

Diss. ETH Nr. 13884

RESSOURCENEFFIZIENZ IN DER AKTIVITÄT ERNÄHREN

AKTEURBEZOGENE STOFFFLUSSANALYSE

Abhandlung zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER NATURWISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Mireille Chloé Jeanne Rachel Faist

Dipl. natw. ETH Zürich

geboren am 8. Februar 1966

von Montreux-Châtelard VD

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. Péter Baccini, Referent

Dr. Susanne Kytzia, Korreferentin

Prof. Dr. Jürg Minsch, Korreferent

Zürich 2000

ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Studie wird die Ressourceneffizienz der Aktivität *Ernähren* untersucht und abgeschätzt, wie sich effizienzsteigernde Massnahmen auf die ökonomische Situation der Akteure auswirken. Dazu wird die Methode der Stoffflussanalyse (SFA) so weiterentwickelt, dass sie eine Analyse der Entscheidungssituation der Akteure unterstützt. Die *akteurbezogene Stoffflussanalyse* erweitert die SFA um (i) die Beschreibung des Einflusses der Akteure auf den Stoffhaushalt durch eine gezielte Systemwahl (Prozess = Akteur), (ii) die räumliche Abgrenzung eines Systems einheitlicher institutioneller Rahmenbedingungen und (iii) die Analyse der mit den Stoffflüssen korrespondierenden Geldflüsse durch geeignete Indikatoren.

In der Aktivität *Ernähren* wird die Ressourceneffizienz einer Region durch den Verbrauch an Primärenergie und Land charakterisiert, der für die Ernährung ihrer Bevölkerung notwendig ist. Die ökonomische Situation der daran beteiligten Akteure wird durch Kosten und Umsätze von Landwirtschaft, Verarbeitung, Verteilung und Haushalten beschrieben. Durch Szenarien wird exemplarisch gezeigt, wie gross die Einsparungspotentiale von Primärenergie und Land sind und wie sie in Konflikt mit den ökonomischen Zielen der Umsatzerhöhung und Kostenverminderung stehen. In dieser Untersuchung wird die Aussage der Kosten dadurch eingeschränkt, dass nur die sogenannten Materialkosten (die Kosten des Einkaufs an die Vorstufe in der betrachteten Kette) eindeutig zu erfassen waren.

Die Analyse des Status quo zeigt, dass sich der totale Primärenergiebedarf gleichmässig auf Landwirtschaft (31%), industrielle Prozesse (35%) und Haushalte (27%) aufteilt. Transporte verursachen weitere 7%. Die detaillierte Auswertung zeigt einzelne Teilprozesse, die einen Anteil von mehr als 10% am Gesamtenergieverbrauch haben. Dies sind Anbau, Verarbeitung, Filiale und Kühlen im Haushalt. Landwirtschaft ist die dominante Landnutzerin mit ca. 95% der nötigen Fläche für die Aktivität. Bezogen auf die Nahrungsmittelkategorien im Warenkorb der KonsumentInnen sind Milch- und Fleischprodukte wesentliche Verursacher mit 50% des Primärenergiebedarfs und 80% der Landnutzung. Sie haben auch einen hohen Umsatzanteil in allen Prozessen mit über 50%.

Die Sensitivitätsanalyse zeigt die Verluste an Nahrungsmittel, die Wirkungsgrade der Energiebereitstellung, die Kühlung in Haushalten und Verteilung sowie den Anteil der Milch/Fleischprodukte im Warenkorb als wichtige Parameter der Ressourceneffizienz des Gesamtsystems.

Die Szenarien untersuchen den *biologischen Landbau*, die *Reduktion des Fleisch- und Milchkonsums* und die *Kühlung in Haushalten bzw. Verteilung* als Ansatzpunkte für Massnahmen zur Effizienzsteigerung. Beim *biologischen Landbau* zeigt sich bezüglich des Gesamtenergiebedarfs ein überraschend kleines Sparpotential (-4%), dem eine spürbare Erhöhung des Landbedarfs (+20%) gegenübersteht. Infolgedessen verteilt sich der höhere Geldumsatz der Landwirtschaft auf mehr Fläche, sodass die inländische Landwirtschaft nur unwesentlich profitiert. Es können aber keine Betrachtung der Kostenveränderungen in der Landwirtschaft gemacht werden, da sie durch die Materialkosten nur ungenügend abgebildet werden. Die Konsumentenpreise erhöhen sich um circa 10% bis 25%, je nachdem, in welchem Ausmass Verarbeitung und Verteilung die Preissteigerung überwälzen können. Wenn die Preissteigerung in ihrer absoluten Grösse überwältigt wird, steigt die relative Bedeutung der Materialkosten.

Ein *vollständiger Verzicht auf Fleisch- und Milchprodukte* vermindert den totalen Primärenergiebedarf (-25%) und die Bodennutzung (-50%) deutlich. Jedoch erleiden alle Prozesse der Produktionskette massgebliche Umsatzeinbussen, insbesondere die Landwirtschaft mit über 60%, wobei der Anteil an Materialkosten in diesem Prozess noch steigt. Hingegen führt der alleinige Verzicht auf Fleischprodukte (bei gleichbleibendem Milchkonsum) nur zu geringfügigen Energieeinsparungen (ca. -4%). Durch eine Koppelung von einer Reduktion der tierischen Produkte mit biologischem Landbau könnte der erhöhte Bodenbedarf der extensiven Landwirtschaft bereits mit einer Reduktion um 50% des Fleisch- und Milchkonsums kompensiert werden.

Einsparungen des Energiebedarfs von ca. 11% könnten durch *technische Optimierungen der Kühlung in Haushalt und Verteilung* ermöglicht werden. Diese Einsparungen betragen noch ca. 9% unter Berücksichtigung von steigender Anzahl und wachsendem Volumen der Kühlgeräte im Haushalt. In Bezug auf die Geldflüsse zeigt sich, dass weniger die Kosteneinsparungen durch Effizienzsteigerung als die Investitionskosten von Bedeutung sind.

Zusammenfassend betrachtet, lässt sich keine Einzelmassnahme identifizieren, die zu deutlichen Verbesserungen im Sinne einer Verminderung um ein Mehrfaches des Status-quo-Verbrauchs führt ("Faktor 4"). Gleichzeitig sind wichtige Umsatzträger der Produktionskette wie Milch und Fleisch auch Produkte, die einen grossen Ressourcenverbrauch induzieren, was zu Konflikten zwischen ökonomischen und ökologischen Zielen führen kann. Auf Prozessebene kann man Optimierungspotentiale erkennen. Allerdings sind im Status quo in keinem Prozess die Energiekosten so hoch, dass ein ausreichender ökonomischer Anreiz zur Verminderung erwartet werden kann.

ABSTRACT

In this thesis, the resource efficiency of the activity „to nourish“ is studied, and measures improving this efficiency are evaluated with respect to the economic situation of the actors. The method of material flux analysis (MFA) is applied and expanded to include the economic context of the actor's decision making. For this purpose, MFA is extended with (i) the description of how actors influence the material and energy flows by an appropriate selection of system elements (process = actor), (ii) the spatial definition of a system having a homogeneous institutional environment and (iii) the use of suitable indicators to analyze money fluxes which correspond to material fluxes.

The resource efficiency of the activity „to nourish“ is characterized by those energy and land requirements that are needed to produce food for the population of a region. The economic situation of the system's actors is described by the costs and turnovers of agriculture, industrial food processing, retailing and households. The evaluation of exemplary scenarios illustrates saving potentials for primary energy and land, as well as conflicts with the actor's economic goals, such as increasing turnover and decreasing costs. In this study, the interpretation of the costs is limited through the fact that only so-called “material costs” (the costs of purchasing from the precedent process) could be assessed in detail.

Analysis of the status quo indicates that primary energy requirements within the system are distributed evenly between agriculture (31%), industrial processes (35%) and households (27%). Transports are responsible for the remaining 7%. A more detailed evaluation reveals those processes requiring more than 10% of the total energy consumption. These are agricultural cultivation, food processing, food retailing and cooling in households. The use of land is dominated by agriculture (95%). With regard to the food categories in the consumer's basket, milk and meat products are most relevant with 50% of energy requirements and 80% of land use. Their share of monetary turnover accounts for more than 50% in all processes.

A sensitivity analysis is employed to reveal the dominant parameters with regard to resource efficiency. These are food losses, efficiency of energy production, cooling in households and retailing, as well as the amount of meat and milk products in the consumer basket.

Three scenarios specifically study *organic agriculture*, *reduction of meat and milk consumption* and *cooling in household and retailing* as possible measures to improve resource efficiency. For *organic agriculture*, the energy saving potential in relation to the total requirements of the system is surprisingly low (-4%), whereas land use in agriculture increases significantly (+20%). The latter leads to increasing imports, which hinder higher profits for the domestic agriculture. The higher producer prices, and therefore the higher turnover in agriculture, are indeed distributed over a larger area. The material costs describe insufficiently the agriculture and therefore allow no conclusive interpretation of the changes in the costs induced through the scenario. Consumer prices increase by 10% to 25%, depending on the extent that food processing and retailing can pass on higher producer prices to the consumer. When the increase in producer price in agriculture is passed on in its absolute amount, the relative share of material costs increases in processing and retailing.

A diet without any meat or milk products significantly reduces total primary energy consumption (-25%) and agricultural land use (-50%). However, all processes of the production chain suffer losses in turnover, especially agriculture with a decrease in sales of more than 60%, whereas the share of material costs increase. Furthermore, the sole abstention from meat products with unvaried milk consumption leads only to a small reduction in total energy consumption (-4%). The pronounced decrease in land requirements, however, suggests the combination of extensive agriculture with reduced meat or milk consumption: increasing demands in agricultural land by a biological agriculture could be compensated by a decrease in meat and milk consumption of about 50%.

Technical improvements for *cooling in household and retailing* can lead to a reduction of energy requirements by 11%. Accounting for an increasing number and volume of cooling devices, these savings by technical means still amount to about 9% of total energy consumption. The money flows show that capital expenditures are more important than cost savings in through an increase of efficiency.

In summary, none of the studied measures leads to a significant decrease in resource requirements in terms of reduction by factors („Faktor 4“). Furthermore, some goods that are relevant with regard to resource requirements are also important products with regard to the turnover of the actors (e.g. milk and meat

or frozen food), which can lead to conflicts between economic and ecological goals. On the process level certain optimization potential, *e.g.* technical improvements of cooling devices, have been identified. However, in all studied processes, energy costs in the status quo are too low to represent a sufficient economic incentive to reduce energy consumption.