus.
Das NIV-Prüfgerät
für alle Messungen
in elektrischen Anlagen.
Mit weitem Spannungs-
und Frequenzbereich,
kompletter Anzeige,
eingebauter Bedienungsanleitung
mit eleganter Führung –
kein Wunsch bleibt offen.
Auskunft und Unterlagen:
Telefon 01/302 35 35
Telefax 01/302 17 49

Intelligente Geräte zu Ihrem Nutzen

CAMILLE BAUER-METRAWATT AG

Glattalstrasse 63
8052 Zürich
Telefon 01/302 35 35
Telefax 01/302 17 49

52, route du Platy
1752 Villars-sur-Glâne
Téléphone 037/24 77 57
Téléfax 037/24 12 85

route du Pavement 30
1018 Lausanne
Téléphone 021/647 99 49
Téléfax 021/647 99 23

GOSSEN METRAWATT CAMILLE BAUER

PKG
Paritätische Krankenversicherung
für Branchen der Gebäudetechnik
Postfach 272
3000 Bern 15
Telefax 031 / 350 22 33 Telefon 031 / 350 24 24

IBV H. Jandl
Ing.-Büro und Versicherungsberatung

Elektrizitätswerke, Kraftwerke
Dienstleistungen für Ihr Unternehmen

- **Versicherungsberatung**
  Damit Sie Ihre passende Versicherung haben
- **Schadenbearbeitung**
  Damit Sie weniger Arbeit haben
- **Vermittlung von Dienstleistungen**
  Warum das Rad neu erfinden?
- **Handel mit techn. Produkten**
  Darf es auch mal etwas Gebrauchtes sein?

IBV H. Jandl
Ing.-Büro und Versicherungsberatung
Gerbergasse 5, 8001 Zürich
Tel. 01/210 33 22/23, Natel 077/77 44 35
Fax 01/210 33 25