

**Nachhaltige Schweiz im internationalen Kontext:
Visionen, Strategien und Instrumente,
entwickelt am Beispiel des Bedürfnisfeldes Ernährung**

Integriertes Projekt Gesellschaft I des Schwerpunktprogrammes Umwelt des
Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung

Teilprojekt Nr. 8:
Lebensstile, Konsummuster und ökologische Folgen

Theme Report

Case Studies, Research Groups and Results of LCA's for Food Products

Contribution for the Final Report of the LCA network Food

Original Title

Ökologische Beurteilung des Bedürfnisfeldes Ernährung

Arbeitsgruppen im Arbeitsfeld Ernährung und Umwelt - Methoden der ökologischen
Bilanzierung - Stand der Forschung - Folgerungen

Niels Jungbluth

Natural and Social Science Interface

Department of Environmental Sciences

Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich

2. überarbeitete und ergänzte Auflage

November 99

Niels Jungbluth

email jungbluth@esu-services.ch
www.esu-services.ch

Vorwort

Ziel des Forschungsprojektes¹ „Lebensstile, Konsummuster und ökologische Folgen“ ist es, die ökologischen Folgen, die mit den Konsummustern verschiedener Lebensstile verknüpft sind, für Schweizer Haushalte zu untersuchen und zu quantifizieren. Zur Auswertung der ökologischen Folgen soll für eine Reihe von Produkten eine ökologische Bilanzierung durchgeführt werden und diese mit Angaben über das Konsumverhalten verknüpft werden. Besonderes Augenmerk gilt dabei dem Bedürfnisfeld Ernährung.

Das Forschungsprojekt „Lebensstile, Konsummuster und ökologische Folgen“ wird in der Professur Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften (UNS) an der ETH Zürich als Beitrag zum Integrierten Projekt „Gesellschaftliche Transformationsprozesse für eine Nachhaltige Schweiz“ (IP Gesellschaft) bearbeitet. In der Arbeitsgruppe „Methoden der Bewertung und Modellierung“ an der Professur UNS werden parallel zu diesem Forschungsprojekt weitere Arbeiten zur Methodik von Ökobilanzen durchgeführt.

Das Projekt ist ein Bestandteil der Forschung im Schwerpunktprogramm Umwelt (SPPU), welche durch den Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung finanziert wird. Das Ziel des SPPU ist es, wissenschaftliche Umweltforschung interdisziplinär zusammenzuführen, um im Bereich nachhaltige Entwicklung neue Erkenntnisse und Strategien für die Schweiz zu erarbeiten. Die Forschungsprojekte werden im Zeitraum Anfang 1996 bis Ende 1999 durchgeführt. Forschungsgruppen aus unterschiedlichen Disziplinen untersuchen im IP Gesellschaft die Struktur des Bedürfnisfeldes Ernährung, die Koppelung zwischen sozio-ökonomischem System und der natürlichen Umwelt und Möglichkeiten für Veränderungen dieses Systems im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung. Eine Übersicht zu den neun Teilprojekten wird in Tab. 1-1 gegeben.

Tab. 1-1 Übersicht über die Teilprojekte im IP Gesellschaft I des SPPU

TP	Titel	Problemzugang	Projektleiter/Institutionen
1	Ökologische Wirtschaftspolitik zwischen Selbstorganisation und Fremdsteuerung	Volkswirtschaftslehre	Dr. Jürg Minsch/IWÖ-HSG, Universität St. Gallen
2	Organizational and inter-organizational learning towards sustainability	Politikwissenschaften	Prof. Dr. Matthias Finger/ IDHEAP, Lausanne
3	Bildung und Öffentlichkeitsarbeit für eine nachhaltige Schweiz im Bereich Ernährung	Bildung/Publizistik	Dr. Regula Kyburz-Graber, ETH und Uni Zürich
4	Plattformen für Verhandlungen über nachhaltige Nutzung von Kulturlandschaften	Kommunikations- und Beratungslehre	Dr. Michel Roux/Landwirtsch. Beratungszentrale Lindau
5	Strategien und Instrumente zur Förderung ökologischer Innovationen auf der regionalen Handlungsebene	Regionalwissenschaften	Prof. Dr. Paul Messerli/GIUB, Universität Bern
6	Von der Öko-Nische zum ökologischen Massenmarkt	Betriebswirtschaftslehre	Prof. Dr. Thomas Dyllick/ IWÖ-HSG, Univ. St. Gallen
7	Hemmende und fördernde Bedingungen der Umsetzung sozialer Repräsentationen in alltägliches Verhalten im Ernährungsbereich	Psychologie	Prof. Dr. Mario von Cranach/ Institut für Psychologie, Universität Bern
8	Lebensstile, Konsummuster und ökologische Folgen	Ökologische Bilanzierung	Prof. Dr. Roland Scholz/ UNS, ETH Zürich
9	Environmental Prioritizing. From Indicators for environmental impacts towards environmental indices	Ökologische Bilanzierung	Prof. Dr. Ruedi Müller-Wenk/ IWÖ-HSG, UNS, ETH Zürich

¹ SPPU Projekt Nr. 5001-044667/1, vgl. hierzu auch <http://www.esu-services.ch/address/niels/nahrungsmittelkonsum/> .

Dieses Theme Report für das LCA network Food stellt ein überarbeitete Fassung der Zusammenstellung von verschiedenen Ökobilanzarbeiten in den Arbeitspapieren „Übersicht Ökologische Betrachtungen der Aktivität Ernährung“ (Jungbluth 1997b) und „Ökologische Beurteilung des Bedürfnisfeldes Ernährung: Arbeitsgruppen - Methoden - Stand der Forschung - Folgerungen“ (Jungbluth 1998) dar. Dieses wurde hierfür ergänzt und teilweise überarbeitet. Im Hinblick auf eine Dissertation zu den Umweltfolgen des Fleisch und Gemüsekonsums werden insbesondere für diese beiden Bereiche Ökobilanzen ausgewertet (Jungbluth 1999b, Jungbluth *et al.* 1999). Ausserdem werden in diesem Bericht die wichtigsten Erkenntnisse zu einer ökologischen Gestaltung des Bedürfnisfeldes Ernährung deutlicher herausgearbeitet.

Hier sei all jenen Institutionen und Personen gedankt, die mir für diesen Bericht Informationen zu ihren Publikationen und laufenden Projekten gegeben haben. Dem Schweizer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung danke ich für die Finanzierung dieser Arbeit.

Zusammenfassung

Am Anfang dieses Arbeitspapiers steht eine Übersicht zu Forschungsgruppen, die in einem Gebiet arbeiten, das eventuell für die weitere Arbeit im Projekt „Lebensstile, Konsummuster und ökologische Folgen“ interessant sein könnte. Die Gruppen werden hinsichtlich ihrer Hauptarbeitsgebiete aufgeteilt. Arbeitsgruppen, die sich im weitesten Sinne mit der Thematik Ernährung befassen, wurden um nähere Angaben zu Publikationen und laufenden Projekten gebeten. Die so gewonnenen Informationen werden in der Aufstellung, getrennt für Schweizer und internationale Gruppen, wiedergegeben.

Im folgenden werden über 200 Publikationen ausgewertet, die im weitesten Sinne die ökologischen Folgen des Konsums von Nahrungsmitteln untersuchen. Die Arbeiten werden entsprechend der verwendeten Forschungsmethodik, verschiedenen Kategorien zugeteilt. Ein Teil der Publikationen untersucht vor allem methodische Probleme im Zusammenhang mit Ökobilanzen für landwirtschaftliche Produkte. Ökobilanzen die konkret für Produkte erstellt wurden, werden daraufhin eingeordnet, in wieweit die dort wiedergegebenen Daten auf die Schweiz übertragen werden können und so als Grundlage für weitere Untersuchungen dienen können. Es folgt eine kurze Zusammenfassung des Inhalts dieser Studien und eine Einordnung hinsichtlich der untersuchten Produkte.

Für die Themengebiete landwirtschaftliche Produktionsweise, ökologische Folgen von Transporten, Labeling auf Grundlage von Ökobilanzen und Untersuchung von Gemüse- und Fleischprodukten werden die Ergebnisse verschiedener Untersuchungen zusammengefasst. Im weiteren werden Studien ausgewertet, in denen andere Analysemethoden welche z.T. auf einem Lebenszyklusansatz beruhen, angewendet wurden, um die ökologische Relevanz der Aktivität Ernährung oder zugehöriger Teilgebiete zu analysieren. Dieses sind z.B. Energiebilanzen, der ökologische Fussabdruck, das Öko-Audit, die Materialintensität pro Serviceeinheit oder Stoffflussanalysen.

In einer Untersuchung von Indikatoren zur ökologischen Bewertung wird aufgezeigt, dass der Energieverbrauch bzw. die Emission von Treibhausgasen alleine die ökologischen Folgen des Nahrungsmittelkonsums nur ungenügend beschreibt. Aus der Auswertung verschiedener Arbeiten wurden Handlungshinweise für eine ökologische Gestaltung des Bedürfnisfeldes Ernährung abgeleitet. Aus Sicht der KonsumentInnen sind dies: Saisongerechte Produkte bevorzugen und auf Produkte aus dem Gewächshaus verzichten, Auswahl von Produkten mit kurzen Transportwegen, geringe Verarbeitungstiefe der Lebensmittel, geringes Gewicht des Verpackungsmaterials, und umweltgerechte Haushaltsführung. Deutlich wird allerdings auch, dass es mehrere Einflussfaktoren für die Umweltbelastungen gibt, die im Einzelfall gegeneinander abgewogen werden müssen.

Summary and English Guide

The interest in the pre-version of this working paper has shown that this overview for research parties and research work related to environmental impacts of food consumption is also interesting for researcher outside the German speaking countries. This chapter provides help to people being not familiar in reading German. It gives a short overview about the main issues tackled in this paper.

This Theme Report for the LCA network Food provides an overview of research groups and their work that is related to environmental assessments for the activity nourishing and the household consumption. It is based on to previous Working Papers (Jungbluth 1997b, Jungbluth 1998) and on parts of a forthcoming dissertation (Jungbluth 1999b).

Chapter 1 introduces the whole text. Chapter 2 gives an overview about research groups and persons dealing with life-cycle-assessment (LCA) and related methods with special attention to the food consumption chain. The overview for working groups is split in a Swiss and an international section. For Switzerland, LCA-groups whose work is related to the activity nourishing are listed. Groups working especially on parts of the activity nourishing were asked for further information on their work and publications. This information is quoted in the survey. Some international research groups are listed as far as their work is closely related to the activity nourishing.

Chapter 3 analyses over 200 publications dealing with environmental aspects of the activity nourishing. This high number of publications shows the interest of ongoing activities in this field. A lot of information can be extracted from these research works without investigating every new question in a detailed research work. Chapter 3 investigates and summarizes the outcome of LCA studies related to certain themes as meat, vegetables, type of production (biological, integrated or conventional), transportation, and use of LCA in labeling.

Tab. 3-5 gives some information about studies developing the methodology of LCA for food products and shows a range of examples for LCA case studies in this field. All publications are summarized in a very short matter for this report. The publications are classified with regard to the methodological approach used and the special product investigated. The main target was to analyze how far the results of these publications can be used to assess the environmental impacts of the activity nourishing in Switzerland. The publications are ordered regarding to the part of the life cycle that has been investigated. The letters in the abbreviations, WG, WH, WT, TT and TH in the last column can be translated as follows:

- W- Cradle
- G - Grave (incl. waste management)
- H - Household
- T - Gate

Thus WT means e.g. the investigation considers Cradle to Gate (of a factory). TT is just an LCA for a factory and so on. Studies dealing with methodological issues are marked with an "M". The plus- and minussymbols in the same column are an approximate assessment for the quality of inventory data given in the publications. It runs from (--) : There are no inventory data that could be used for further (e.g.) LCA's - in the stages --, -, +-, + to ++. While „++“ means that all inventory data can be found in the publication and it is possible to use them for further own studies.

Other methods than life-cycle-assessment, e.g. material flow accounting, energy analysis, eco-audit or ecological footprint are investigated in chapter 3.3. Tab. 3-8 shows examples for the use of these methods to assess the environmental impacts of food products.

Finally, it is investigated what could be indicators to describe the environmental impacts of nourishing habits. Special attention is paid to the possibilities and restrictions to use LCA for the assessment of agricultural products. It could be shown that energy use or greenhouse gas emissions do not indicate satisfying the environmental impacts of food production. The important findings of the different studies for an ecological development of the necessity field nourishing are from a consumers' point of view (cf. Tab. 4-1):

- Preference for seasonable products grown in a less intensive way.
- Avoidance of long or inefficient transports.
- Preference for fresh products.
- Reduction of meat consumption.
- Environmental friendly consumer behavior (e.g. home transport, cooling, cooking and waste management).
- Use of light packaging materials.

It is difficult to compare different types of production (e.g. organic, integrated or conventional). LCA's can identify different parameters influencing the result (e.g. functional unit, fertilizer use or valuation of pesticide use), but they do not give a clear preference to a certain type of production. The summary shows that different influence factors can not be generalized and must be balanced out in an ecological assessment for different food products.

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	I
ZUSAMMENFASSUNG	III
SUMMARY AND ENGLISH GUIDE	IV
INHALTSVERZEICHNIS	VI
GLOSSAR	VII
ABKÜRZUNGEN	X
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	XI
TABELLENVERZEICHNIS	XI
1. EINLEITUNG	1
2. ARBEITSGRUPPEN IM BEREICH LEBENSMITTELKONSUM & UMWELT	3
2.1. FORSCHUNGSGRUPPEN IN DER SCHWEIZ	3
2.2. INTERNATIONALE FORSCHUNGSARBEITEN	4
2.2.1. <i>Concerted Action „Harmonisation of environmental life-cycle-assessment for agriculture“</i> ⁴	4
2.2.2. <i>Concerted Action „LCA Network FOOD“</i>	4
2.2.3. <i>Projekte in den Niederlanden</i>	4
2.2.3.1. Reduction of CO2 emissions by life-style changes, Entwicklung der Hybrid Methode (1991-1995)	5
2.2.3.2. HOMES (Household Metabolism Effectively Sustainable) (1994-1998)	5
2.2.3.3. Green House Project (1996-1999)	5
2.3. TABELLARISCHES VERZEICHNIS DER FORSCHUNGSGRUPPEN	7
3. ÖKOLOGISCHE BEURTEILUNG VON NAHRUNGSMITTELN: STAND DER FORSCHUNG ¹⁴	
3.1. DAS BEDÜRFNISFELD ERNÄHRUNG IN EINER GESAMTBETRACHTUNG	15
3.2. ÖKOBILANZ	18
3.2.1. <i>Arbeiten zur Ökobilanzmethodik</i>	19
3.2.2. <i>Ökobilanz-Fallstudien für landwirtschaftliche Produkte</i>	20
3.2.2.1. Relevanz verschiedener Produktionsstufen im Lebensweg von Nahrungsmitteln	22
3.2.2.2. Ökobilanzen für verschiedene landwirtschaftliche Produktionsweisen	23
3.2.2.3. Transporte von Nahrungsmitteln und regionale Produktion in der Ökobilanz	26
3.2.2.4. Ökobilanzierung von Gemüseprodukten.....	27
3.2.2.5. Ökobilanzierung von Fleischprodukten	28
3.2.3. <i>Ökobilanzen als Beurteilungskriterium bei der Vergabe von Produktelabels</i>	29
3.2.4. <i>Möglichkeiten und Grenzen der Wirkungsabschätzung</i>	31
3.2.5. <i>Literaturübersicht Ökobilanzmethodik und Anwendungsbeispiele</i>	35
3.3. WEITERE METHODEN DER ÖKOLOGISCHEN BEURTEILUNG.....	45
3.3.1. <i>Energiebilanz</i>	45
3.3.1.1. Input-Output-Energie-Analyse	45
3.3.1.2. Prozesskettenanalyse	46
3.3.1.3. Hybrid-Analyse	46
3.3.1.4. Ergebnisse von Energiebilanzen	50
3.3.2. <i>Energiebilanz für Schweizer Durchschnittseinkäufe</i>	51
3.3.3. <i>Öko-Audit</i>	54
3.3.4. <i>Ecological Footprint</i>	55
3.3.5. <i>Stoff- und Materialflussanalyse</i>	55
3.3.6. <i>Materialintensität pro Serviceeinheit</i>	56
3.3.7. <i>Literaturübersicht weiterer methodischer Ansätze</i>	56
4. ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN DER ÖKOLOGISCHEN BEURTEILUNG ..	64
4.1. AUSWAHL VON INDIKATOREN FÜR DIE ÖKOLOGISCHE BEURTEILUNG DES NAHRUNGSMITTELKONSUMS ⁶⁴	
4.2. HANDLUNGSHINWEISE ALS ERGEBNIS DER AUSWERTUNG.....	65
LITERATUR	67
INDEX	79

Glossar

In diesem Arbeitspapier werden einige Begriffe in einer bestimmten Art und Weise benutzt. Die zugrundeliegende Definition wird im folgenden Glossar erläutert.

Begriff	Bedeutung in dieser Arbeit
Aktivität	Mit dem Begriff <i>Aktivität</i> wird ein Bereich des Haushaltsverhaltens mit allen zugehörigen Tätigkeiten für die Untersuchung von Umweltfolgen abgegrenzt (vgl. hierzu z.B. Baccini <i>et al.</i> 1993). So beinhaltet zum Beispiel die Aktivität Ernähren sowohl die Produktion und den Kauf von Essen und Getränken, als auch alle Handlungen, die mit der Zubereitung und dem Verzehr der Nahrungsmittel verbunden sind. Mit eingeschlossen werden auch die hierdurch verursachten Entsorgungsschritte. Auf diese Weise können alle umweltrelevanten Handlungen der Haushalte verschiedenen Aktivitäten zugeordnet werden.
Bedarfsfeld	Weber <i>et al.</i> (1995) unterscheiden in ihrer Untersuchung <i>Bedarfsfelder</i> entsprechend der elementaren materiellen und immateriellen Bedürfnisse. Sie betrachten die Bedarfsfelder: Nahrung, Kleidung, Wohnen, Gesundheit, Bildung, Freizeit, Gesellschaftliches Zusammenleben und Sonstiges. Mobilitätsbedürfnisse werden den einzelnen Feldern zugerechnet. Auch in der Studie von Loske & Bleischwitz (1996) werden Bedarfsfelder unterschieden. ²
Bedürfnisfeld	Ein <i>Bedürfnisfeld</i> ist „ein System von Handlungen und durch die Handlungen (re)produzierten Strukturen im gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Kontext, die auf eine bestimmte menschliche Basis handlung (wie sich ernähren, sich kleiden, sich bewegen) hin ausgerichtet sind.“ Im Bedürfnisfeld Ernährung wird das komplexe Geflecht der Akteure, ihrer Handlungen und der zwischen ihnen bestehenden kollektiven Strukturen, das die Ernährungsbedürfnisse prägt und befriedigt, beschrieben. Im Vergleich zum Bedarfsfeld, schliesst die Analyse des Bedürfnisfeldes die dem Konsum vorgelagerten Prozesse detaillierter ein und berücksichtigt auch Handlungsmöglichkeiten der vorgelagerten Akteure.
Bereich	Mit dem Begriff <i>Bereich</i> werden in dieser Arbeit unterschiedliche Produkte und die zugehörige Produktionsketten unter einem Oberbegriff zusammengefasst. Ökobilanzen für den Bereich Landwirtschaft erfassen z.B. die Umweltfolgen der Landwirtschaft von der Saat bis zum Werktor Bauernhof. Ökobilanzen für den Bereich Nahrungsmittel erfassen auch die zusätzlichen Verarbeitungs-, Handels- und Transportprozesse. Im Bereich Nahrungsmittelkonsum werden entsprechend die mit dem Konsum verbundenen Folgen integriert.
Biologischer	Vollständiger Verzicht auf Kunstdünger und chemisch-

² Die Definitionen für Aktivität und Bedarfsfeld unterscheiden sich nicht wesentlich. Die Einteilung in Aktivitäten berücksichtigt eher ein aktives Handeln der Konsumenten, während der Einteilung in Bedarfsfelder eher ein passives Bedürfnis zugrunde liegt.

Begriff	Bedeutung in dieser Arbeit
Landbau	synthetische Pflanzenschutzmittel in der Landwirtschaft. Anbau im Freiland, im ungeheizten Tunnel oder Gewächshaus (Anwander Phan-Huy 1993, Stucki 1995).
Energieintensität	Die <i>Energieintensität</i> gibt den Verbrauch von Primärenergie im Verhältnis zu einer Geldeinheit an. Berücksichtigt werden nur kommerziell genutzte Energieträger aber nicht die Nutzung von Sonnenenergie für das Wachstum von Pflanzen. Die Energieintensität wird sowohl für Produkte, bezogen auf den Konsumentenpreis, als auch für Wirtschaftssektoren, bezogen auf die Wertschöpfung, verwendet. Die Energieintensität von Produkten kann dazu genutzt werden, den durch Einkäufe indirekt verursachten Energieverbrauch zu ermitteln, wenn die Ausgaben für den Einkauf bekannt sind.
Freilandanbau	Anbau auf freiem Feld, ungedeckt oder mit Folien abgedeckt bzw. in ungeheizten Niedrigtunnels (Anwander Phan-Huy 1993, Stucki 1995).
Gewächshausanbau	Anbau in Gewächshäusern oder Plastiktunnels (> 1m Höhe), geheizt oder ungeheizt (Anwander Phan-Huy 1993, Stucki 1995). Zur Bilanzierung der Umweltfolgen, wird in dieser Arbeit von beheizten Gewächshäusern ausgegangen.
Hors-sol-Produktion	<i>Ohne Boden (Franz.)</i> - Gemüseanbau in Gewächshäusern mit kontrolliertem Klima. Anbau auf künstlichem Substrat (Steinwolle o.ä.) oder in Nährlösung ohne natürliche Erde (Anwander Phan-Huy 1993, Stucki 1995).
Input-Output	Input-Output Modelle untersuchen Stoff-, Energie- oder Geldflüsse, die in ein definiertes System hinein oder aus ihm hinaus gehen. Von besonderem Interesse ist in dieser Arbeit die volkswirtschaftliche Input-Output-Tabelle, die die Verknüpfung unterschiedlicher Sektoren einer Volkswirtschaft in monetären Einheiten wiedergibt. In der Input-Output-Energie-Analyse kann diese Tabelle dazu genutzt werden, den kumulierten Energieverbrauch bzw. die Energieintensität der Sektoren zu bestimmen.
Integrierte Produktion	In der <i>Integrierten Produktion</i> (IP) ist ein zurückhaltender Umgang mit chemischen Dünge- und Pflanzenschutzmitteln vorgeschrieben. Der Einsatz ist nur der Situation angepasst, mit einem eingeschränkten Spritzmittelsortiment gestattet. Die Düngung erfolgt entsprechend des auf Grundlage von Bodenuntersuchungen ermittelten Bedarfs. Teilweise wurden Pflanzensorten und Anbautechniken aus dem biologischen Landbau übernommen (Anwander Phan-Huy 1993, Stucki 1995).
KonsumentIn	Als <i>KonsumentInnen</i> werden in dieser Arbeit Endverbraucher, Einzelpersonen und Haushalte bezeichnet. Als <i>Konsumentenverhalten</i> wird das Verhalten dieser Menschen beim Kauf und Konsum von wirtschaftlichen Gütern verstanden. Dies schliesst immaterielle Güter, z.B. Theaterbesuche oder Arztvisiten mit ein (Hauser 1994:5).

Begriff	Bedeutung in dieser Arbeit
Konventioneller Anbau	Anbau in Freiland oder in geheizten und ungeheizten Gewächshäusern oder Folientunnels. Allgemeiner Begriff zur Beschreibung landwirtschaftlicher Anbauformen die in Bezug auf Umweltschutz keine speziellen Vorschriften befolgen. Er dient zur Abgrenzung gegenüber Hors-sol, IP- bzw. Bioproduktion (Anwander Phan-Huy 1993, Stucki 1995).
Lebensmittel	Unter einem Lebensmittel werden alle Stoffe verstanden, die dazu bestimmt sind, in unverändertem, zubereitetem oder verarbeitetem Zustand von Menschen zum Zwecke der Ernährung oder des Genusses verzehrt zu werden (Weyrauch 1996). In dieser Arbeit wird nicht zwischen Nahrungsmitteln und Lebensmitteln unterschieden.
Nachhaltige Entwicklung	<i>Nachhaltige Entwicklung</i> bezeichnet ein Leitbild zum Umgang mit der weltweiten ökologischen, sozialen und ökonomischen Krisenlage. Das grundsätzliche Anliegen hinter dem Schlagwort ist, dass die „ökonomisch-technischen und die sozialen Bedingungen der Naturnutzung so zu gestalten sind, dass menschliche Entwicklung auch in Zukunft möglich ist.“ Darüber hinaus müssen die ökologischen, sozialen und ökonomischen Aspekte der weiteren gesellschaftlichen Entwicklung in ihrer wechselseitigen Verknüpfung gleichermaßen beachtet und gestaltet werden. Das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung bezieht sich grundsätzlich auf die drei nicht gegeneinander austauschbaren Werte Umweltqualität, soziale Solidarität und Wirtschaftlichkeit.
Nahrungsenergie	Als <i>Nahrungsenergie</i> wird die Energie bezeichnet, die mit der Nahrung durch den menschlichen Körper aufgenommen wird. Die Nahrungsenergie wird im allgemeinen in Kalorien ausgedrückt und auf der Produktverpackung angegeben.
Produkt	Als Produkt werden in dieser Arbeit Waren bezeichnet, die von den Konsumierenden als gleich oder fast gleichwertig angesehen werden. So werden z.B. Tomaten als ein Produkt beschrieben, auch wenn es natürlich eine Reihe verschiedener Sorten mit unterschiedlichen Eigenschaften gibt.
Sektor	Unter dem Begriff <i>Sektor</i> werden verschiedene Wirtschaftsbetriebe in der Input-Output-Tabelle zusammengefasst. Der Grad der Aufteilung dieser Sektoren ist von Land zu Land sehr unterschiedlich. Die Schweizer Input Output Tabelle erfasst ca. 40 Sektoren. In anderen Ländern werden bis zu 500 Wirtschaftssektoren unterschieden.

Abkürzungen

BfS	Bundesamt für Statistik
BLW	Bundesamt für Landwirtschaft
E	Ernährung
EAP	Energie Analyse Programma
ECN	Energieonderzoek Centrum Nederland
EF	Ecological Footprint
EI	Eco-indicator 95+
FAL	Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau
FAT	Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik
FAU	Fachverein Arbeit und Umwelt
FE	funktionellen Einheit
FiBL	Forschungsinstitut für biologischen Landbau
GAP	Global Action Plan
GE	Getreideeinheiten
GHG	Green House Gasses (Treibhausgase)
GV	Grossvieheinheiten
H	Haushalte
HCS-WAU	Wageningen Agricultural University, Dept. of Household and Consumer Studies
HOMES	Household Metabolism Effectively Sustainable
Hors Sol	Ohne Boden - Gewächshauskulturen auf definiertem Nährsubstrat ohne natürliche Erde
ISO	International Organization for Standardization
IVEM-RUG	Centre of Energy and Environmental Studies, University of Groningen
k.A.	keine Angabe
Kz	Kennzeichnung für die Arbeitsbereiche (vgl. Tab. 2-2)
L	Landwirtschaft
LCA	Life-Cycle-Assessment (Ökobilanz)
LCI	Life-Cycle-Inventory (Sachbilanz)
M	(Ökobilanz-) Methodik
MFA	Materialflussanalyse
MIPS	Materialintensität pro Serviceeinheit
n.d.	no date (Kein Erscheinungsdatum)
n.n.	no name (Kein Autorenname angegeben)
PSM	Pflanzenschutzmittel
SFA	Stoffflussanalyse
SM	Schwermetalle
STS-UU	Universität Utrecht, Department of Science, Technology and Society
TT	Tor zu Tor (Gate to Gate)
UNS	Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften
V	Verpackungen
WG	Wiege bis zum Grab (Cradle to Grave)
WH	Wiege bis zum Haushalt (Cradle to Household)

Abbildungsverzeichnis

Abb. 3-1 Lebensweg für die Bilanzierung einer Mahlzeit.....	14
Abb. 3-2 Anteile des Energieverbrauchs in verschiedenen Abschnitten des Lebenszyklus am Gesamtverbrauch für die Nahrungsmittelproduktion.	22
Abb. 3-3 Die Bewertungsschritte zur Wirkungsabschätzung mit dem Eco-indicator 95.....	32
Abb. 3-4 Übersicht zu verschiedenen Modellierungsschritten des Eco-indicator 99. Weisse Kästchen beschreiben wesentliche Schritte; Andere Kästchen beschreiben (Zwischen) Resultate der Methode (Goedkoop & Spriensma 1999:11).....	33
Abb. 3-5 Bestimmung des Energieaufwands für ein Produkt mit Hilfe der Hybrid-Methode. In der Abbildung wird auf die Numerierung der einzelnen Bilanzschritte im Text Bezug genommen.	47
Abb. 3-6 Die verschiedenen Positionen der Geldbilanz und der Prozesskettenanalyse in der Hybrid-Methode und Berechnung der zugehörigen Energieintensitäten.	48
Abb. 3-7 Anteile des pro-Kopf Verbrauchs, der Ausgaben, des Energieverbrauchs und der Nahrungsenergieaufnahme durch verschiedene Nahrungsmittelgruppen am Nahrungsmittelkonsum im Haushalt.	52

Tabellenverzeichnis

Tab. 1-1 Übersicht über die Teilprojekte im IP Gesellschaft I des SPPU.....	i
Tab. 2-1 Aufstellung einiger Ökobilanz Gruppen in der Schweiz (Stand 1998), mit den Untersuchungsfeldern (Kz.): E-Ernährung, H-Haushalte, L-Landwirtschaft, V-Verpackungen.....	7
Tab. 2-2 Übersicht einiger Forschungsgruppen ausserhalb der Schweiz (Stand 1998, Kz.: E-Ernährung, H-Haushalte, L-Landwirtschaft, V-Verpackungen)	10
Tab. 3-1 Emission von Treibhausgasen im Bedürfnisfeld Ernährung (Kjer et al. 1994).....	17
Tab. 3-2 Applications of LCA in the food chain.....	20
Tab. 3-3 Gegenüberstellung von Ergebnissen zum ökologischen Vergleich von Bio-, IP- oder konventionellen landwirtschaftlichen Anbaumethoden.	24
Tab. 3-4 Prioritäten bei der Gewichtung von Umweltproblemen in der Landwirtschaft durch verschiedene Akteure.	35
Tab. 3-5 Liste von Studien zur Methodik und Anwendung von Ökobilanzen für landwirtschaftliche Produkte und Nahrungsmittel.	36
Tab. 3-6 Verbrauch von Nahrungsmitteln, Nahrungsenergiegehalt und -aufnahme auf Grund des Konsums und Energieverbrauch durch die Herstellung für verschiedene Produktgruppen.	53
Tab. 3-7 Materialintensität von Nahrungsmittelgruppen in Deutschland bezogen auf die Produktmasse (Loske & Bleischwitz 1996:104) sowie Materialintensität und Anteile der Materialentnahme des Bedarfsfelds Ernährung in der Schweiz.....	56
Tab. 3-8 Anwendungsbeispiele von Energiebilanzen, Stoffflussanalysen, Öko-Audits und anderer methodischer Ansätze für landwirtschaftliche Produktion, Nahrungsmittel und die Aktivität Ernährung (Erklärung siehe Kapitel 3.2.5).....	58
Tab. 4-1 Handlungshinweise für ein ökologisches KonsumentInnenverhalten.....	65

1. Einleitung

Im ausgehenden 20. Jahrhundert orientieren sich Konzepte für die gesellschaftliche Entwicklung am Leitbild der Nachhaltigkeit. Die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen ist ein wichtiges gesellschaftliches Ziel im Rahmen dieses Konzeptes. KonsumentInnen beeinflussen durch ihr Verhalten massgeblich die Art und Höhe des Konsums und somit auch die hierdurch verursachten Umwelteinwirkungen. Im individuellen Verhalten ist die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen allerdings nur eins unter verschiedenen Zielen. Trotz eines hohen individuellen und gesellschaftlichen Umweltbewusstseins verhalten KonsumentInnen sich nicht immer konsequent umweltfreundlich. Für unser Forschungsprojekt gehen wir deshalb von folgender Annahme aus:

KonsumentInnen bilden einen Knotenpunkt der verursachten ökologische Rucksäcke. Die gesamthaften Umweltbelastungen können wirkungsvoll dann minimiert werden, wenn sie vom Standpunkt der KonsumentInnen analysiert werden und darauf aufbauend Handlungsstrategien erarbeitet werden.

Das Working Paper wurde im Rahmen des Projektes „Lebensstile, Konsummuster und ökologische Folgen“ erarbeitet. Schwerpunkt der Forschungsarbeit ist zur Zeit die Auswertung einer Tagebuchstudie die als Kooperation verschiedener Teilprojekte durchgeführt wird. In dieser Studie werden die von den Teilnehmenden protokollierten Einkäufe von Gemüse und Fleisch hinsichtlich ihrer ökologischen Folgen detailliert ausgewertet (Jungbluth *et al.* 1999).

Die Forschung zu den ökologischen Folgen der Schweizer Lebensstile begann im Jahr 1992 mit der Erstellung und Verteilung eines Fragebogens zum direkten und indirekten Energieverbrauch der Haushalte (Hofstetter 1992). In einer Diplomarbeit wurde die Input-Output Analyse der Schweiz mit Daten zum Energieverbrauch verknüpft und ausgewertet (Ospelt 1995). Die Ergebnisse von Studien zur Energieintensität von Konsumgütern aus den Niederlanden wurden mit den Daten der Schweizer Verbrauchserhebung verknüpft und ausgewertet (Biesot *et al.* 1995, Knoepfel 1995a). In einer Diplomarbeit wurde die Grunddaten zur Anwendung der Hybrid-Analyse in der Schweiz gesammelt und auf einige Nahrungsmittel angewendet (Zaccheddu 1997).

Ziel dieses „Theme Reports“ für das LCA network Food ist es, den Forschungsstand zur Ökobilanzierung von Nahrungsmitteln aufzuzeigen und eine Grundlage für die ökologische Beurteilung von unterschiedlichen Nahrungsmitteln zu erarbeiten und einen schnellen Zugriff auf vorhandene Literaturarbeiten zu gewährleisten. Das grosse Interesse am Arbeitspapier „Ökologische Beurteilung des Bedürfnisfeldes Ernährung: Arbeitsgruppen - Methoden - Stand der Forschung - Folgerungen“ (Jungbluth 1998), das die Grundlage für diese Arbeit bildete, zeigt aber, dass der Kreis der potentiell an einer solchen Übersicht interessierten Personen aus ganz unterschiedlichen Forschungsgebieten stammt. Bisher existiert eine aktuelle Übersicht zu Forschungsgruppen und Forschungsarbeiten die mit einer Lebenszyklusperspektive den Nahrungsmittelkonsum untersuchen, unseres Wissens nach nicht.

Zur Vorbereitung des Überblicks wurden Informationen zu Institutionen eingeholt, die im Bereich der ökologischen Bewertung von Nahrungsmittelprodukten im weitesten Sinne tätig sind. Im Kapitel 2 wird eine Auflistung für Personen und Institutionen gegeben, die sich mit der ökologischen Bilanzierung des Haushaltskonsums und insbesondere mit Ökobilanzen (Life-Cycle-Assessment - LCA) für die Bereiche Landwirtschaft, Nahrungsmittelherstellung, Haushaltskonsum sowie die Aktivität Ernährung

befassen. Die Auflistung umfasst sowohl Schweizer als auch ausländische Gruppen. Deutlich wird in dieser Übersicht die grosse Bandbreite unterschiedlicher Untersuchungsansätze zum Nahrungsmittelkonsum.

Im Kapitel 3 werden Untersuchungen über den Lebenszyklus von Produkten ausgewertet, die ökologische Aspekte der Aktivität Ernährung betrachten. Untersucht werden diese hinsichtlich erfasster Produkte, methodischem Vorgehen, Anwendbarkeit und Übertragbarkeit für Untersuchungen in der Schweiz. Berücksichtigung fanden auch einige Arbeiten, die andere Methoden als die der Ökobilanz nutzten. Ausserdem werden die Möglichkeiten und Grenzen der in diesem Zusammenhang wichtigen Methoden angesprochen.

Ausserdem werden im Kapitel 3 Arbeiten zu unterschiedlichen Themengebieten zusammengefasst. Aufgrund der geplanten Untersuchungen im Projekt wurden Arbeiten zu Gemüse- und Fleischprodukten detaillierter ausgewertet. Die Zunahme globaler Transporte von Nahrungsmitteln, Unterschiedliche Produktionsweisen (Bio, IP und konventionell) sowie die Möglichkeiten zu einer Ökologisierung auf Grundlage von Produktlabels bieten innerhalb des IP Gesellschaft immer wieder Stoff für Diskussionen. Hierzu werden Aussagen basierend auf Ökobilanzen zusammengefasst. Ergänzt wird diese Betrachtung mit Ansätzen einer top-down orientierten Sichtweise, die durch das Aufzeigen der generellen ökologischen Probleme der Landwirtschaft hilft die Ergebnisse von Ökobilanzen kritisch zu hinterfragen.

Im Kapitel 4 werden schliesslich die wichtigsten Ergebnisse aus der Auswertung einer Reihe von Forschungsarbeiten, ergänzt mit eigenen Untersuchungen dazu genutzt Handlungshinweise für einer ökologischen Gestaltung des Bedürfnisfeldes Ernährung zu entwickeln.

Zu einigen Begriffen, die in diesem Papier verwendet werden, wird auf die Erklärungen im Glossar verwiesen. Der Hauptteil der zitierten Literatur kann auf Anfrage in der Handbibliothek der UNS eingesehen werden. Dieses Papier soll im weiteren Verlauf der Projektdurchführung vervollständigt werden. Hinweise auf weitere Arbeiten und Arbeitsgruppen werden gerne entgegen genommen.

2. Arbeitsgruppen im Bereich Lebensmittelkonsum & Umwelt

In diesem Abschnitt werden Forschungsgruppen aus dem In- und Ausland vorgestellt die zu Fragen der ökologischen Bilanzierung von Produkten aus dem Bedürfnisfeld Ernährung arbeiten. Unterteilt ist dieses Kapitel nach Einrichtungen in der Schweiz und Gruppen aus dem Ausland. In der Zusammenstellung werden die Arbeitsschwerpunkte und aktuelle Forschungsprojekte berücksichtigt.

2.1. Forschungsgruppen in der Schweiz

Die wichtigsten Gruppen in der Schweiz sind vor allem an den landwirtschaftlichen Forschungseinrichtungen³ angesiedelt. Ihre Forschungsprojekte werden vom Bundesamt für Landwirtschaft (1996) beschrieben. Folgende Einrichtungen arbeiten zu Ökobilanzen:

- Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT).
- Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL).
- Eidgenössische Forschungsanstalt Wädenswil (FAW).
- Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL).

Auch an weiteren wissenschaftlichen Einrichtungen wird zur Methodik der Ökobilanzierung für Landwirtschaftliche Produkte geforscht:

- Institut d'Aménagement des Terres et des Eaux, Hydrologie et Aménagement, Département de Génie Rural (EPFL).
- EMPA St. Gallen.
- ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.
- HSG St. Gallen.

Daneben arbeiten auch einige privatwirtschaftliche Beratungsbüros in Projekten zur ökologischen Bilanzierung landwirtschaftlicher Produkte:

- Carbotech, Basel.
- Fachverein Arbeit und Umwelt (FAU).

Tab. 2-1 auf Seite 7 gibt eine Übersicht zu Ökobilanz - Gruppen⁴, die in der Schweiz zu verschiedenen Aspekten des Haushaltskonsums arbeiten. Erfasst wurden Gruppen, die zu den ökologischen Folgen von Landwirtschaft, Nahrungsmittelherstellung und allen Bereichen des Haushaltskonsum arbeiten. In der ersten Spalte wird eine Einordnung vorgenommen hinsichtlich der wichtigsten Arbeitsgebiete. Die Bedeutung der verschiedenen Kennzeichnungen wird in der Überschrift der Tabelle erläutert. Detaillierte Angaben wurden vor allem für die Gruppen und Institutionen gesammelt, die sich mit der Methodik und Anwendung von LCA für den Landwirtschafts- und Nahrungsmittelbereich beschäftigen.

³ Adressen und Forschungsschwerpunkte werden auf <www.admin.ch/sar/> beschrieben.

⁴ Ein Teil der Informationen berücksichtigt die Ergebnisse einer Umfrage zur Anwendung von Ökobilanzen in der Schweiz. An dieser Stelle sei Martin Elsner und Rolf Frischknecht für die Unterstützung bei der Erstellung der Zusammenstellung gedankt.

2.2. Internationale Forschungsarbeiten

In Tab. 2-2 auf Seite 10 wird ein Überblick zu den ausserhalb der Schweiz tätigen Gruppen gegeben. Hier beschränkt sich das Verzeichnis auf Gruppen die konkret zu den Umweltfolgen des Bereichs Haushalte bzw. Ernährung arbeiten. Im internationalen Zusammenhang, sind vor allem die TeilnehmerInnen des LCA network FOOD (vgl. 2.2) und die an einer von der EU geförderten, konzertierten Aktion beteiligten Institutionen zu nennen.

2.2.1. Concerted Action „Harmonisation of environmental life-cycle-assessment for agriculture“

Die konzertierte Aktion „Harmonisation of environmental life-cycle-assessment for agriculture“ wurde von der EU gefördert.⁵ In einem gemeinsamen Projekt wurde eine Untersuchung zum Weizenanbau (konventionell, integriert und biologisch) parallel in mehreren Ländern durchgeführt um methodische Probleme zu identifizieren und zu bearbeiten (Audley *et al.* 1997, Cowell *et al.* 1996). An der konzertierten Aktion waren das Silsoe Research Institute (UK), die University of Surrey (UK), EPFL (CH), die University of Leiden (NL), die Technical University of Denmark (DK), die Technische Universität Wien (A) und Ecobilan, Paris (F) beteiligt.

2.2.2. Concerted Action „LCA Network FOOD“

Im Anschluss an die oben beschriebene Concerted Action „Harmonisation of environmental life-cycle-assessment for agriculture“ wurde im Herbst 1997 von der EU das LCA Network FOOD (Europäisches Netzwerk für Ökobilanzierungen der Nahrungsmittelkette) genehmigt. Bei der Erstellung von Ökobilanzen gibt es für die Nahrungsmittelkette viele offene methodische Fragen, die infolge ihrer Besonderheiten nicht in den üblichen europäischen Forschungsgremien (SETAC und LCANET) beantwortet werden können. Aus diesem Grund wurde ein Netzwerk von 32 europäischen Forschungszentren etabliert, die sich mit Ökobilanzen über die Nahrungsmittelkette befassen. Dieses Netz wird von der Europäischen Kommission im Rahmen einer konzertierten Aktion finanziell unterstützt. Koordiniert wird dieses Netzwerk von Pär Olsson vom SIK in Schweden.⁶

2.2.3. Projekte in den Niederlanden

In den Niederlanden wurden und werden verschiedene Projekte durchgeführt, in denen die ökologische Relevanz des Haushaltskonsums untersucht wird. Diese werden im folgenden kurz erläutert. Nähere Angaben zu den beteiligten Forschungsinstituten finden sich in Tab. 2-2.

⁵ The project on harmonisation of life cycle methodology for agriculture, is involving thirteen researchers from six European countries (funded as a European Union Concerted Action Programme). In that project, LCAs of wheat production from intensive, integrated, and organic farming systems are being undertaken by each research group, and the methodologies and results will be compared in order to identify inconsistencies in data sources and to improve LCA methodology for agricultural systems (Cowell *et al.* 1996).

⁶ Informationen werden über die *Newsletter - Information from the LCA network on Foods* (No. 1 March 1998) und über www.sik.se/sik/affomr/miljo/lcanetf.html verbreitet. Zu beziehen über Pär Olsson, SIK, Box 5401, SE-402 29 Göteborg, <po@sik.se>, Tel. +46 31 3355600, Fax. +46 31 833782.

2.2.3.1. Reduction of CO₂ emissions by life-style changes, Entwicklung der Hybrid Methode (1991-1995)

Im Projekt wurden die Möglichkeiten zur Senkung der CO₂ Emissionen durch Lebensstil-Veränderungen analysiert. Ziel der Untersuchung war es zunächst den Energieaufwand und die hiermit verbundenen CO₂ Emissionen für eine Reihe von Konsumgütern zu bestimmen. Für diese Aufgabe wurden zunächst die Hybrid-Methode entwickelt und für ca. 350 Konsumgüter angewendet (van Engelenburg *et al.* 1994). Zur Berechnung wurde das Computerprogramm EAP entworfen (Wilting *et al.* 1995). Die ermittelten Daten wurden mit der niederländischen Verbrauchserhebung verknüpft. Ein Verminderungspotential des Energieverbrauchs und der CO₂ Emissionen von 10-30% Prozent scheint durch Veränderungen des Lebensstiles möglich. Wenn zusätzlich technische Verbesserungen im Produktionsprozess realisiert werden, steigt dieser Wert auf 40-55%.

Eine Auswertung erfolgte hinsichtlich der zeitlichen Entwicklung (1969-1988), Rangfolge der Energieintensitäten, Totalverbrauch und Zusammenfassung verschiedener Produktgruppen. Der Anteil des indirekten Energieverbrauchs beträgt etwa 54% am gesamten Verbrauch. Es wurde auch versucht eine Verknüpfung mit Lebensstil-Konzepten durchzuführen. Hierzu wurden die detaillierten Ausgaben von 3000 Haushalten getrennt nach unterschiedlichen sozio-demographischen Merkmalen analysiert. Dieser Ansatz erwies sich jedoch als wenig erfolgreich. Mit den dort zu Verfügung stehenden Daten, konnten aber keine sozio-demographischen Gruppen herauskristallisiert werden, die sich hinsichtlich ihres Energieverbrauchs signifikant vom Bevölkerungsdurchschnitt unterschieden. Da dies aber zum Teil auch daran lag, dass die zur Verfügung stehenden Daten nicht spezifisch genug waren, erscheint ein weiterer Versuch in diese Richtung für die Situation in der Schweiz durchaus interessant. Eine Zusammenfassung des Projektes geben (Biesot *et al.* 1995), weitere Quellen sind z.B. (Blok & Vringer 1995, Schneider 1994, Vringer & Blok 1993a, Vringer & Blok 1993b, Vringer & Blok 1995, Wilting *et al.* 1995).

2.2.3.2. HOMES (Household Metabolism Effectively Sustainable) (1994-1998)

Im HOMES Programm werden die Stoffflüsse in und durch niederländischer Haushalte aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet. Die Untersuchung gliedert sich in drei Abschnitte und reicht von 1950 - 2050. Zunächst erfolgt eine Analyse der bisherigen Entwicklung und des Ist Zustandes und eine Bewertung der selben. Dann wird eine kurz- (-2015) und langfristige (-2050) Prognose der Entwicklung vorgenommen. Im Projekt werden Input-, Verbrauchs- und Entsorgungs-, Stoff- und Materialflüsse natürlicher Ressourcen durch die Niederländischen Haushalte untersucht. Zielrichtung der Entwicklung sollten dabei eine nachhaltige Lebensweise und Umweltqualität sein (Noorman & Schoot Uiterkamp 1995). Die Ergebnisse des Projektes werden von Noorman & Schoot Uiterkamp (1999, 1998) zusammengefasst.

2.2.3.3. Green House Project (1996-1999)

Das Green House Projekt ist eines der Nachfolgeprojekte von Phase 1 des Niederländischen Forschungsprogramms für nachhaltige Entwicklung (s.u.a. Biesot *et al.* 1995). In diesem Projekt sollen Möglichkeiten evaluiert werden, die Treibhausgasemissionen durch Veränderungen im Konsumverhalten zu minimieren. Auch die Abhängigkeiten zwischen der Verwendung einzelner Produkte und dem direkten Energieverbrauch bzw. anderen Produkten werden betrachtet. Beschränkungen durch die zur Verfügung stehenden Ressourcen z.B. Geld und Zeit sollen berücksichtigt werden. Die Forschung erfolgt bezogen auf Aktivitäten also z.B. für Ernährung unter Einbezug der Lebensmit-

tel, Transport zum Haushalt, Zubereitung, etc. In einer internationalen Kooperation sollen Werte für verschiedene Länder verglichen werden. Die Möglichkeiten der KonsumentInnen werden anhand verschiedener Fallstudien untersucht. Hindernisse für Veränderungen sollen in diesem Projekt deutlich gemacht werden.

Wichtige Ziele sind die Betrachtung zukünftige Entwicklungen, der Einbezug weiterer Treibhausgase und die Durchführung von Feldstudien. Auch nicht energiebedingte Emissionen sollen berücksichtigt werden. Die methodischen Überlegungen hierzu befinden sich in der Entwicklungsphase. Im- und Exporte wurden bisher nur grob betrachtet. Es besteht grosses Interesse hier Daten mit anderen Ländern auszutauschen. Die Modellierung zukünftiger Entwicklungen erfolgt vor allem basierend auf Input-Output-Modellen (Groot-Marcus *et al.* 1996).

Geplant sind auch Feldstudien im Rahmen des Projektes „Perspectives“. Anhand einer Feldstudie mit 15 Haushalten wird untersucht, inwieweit es für diese Haushalte möglich ist, ihren Energieverbrauch einzuschränken, auch wenn sie über ein steigendes Einkommen verfügen können. Den Haushalten werden hierzu im Rahmen der Untersuchung eine Reihe von Informationen zu Energieeinsparungen zur Verfügung gestellt.

2.3. Tabellarisches Verzeichnis der Forschungsgruppen

Tab. 2-1 Aufstellung einiger Ökobilanz Gruppen in der Schweiz (Stand 1998), mit den Untersuchungsfeldern (Kz.): E-Ernährung, H-Haushalte, L-Landwirtschaft, V-Verpackungen

Kz	Institut	Kontaktpersonen	Untersuchungsfelder und laufende Projekte	Art der Tätigkeit
E	Fachverein Arbeit und Umwelt FAU	Roland Rammelt, Tel. 031 3238331 Christoph Leumann, T. 01 2421406 Christian Pohl	Verpackung, Transport und Herstellung von Nahrungsmitteln. Beim Fachverein Arbeit und Umwelt (FAU) wird z.Zt. an dem Einbezug der Wirkungskategorie „Überfischung“ in die Ökobilanzierung gearbeitet. Ausserdem arbeiten zwei Personen in Bern zu den Umweltfolgen der Kühlung verschiedener Frischprodukte.	Anwendung, Weiterbildung.
E	Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften, ETH Zürich	Niels Jungbluth Thomas Köllner Thomas Mettier Olaf Tietje	Methoden der Bewertung und Modellierung von Umweltsystemen. Ökologische Folgen verschiedener Konsumgewohnheiten von Nahrungsmitteln. Bewertung der Landnutzung in der LCA. Gewichtung unterschiedlicher Wirkungskategorien in der LCA und weitere Projekte zur Anwendung und Methodikentwicklung.	Methodikentwicklung und Ökobilanzierung.
H	Global Action Plan	Thomas Imboden, T. 055 2833033	Lebensstile, Haushalte. Neuer Fragebogen Umweltbelastung durch die am Projekt beteiligten Haushalte.	Umweltbildung.
H	Professur für Stoffhaushalt und Entsorgungstechnik der ETH Zürich-Hönggerberg HIF E21, CH-8093 Zürich *8235122	Prof. P. Baccini, Mirielle Faist H.-P. Bader, S. Kytzia	Erfassen, Beschreiben und Bewerten von dynamischen Stoffhaushaltssystemen. In einer Stoffflussanalyse werden Flüsse in Bezug auf den Nahrungsmittelkonsum für die Mittellandregion ermittelt.	Stoffflussanalyse.
L	Hochschule St. Gallen	R. Müller-Wenck A. Braunschweig	Entwicklung von Ökobilanzbewertungsmethoden u.a. zur Wirkungsbilanz der Landnutzung.	Methodenentwicklung.
L	Station federale de recherches en production vegetale de Changins RAC Phytotechnie, cereales et plantes industrielles Case postale 254, CH - 1260 Nyon 1	Raphael Charles	Untersuchung von Ackerkulturen und Produktionssystemen mit Okobilanzen.	Anwendung.
L	Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, FAL, Gruppe Anbausysteme Reckenholzstr. 191 8046 Zürich, 01 3777111	Dr. Schamper Dir. Dr. A. Brönnimann Dr. P.M. Fried Dr. D. Dubois Fr. Lips	Auswirkungen des Anbaus nachwachsender Rohstoffe auf Flora und Fauna Vergleich verschiedener landwirtschaftlicher Anbautechniken, Vergleich verschiedener Anbausysteme (IP, Bio, low-input), Entwicklung einer Methode zur Erfassung der Auswirkungen auf die Biodiversität im Agrarraum. Anwendung von LCA für landwirtschaftliche Produktion.	Methodik und Anwendung.

Übersicht Forschungsgruppen

Kz	Institut	Kontaktpersonen	Untersuchungsfelder und laufende Projekte	Art der Tätigkeit
L	Carbotech Basel T. 061 2717344	Fredy Dinkel, Beate Waldeck	LCA von nachwachsenden Rohstoffen, Energieaufwand für ausgewählte Nahrungsmittel. LCA Vergleich von Energiesystemen.	Anwendung, Software, Methodik zur Unsicherheit, Wirkungsbilanz.
L, E	Eidgenössische Forschungsanstalt FAW 8820 Wädenswil T. 01 7836111	Dr. Christian Gysi Patrik Mouron Daniel Baumann	<i>LCA für landwirtschaftliche Methoden.</i> Landwirtschaft, Anwendung Gemüsebau, Agrarökologie, Integrierte Produktion, Biologischer Landbau. Vergleich Integrierte Produktion versus Bioproduktion (ca. 1999), Untersuchung zu 16 Betrieben Hors-sol versus Bodenkultur im Gartenbau (Tomaten). Ziel des Projektes ist es, nachhaltige Systeme für die biologische und Integrierte Produktion durch einen ganzheitlichen, systemumfassenden Ansatz zu vergleichen. Im Gegensatz zu Parzellenversuchen soll der gesamte Betrieb in die Untersuchung einbezogen werden. Objektive Grundlagen für die Höhe der Direktzahlungen sollen dabei erarbeitet werden. Das Projekt ist langfristig angelegt und muss damit der Entwicklung der beiden Systeme Rechnung tragen. Zusammenarbeit für die Bilanzierung mit der FAT. <i>Ökologie im Obstbau.</i> Globalziele: 1. Evaluation von ökologischen Bewertungsmethoden für die Produktionslinie Obst und deren Teilprozesse (Obstanlage, Lagerung, Verkauf, Konsum). Aufbau einer interinstitutionellen Workshopgruppe. 2. Mitarbeit in FAW-Projekten, die ökologische Berechnungen beinhalten. Ausweitung auf Beeren-, Reb- und Gemüsebau möglich. Ergebnisziele: 1. Differenziertere Sicht der ökologischen Bewertung innerhalb von FAW-Projekten, bei Produzenten und Konsumenten anhand von Fallstudien. 2. Erste Instrumente für ökologische Bewertungen. 3. Abklärung der Verbindungsmöglichkeit von ökologischen und ökonomischen Berechnungen mit EDV. Gründe: 1. Für den Bereich Obstbau (Spezialkulturen) sind noch keine ökologischen Bewertungsmethoden etabliert. 2. Bedarf für ökologische Rechnungen in mehreren FAW-Projekten. 3. Nachhaltigkeitsforschung verlangt ökologische Bewertungsmethoden. Stand heute: Projekt 'Ökomass im Obstbau' wurde ins Zwischenprogramm 96-99 aufgenommen, mit Laufdauer 1998-2003. Erste Fallstudie mit Mips vorhanden. Mitarbeit im laufenden FAT-Projekt 'Ökobilanzen und Biolandbau'. Schnittstellen: Öko-Fallstudien beruhen auf empirischen Daten des FAW-Projektes 'EDV Betriebsdatennetz' (ASA-Agar) sowie auf Daten der IP/Bio-Versuchspartzellen in Wädenswil und Fougères.	Anwendung, Methodikentwicklung für den landwirtschaftlichen Bereich.
L	Institut d'Aménagement des Terres et des Eaux, Hydrologie et Aménagement, Département de Génie Rural, EPFL - IATE -HYDRAM, 1015 Lausanne, T. 021 6937011	Prof. Olivier Jolliet Valerie Bronchi	LCA Landwirtschaft (Gesamte Schweiz, Weizen, Kartoffeln), Regenwassernutzung, Kunststoffrecycling unter Einbeziehung ökonomischer, politischer und technischer Gesichtspunkte.	LCA-Methodikentwicklung, speziell Wirkungsbilanz, jährliche Organisation eines LCA-Kurses.

Übersicht Forschungsgruppen

Kz	Institut	Kontaktpersonen	Untersuchungsfelder und laufende Projekte	Art der Tätigkeit
L	Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL Ackerstrasse , 5070 Frick AG Postfach Tel. (*062) 865 72 72 Fax (*062) 865 72 73	T. Alföldi, Dr. Fliessbach, Otto Schmied, Siegrid Hardnagel, Martin Lichtenhahn	Energiebilanzierung zum Vergleich Ökologischer Landbau - Konventionell, Weitere Untersuchungen geplant. Zusammenarbeit für EU-Projekt Proposal mit Uni Groningen. Optimierung des Landbaus auch unter allg. ökologischen Kriterien.	Methodik und Anwendung.
L	Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT) Projekt Ökobilanzen in der Landwirtschaft Sektion Energie- und Umwelttechnik 8356 Tänikon Tel. 052/3683131	U. Wolfensberger Dr. Gérard Gaillard Albert Zimmermann, Urs Meier, Thomas Anken, Klaus Büchel	Landwirtschaftliche Produktion, incl. non-food Sektor Techniken, Ökobilanz, Stoffbilanz, Bodenbelastung, Flora, Fauna, Fruchtfolge, Anbauzeit, Ammoniak, Bio-Landbau, Integrierte Produktion, Kosten, Biogene Abfälle, Abfallbehandlung, Technikfolgenabschätzung, Bodenbearbeitung, Direktsaat 1996-1999 Entwickeln von Methoden zur Erfassung und Bewertung der gesamten Umweltwirkungen der landwirtschaftlichen Produktion, und Anwendung bei aktuellen Themen. Erarbeiten und Integration von erweiterten Methoden, besonders für bodenrelevante Umweltwirkungen, für Belastungen der Flora und Fauna, sowie für den Einbezug zeitlicher und räumlicher Aspekte wie Fruchtfolge, unterschiedliche Anbauzeiten und Erweiterung der parzellenbezogenen Betrachtung auf die Betriebsebene und die Region. Bedeutung der Behandlung und Verwertung organischer Abfälle unter Berücksichtigung ökologischer und energetischer Aspekte sowie mit Einbezug landwirtschaftlicher Zuerwerbsmöglichkeiten. Behandlung problematischer Abfallstoffe. Ökonomische Bewertung von unterschiedlichen Landbauformen und umweltpolitischen Massnahmen in bezug auf die Verminderung der Energiezufuhr und die Vermeidung von Stoffverlusten. Einfluss verschiedener Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren auf den Energieaufwand und die Ertragsfähigkeit des Bodens Förderung nachhaltiger und wirtschaftlicher Verfahren der Bodenbearbeitung. Systemvergleich Integrierte Produktion - Biologischer Landbau im Feldgemüsebau.	LCA-Methodenentwicklung (Festsetzung des Untersuchungsziels und Sachbilanz), Inventar und Wirkungsbilanz, Anwendung.
L	SRVA, service romand de vulgarisation agricole 1000 Lausanne 6	Dominique Rossier rossier@srva.agri.ch	Ökobilanzen für landwirtschaftliche Betriebe.	Methodenentwicklung, Beratung.
N, V	Abteilung Oekologie/ Kreislaufwirtschaft EMPA St. Gallen Lerchenfeldstrasse 5 9014 St. Gallen Tel 071 2747441	Paul W. Gilgen C. Allenspach, M. Fawer, I. Fecker, Ch. Maillefer, L. Reusser, U. Stahel	Schwachstellenanalysen, Produktvergleiche, LCA-Basisdaten für Konsumgüter wie: Verpackungen, Baumaterialien, Nahrungsmittel, Lebensmittelverarbeitung, Waschmittel. Systematische Problemlösungsansätze im Bereich Ressourcennutzung, Abfallverwertung: Verpackungsmaterialien, Kunststoffe, Umweltmanagement, Ganzheitliche Bilanzierung Ökologie, Ökonomie, Soziologie.	Datenbank, Software Methodik, LCA in Umweltmanagement-Systemen, Interpretation, Massnahmenplanung, Beratung, Ausbildung , Peer Reviews.

Übersicht Forschungsgruppen

Kz	Institut	Kontaktpersonen	Untersuchungsfelder und laufende Projekte	Art der Tätigkeit
V	Coop	Schmid Kathrin Rapp	Verpackungen, Logistik, Coop Natura Plan.	Anwendung LCA.
V	INFRAS	Dr. Othmar Schwank, Daniel Peter, Markus Maibach	Energie, Papiere, Transport, Verpackungen, Bau etc.	Anwendung LCA.
V	Migros	Peter Bär	Verpackungen, Logistik.	Anwendung LCA.
V	Ökoscience	Albert von Däniken, Mike Chudacoff	Anstrichstoffe, Chemikalien, Verpackungen, Briefkasten. Teilnahme LCA network Food.	Anwendung LCA.

Tab. 2-2 Übersicht einiger Forschungsgruppen ausserhalb der Schweiz (Stand 1998, Kz.: E-Ernährung, H-Haushalte, L-Landwirtschaft, V-Verpackungen)

Kz	Institut	MitarbeiterInnen	Untersuchungsfelder und laufende Projekte	Art d. Tätigkeit
E	Environmental and Energy System Studies, Lund University, S	A. Carlsson	Verschiedene Untersuchungen zu Ökobilanzen für Nahrungsmittel und Fortentwicklung der Methodik. Projekte: „Developing a Methodology to Assess Environmental Effects of Consumption Patterns.“ „ Swedish Food Consumption and the Environment - a trend analysis during the period of consumerism.“ „ Environmental Impacts of Quantifiable Consumption Patterns.“	Methodik und Anwendung.
E	SIK, The Swedish Institute for Food Research, P.O. Box 5401, S-40229 Gothenburg	Pär Olsson Karin Andersson, BeritMattson	Ökobilanzen für verschiedene Nahrungsmittel z.B. Äpfel, Brot, Tomatenketchup, Frischmilch, Baby-nahrung, LCA network food.	Anwendung.
E	Institut für Sozial-Ökologische Forschung Hamburger Allee 45 D-60486 Frankfurt am Main Tel.: XX49.69.70.00.12 Fax: XX49.69.77.73.41	Claudia Empacher	Einkauf und Verzehr von Joghurt und Geflügel. Interviews zum KonsumentInnenverhalten und den ökologischen Folgen. Zusammenstellung von Materialien zu ökologischen Aspekten im Lebenszyklus von Joghurt und Geflügel.	Interviews und ökologischen Bewertung.
E	Institut Ernährungswissenschaft. Wilhelmstrasse 20 D-35392 Giessen +49 641 99-39040(Secr.)	Corinna S Taylor	Es werden verschiedene Kostformen auf ihre "Umweltbeeinflussung" untersucht. Dabei wird von der VERA Standard-Durchschnittskost und von einer ernährungsphysiologisch ausgewogenen Kostform ausgegangen. Das Hauptinteresse gilt einer gesunderhaltenden Kostform und nicht wie üblicherweise lediglich dem Ist-Zustand dessen was gegessen wird. Diese Daten werden dann auf eine (noch zu erstellende) Datenbasis mit Umweltindikatoren bezogen. Letztere speist sich aus diversen LCA.	Ernährungswissenschaftliche Untersuchung.

Kz	Institut	MitarbeiterInnen	Untersuchungsfelder und laufende Projekte	Art d. Tätigkeit
H	Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) (Netherlands Energy Research Foundation), P.O. Box 1, 1755 ZG Petten T. 31 2246 4949 Fax : +31(0)224 563338	W.G. van Arkel, K.F.B. de Paauw, W.O. Pellekaan	Das ELSA Modell wurde entwickelt um wirtschaftliche, soziale und kulturelle Informationen für Prognosen zu verwenden. Das Konsumentenverhalten wird als veränderliches Paket von Alternativen angenommen. Das Modell verwendet einen bottom-up Ansatz mit dem Startpunkt verschiedener Haushaltstypen und simuliert direkten und indirekten Energieverbrauch. Die Unterscheidung von 10-20 unterschiedlicher Kategorien des Haushaltskonsums war möglich nachdem in einer Analyse etwa 600 Kategorien unterschieden wurden. Die Entwicklung des Programms erfolgte innerhalb des EU Projektes. Für die Berücksichtigung der Transporte wurde der Transportsektor in der IO Tabelle für 5 Transportarten desaggregiert. Die Berechnung der Energieintensitäten basiert auf Abschätzung mit der IO Methode da diese für Prognosen besser zu nutzen ist. Dies macht eine Verknüpfung mit der Verbrauchsstatistik schwierig. Zehn Typisierungen für Haushalten nach sozio-ökonomisch-demographischen Merkmalen wurden für die Auswertung genutzt. Der Bereich Freizeit findet in neuen Projekten verstärkt Beachtung. In einem Projekt wird der Einfluss von Transporten. Ein weiteres Projekt untersucht den nationalen Verbrauch und CO ₂ Emissionen (Bonenkamp). In einem neuen Projekt ist die Verknüpfung von ELSA mit dem SAVE Modell, einer Datenbasis für den Haushaltsenergieverbrauch geplant (Arkel). Weiterhin sollen die Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt durch strukturellen Veränderungen modelliert werden. Untersucht wird auch die fortschreitende Automatisierung in Haushalten. Durchführung des abgeschlossenen EU-Projektes 'Pollutant Emissions and Consumers Lifestyle' zusammen mit IER.	Das ECN arbeitet vor allem im Bereich Modellierung und führt(e) verschiedene Projekte im Bereich Lifestyles aus. Das ECN koordiniert das Network on Energy and Behaviour Patterns (NOVEM).
H	Universität Utrecht Department of Science, Technology and Society (STS-UU), Padualaan 14 NL-3584 CH T.: +31-30-2537599 / 7600 fax: +31-30-2537601	Kornelis Blok, Kees Vringer, Kok, Jöse Potting	Umweltbelastung durch Aktivitäten der Haushalte. Dieses sind z.B. Essen, Kleiden (Kees, Potting), Freizeit (Kees), Geschenke (Kees). Case study zu Blumen da diese eine sehr hohe Energieintensität aufweisen. Green House Projekt.	Datensammlung für verschiedene Aktivitäten.
H	Wageningen Agricultural University Dept. of Household and Consumer Studies (HCS-WAU)	Groot-Marcus, Nienke Brouwer (T. +31 317 48 2573), Diana Uitdenbogerd	Haushaltskonsumverhalten. Fragebogen für Haushalte im Bereich Kleidung (D.U.) und Nahrung (N.B.), Untersuchung zu Zeiteinteilung und Geldausgaben. Green House Project.	Fragebogenstudie.

Kz	Institut	MitarbeiterInnen	Untersuchungsfelder und laufende Projekte	Art d. Tätigkeit
H, L	Centre of Energy and Environmental Studies University of Groningen (IVEM-RUG), 9747 AG Groningen, T. 31 50 3634605 fax: 31 50 3637168	Prof. Schoot- Uiterkamp, Dr. Klaas Jan Noorman, Dr. Harry Wilting, Sanderine Nonhebel, Jack van der Wal, Blok, Kok, Moll, Van Engelenburg, Van Rossum	Umweltbelastung (CO ₂ und Energieverbrauch) durch Haushalte in den Niederlanden, Green House Project, HOMES (Household Metabolism Effectively Sustainable). Weiterentwicklung des EAP Programms und der Hybrid Methode um Treibhausgase zu berücksichtigen.	Hybridmethode.
L	Centre of Environmental Science (CML) - Section Substances & Products Leiden University Einsteinweg 2 P.O. Box 9518 NL-2300 RA Leiden fax +31 71 5277434	R. Kleijn, A. Wegener Sleeswijk, Jeroen Guinee	Ökobilanzen im Bereich Landwirtschaft und Veröffentlichung eines Handbuchs zur Methodik für dieses Anwendungsgebiet. Concerted Action. Dutch „LCA of agricultural products“ project.	LCA Methodik und Anwendung.
L	Forschungs- und Studienzentrum Landwirtschaft und Umwelt, Universität Göttingen, Am Vogelsang 6, D - 37075 Göttingen	Johannes Moerschner jmoersc@gwdg.de T.+49-551-39 93 41 F. +49-551-39 22 95	Erstellung und Auswertung von Energiebilanzen für landwirtschaftliche Produktion. Projektbeschreibung: http://www.gwdg.de/~jmoersc/internet/lit.htm .	Methodenentwicklung, Forschung und Beratung.
L	Silsoe Research Institute, UK	Eric Audsley	Betriebswirtschaft in der Landwirtschaft.	LCA Methodik.
L	Technical University of Denmark	Bo Weidema	Landwirtschaft.	LCA Methodik, Datenbank für LCI.
L	Technische Universität Wien, Austria	Prof. Sebastian Alber	Landwirtschaft.	LCA Methodik.
L	Institut für Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur Gregor Mendelstr. 33 1180 Wien, Austria, Fax: +43 (1) 47654-3792	Elisabeth Fromm, Ruth Kratochvil	Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Produktionsweisen und Betriebe, Vergleich Biologisch-konventionell, Milchproduktion. Untersuchung eines regionalen Vertriebssystems mit einer Produktlinienanalyse.	LCA Methodik.

Kz	Institut	MitarbeiterInnen	Untersuchungsfelder und laufende Projekte	Art d. Tätigkeit
L	Projektgemeinschaft Bioenergeträger, Inst. f. Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Uni Stuttgart, D	M. Kaltschmitt, G. Reinhard, C. Weisser, U. Schultheiss	Ganzheitliche Bilanzierung von nachwachsenden Energieträgern und ihre Gegenüberstellung mit konventionellen Energieträgern.	Anwendung.
L	ECOBILAN SA 13-15 rue Buffon F-75005 PARIS Tél. +33 01 43 31 41 41 Fax. +33 01 43 31 44 00	Patricia Cortijo	Verschiedene Arbeiten für die Lebensmittelindustrie die in der Regel allerdings vertraulich sind: ECOBILAN has carried out a project for the French environmental agency (ADEME) concerning the prefiguration of the LCA in agriculture, on the basis of the examples of maize silage and beef meat. ECOBILAN has worked in the field of beer and mineral water; however the problematics here is more packaging oriented.	LCA Methodik, Anwendung in der Industrie.
L	University of Surrey, UK	Prof. Roland Clift Sarah Cowell	Food production systems. The methodology involves construction of a database describing the interactions and environmental impacts occurring as a result of the agricultural and food production system. Using linear programming, it should be possible to select relevant activities from the database, form an appropriate model, and allocate environmental impacts to the different outputs from the production system using marginal values calculated during the linear programming analysis. A two-year project aims to develop LCA techniques for Life cycle assessment of food production systems, using linear programming and a whole system modelling approach. The project, "A Life Cycle and Linear Programming Analysis of Food Production and Distribution" is being undertaken jointly with Silsoe Research Institute.	LCA Methodik.
V	National Centre for Design at Royal Melbourne Institute of Technology, GPO Box 2476V, Melbourne Victoria 3001, AUSTRALIA T +61 (0)3 9925 3485 F +61 (0)3 9639 3412	John Gertsakis Program Director - Industry and Environment jgertsakis@rmit.edu.au www.cfd.rmit.edu.au	Untersuchung von Lebensmittelverpackungen. The aim of our study is to develop new packaging design directions for environmentally improved bottled wine products in Australia.	LCA Anwendung.

3. Ökologische Beurteilung von Nahrungsmitteln: Stand der Forschung

Ziel der Forschungsarbeit ist es, relevante Umweltfolgen, die im Zusammenhang mit der Ernährung stehen zu bilanzieren. Als Ernährung wird hierbei die Summe aller aufgenommenen Nahrungsmittel und Getränke einschliesslich der notwendigen Beschaffung, Zubereitung und Entsorgung verstanden. Die möglichen Einflussfaktoren für eine solche Bilanz sind in Abb. 3-1 für eine Mahlzeit wiedergegeben. Das eigentliche Nahrungsmittel ist hierbei nur einer der zu bilanzierenden Inputs.

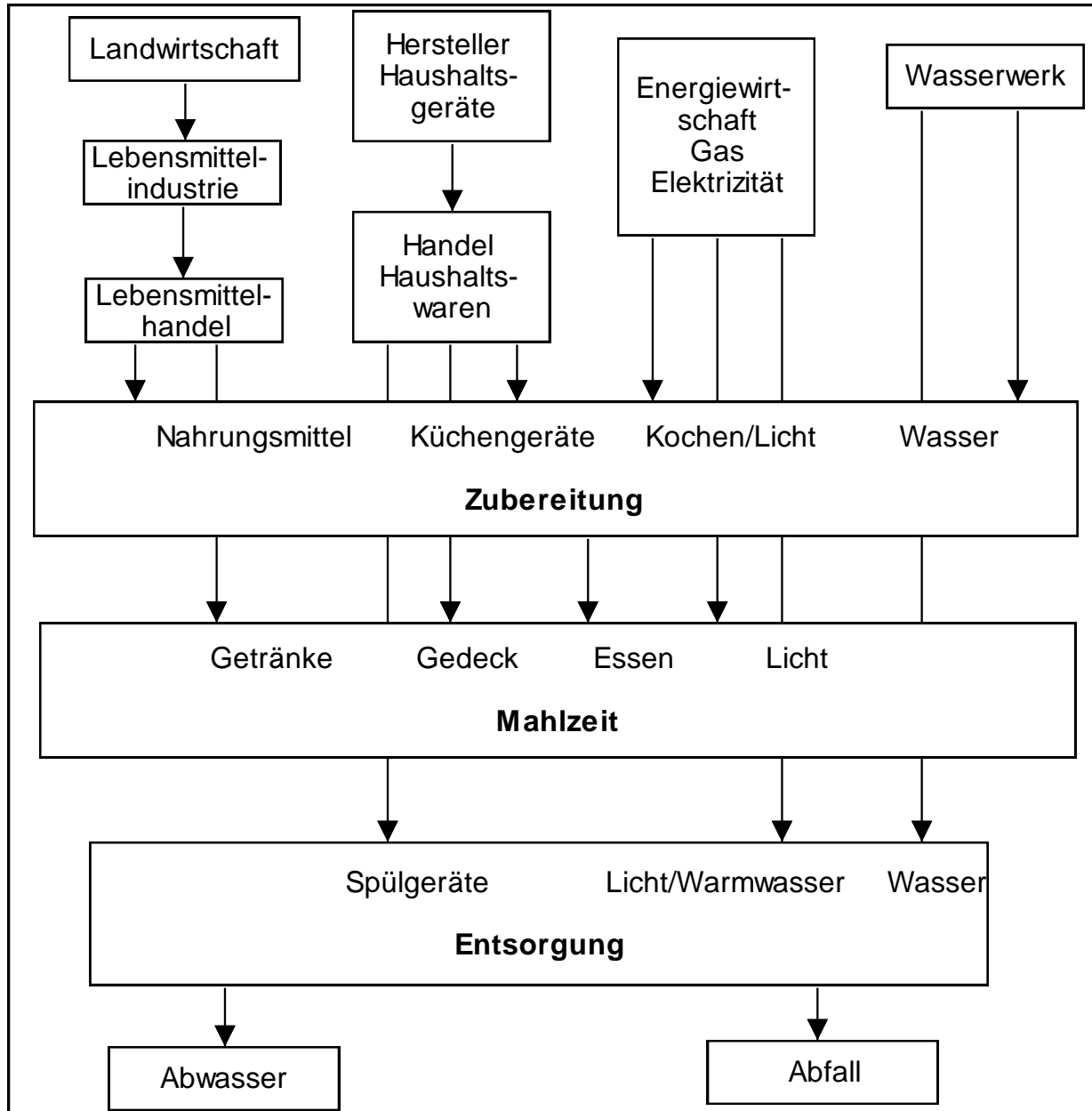


Abb. 3-1 Lebensweg für die Bilanzierung einer Mahlzeit.

In diesem Kapitel werden ökologische Untersuchungen von Produkten aus dem Bereich Landwirtschaft und Ernährung unter der Fragestellung ausgewertet, inwieweit sie in einer solchen Betrachtung verwendet werden können und welche Erkenntnisse

aus Sicht der KonsumentInnen sich aus ihnen ergeben. Hierzu werden verschiedene Ansätze zur ökologischen Beurteilung vorgestellt.

Zunächst erfolgt in Kapitel 3.1 eine generelle Betrachtung der Umweltbelastungen auf Grund der Produktion von Nahrungsmitteln. Auf Grundlage von Energiebilanzen wird die Relevanz des Bedürfnisfeldes Ernährung in Relation zu weiteren Feldern des Haushaltskonsums betrachtet. Ausserdem werden Anforderungen an die Entwicklung der Landwirtschaft aus Sicht der Politik und der KonsumentInnen dargestellt.

Die wichtigste Methode zur quantitativen Beurteilung ökologischer Aspekte eines Produktes, die über den Lebensweg relevant sind, ist die Ökobilanz. Diese Methode wird in Kapitel 3.2 vorgestellt. Kapitel 3.2.1 stellt den Stand der Methodikentwicklung für Ökobilanzen vor. In Kapitel 3.2.2 werden die Probleme bei der Anwendung dieser Methode für landwirtschaftliche Produkte diskutiert. In weiteren Unterabschnitten werden die Ergebnisse durchgeführter Untersuchungen dargestellt. Hierbei wird die Untersuchung von Transportvorgängen, von landwirtschaftlichen Produktionsweisen und die Anwendung von Ökobilanzen als Kriterium für die Vergabe von Produktlabels beleuchtet. Ergänzt wird dies in Kapitel 3.2.4 mit einer tabellarischen Literatürübersicht aller zur Auswertung herangezogenen Studien.

Weitere Methoden der ökologischen Beurteilung, die im betrachteten Bereich der Ernährung angewendet werden, sind die Energiebilanz, das Öko-Audit, der Ecological Footprint und die Material- oder Stoffflussanalyse. Arbeiten hierzu werden im Kapitel 3.3 ausgewertet und am Schluss des Kapitels tabellarisch zusammengefasst. Zum Schluss des Kapitels werden Handlungshinweise für eine ökologische Gestaltung des Bedürfnisfeldes Ernährung aus Sicht der KonsumentInnen gegeben und Ausgangspunkte für die weitere Arbeit dargestellt.

3.1. Das Bedürfnisfeld Ernährung in einer Gesamtbetrachtung

In diesem Kapitel werden die Umweltbelastungen der Landwirtschaft und des Bedürfnisfeldes Ernährung aufgezeigt, sowie Vorschläge für eine nachhaltige Entwicklung wiedergegeben.

Einen umfangreichen Einblick in die ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Entwicklungen im Bedürfnisfeld Ernährung gibt Rigendinger (1997) in ihrem Diskussionspapier. Neitzel (1997) zeigt in einem Artikel die prioritär durch die Landwirtschaft verursachte Umweltbelastungen (in Deutschland) auf. Um eine Optimierungsfunktion durch Ökobilanzen zu erreichen, sollten diese Umweltbelastungen in der Bilanzierung adäquat abgebildet werden:

- Über die Hälfte des stickstoffbedingten Versauerungspotentials wird in der Landwirtschaft verursacht. Dies entspricht 25% des gesamten Versauerungspotentials.
- 40% bis 45% aller Phosphateinträge der Oberflächengewässer in Deutschland stammen aus der Landwirtschaft.
- Bedeutsame Anteile hat die Landwirtschaft auch an den Treibhausgasfreisetzungen (Lachgas (N₂O) 35,4%, Methan (CH₄) 31,7%, Kohlendioxid (CO₂) 2,5%).
- Die Grundwasserverunreinigungen durch Pflanzenschutzmittel und durch Nitrat werden wesentlich durch die Landwirtschaft verursacht.
- Intensive landwirtschaftliche Nutzungen sind grösster Verursacher des Artenrückgangs (extensive Bewirtschaftungsformen schaffen neue Nischen).

- Die flächenunabhängige Massentierhaltung verursacht Probleme der Gülleentsorgung und ökologisch aufwendiger Futtermittelproduktion und -importe.
- Immenser Flächenverbrauch und Nutzungskonkurrenz führen zu zusätzlich benötigten Flächen für Natur-, Arten- und Landschaftsschutz sowie zur Aufforstung.
- Bodenerosion und Bodengefügeschäden auf Grund der Landbewirtschaftung.

Rossier (1995) hat die Umweltbelastungen der Schweizer Landwirtschaft in einer Ökobilanz mit den gesamten Umweltauswirkungen in der Schweiz für eine Reihe von Emissionen verglichen. Für die Emissionen von NH₃ (88%), CH₄ (62%) und N₂O (88%) in die Luft sowie NO₃ und Phosphat ins Wasser, steht die Landwirtschaft als Verursacher prozentual an erster Stelle (Rossier 1995). Auch für einige Schwermetallemissionen (Cu, Cd, Cr) in den Boden ist die Landwirtschaft eine wichtige Quelle. Die Wirkung von Pestiziden konnte in dieser Untersuchung nicht abgeschätzt werden. Hinzu kommen Emissionen aus dem Verbrauch von Treibstoffen für die Landwirtschaft und den Transport von Nahrungsmitteln. NO_x, Partikel und SO₂ werden hierbei als besonders wichtig erachtet. Erosion von landwirtschaftlichen Flächen wird als weiteres Problem genannt. Bis 1980 sind die Umweltbelastungen aus der Landwirtschaft angestiegen. Im Verlauf der 90er Jahre haben sie sich etwa stabilisiert (Rossier 1995).

Positiv ist, dass verschiedene Belastungen aus der Schweizer Landwirtschaft in den letzten Jahren bereits spürbar reduziert werden konnten. Die Massnahmen des Bundes zur Ökologisierung der Landwirtschaft haben dazu geführt, dass sich der Hilfsstoffeinsatz dank Direktzahlungen insgesamt verringert und die Nährstoffüberschüsse im Durchschnitt zurückgebildet haben. So sanken die Überschüsse an Phosphor in der ersten Hälfte der 90er-Jahre um 29 Prozent und jene an Stickstoff um sieben Prozent (Spiess 1999). Der Absatz von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen war in den Jahren 1988 bis 1997 deutlich rückläufig (Spahr 1998). Auch das ökologische Gefährdungspotential hat sich auf Grund von Neuentwicklungen bei den Wirkstoffen verringert (Gutsche 1997).

Mit Hilfe von Bilanzen für Graue Energie lässt sich die Relevanz der Ernährung für den gesamten Energieverbrauch (einschliesslich der Grauen Energie) abschätzen. Knoepfel (1995a) errechnete den Anteil der Nahrung (inkl. Zubereitung) mit mehreren Methoden und kam hierbei auf 12 - 15%. Die Summe von direktem und indirektem Primärenergieverbrauch für Nahrungsmittel beträgt in der Schweiz etwa 2500 MJ pro Person und Monat.

Moll & Biesot (1995) haben den Anteil der Nahrungsmittelproduktion in den Niederlanden am Gesamtenergieverbrauch der Haushalte mit 20% berechnet (1988). Für eine Betrachtung des gesamten Bedürfnisfeldes Ernährung müssten direkte Energieverbräuche für Lagerung und Zubereitung der Nahrungsmittel im Haushalt hier hinzugerechnet werden. Im Jahr 1948 betrug der Anteil noch etwa 30%. Von 1948 bis 1988 stieg der indirekte Energieaufwand für die Nahrungsmiteleinkäufe einer Person von etwa 12 GJ auf 20 GJ. Der Verbrauch in andern Konsumbereichen stieg vergleichsweise stärker an. Die Zunahme des Gesamtenergieverbrauchs einzelner Haushalte korreliert dabei relativ gut mit der Zunahme des Haushaltseinkommens (Vringer & Blok 1995).

Weber *et al.* (1996a, 1996b) untersuchen den Energieverbrauch und die Emissionen verschiedener Schadgase auf Grund des Haushaltskonsums in Deutschland. Die Produktion von Nahrungsmitteln hat einen Anteil von 12% am Energieverbrauch. Überproportional hoch sind die Emissionen von NO_x, SO₂, und VOC in diesem Bereich.

Ein Indikator zur Bestimmung der Umweltbelastungen ist der Ausstoss von klimarelevanten Gasen in Form von CO₂ Äquivalenten. Hierzu wurde eine Untersuchungen zum Umweltverbrauch des Bedarfsfeldes Ernährung 1994 im Rahmen des deutschen Enqueteberichtes zum „Schutz der Erdatmosphäre“ vorgelegt (Kjer *et al.* 1994). Diese Daten werden in Tab. 3-1 gezeigt. Danach gehen von der Ernährung der 80 Mio. Deutschen Klimabelastungen in Höhe von mindestens 260 Mio. t CO₂ Äquivalent im Jahr aus, das sind 3,2 t pro Bundesbürger.⁷

Tab. 3-1 Emission von Treibhausgasen im Bedürfnisfeld Ernährung (Kjer *et al.* 1994).

	Mio t. CO ₂ Äquivalent	Prozent
Landwirtschaft, pflanzliche Produkte	20	7,7
Landwirtschaft, tierische Produkte	115	44,2
Nahrungsmittelgewerbe	15	5,7
Handel, sonst. Distribution	35	13,5
Verbraucheraktivitäten gesamt	75	28,9
Davon		
Kochen	8	10,7
Spülen	8	10,7
Kühlen	15	20
Küche und Eßraum (Heizung)	24	32
Lebensmitteleinkauf	9	12,3
Gastgewerbe	10	16
Essenfahren („Ausgehen“)	1	1,3

In der Schweiz wurde eine Strategie für eine nachhaltige Landwirtschaft im Aktionsplan „Umwelt und Gesundheit“ BAG/BUWAL entwickelt. Folgende Ziele sollen in den nächsten Jahren erreicht werden (Traber 1998):

- Bis 2002 wissen 80% der Bevölkerung, wie sie sich gesund und saisongerecht ernähren. Sie wissen, dass sie mit ihrem Ernährungsverhalten Art und Weise der landwirtschaftlichen Produktion und die Landschaft beeinflussen.
- Bis 2007 werden nahezu 100% der in der Landwirtschaft genutzten Flächen nach den Prinzipien der integrierten Produktion (IP) oder des biologischen Anbaus genutzt. Der Anteil der biologischen Produktion soll dabei mehr als 30% betragen.
- Bis 2007 stammen 70% des angebotenen Fleisches aus artgerechter und tierfreundlicher Haltung.
- Bis 2007 haben 90% der Landwirtschaftsbetriebe und der nachgelagerten Betriebe standardisierte Qualitätssicherungssysteme; die positive Deklaration mit Rückverfolgbarkeit ist die Regel.

Diese Ziele werden auch von KonsumentInnen, allerdings mit unterschiedlicher Gewichtung, genannt. An erster Stelle steht für sie eine artgerechte Tierhaltung. In einer Umfrage ergaben sich folgende Prioritäten zu den Aufgaben der Schweizer Landwirtschaft (Box 3-1).

Box 3-1 Auszüge aus einem Artikel von Christian Kaiser im Tages-Anzeiger, Zürich vom 30.7.1998: „Mehrheit möchte, dass Biobetriebe unterstützt werden“ (www.tages-anzeiger.ch).

Landchaftspflege ist nach Ansicht von 87 Prozent der Befragten eine wichtige oder sehr wichtige Aufgabe der Schweizer Bauern. Trotzdem möchten sie die Schweizer Landwirte nicht etwa zu blossen Landschaftsgärtnern degradieren. Sie wollen auch künftig Fleisch, Gemüse und Milchprodukte vom Schweizer Hof einkaufen. Denn gemäss der Umfrage messen die Schweizer auch 1998 der Ernährungssicherung und der Produktion von Lebensmitteln mehr Bedeutung zu als der Pflege der Felder und Wiesen.

⁷ Auswertung von Sylvia Lorek, Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen, 1998.

Der Anteil derer, die es wichtig oder sehr wichtig finden, dass die Schweizer Bauern Lebensmittel produzieren, ist seit 1996 noch leicht angestiegen und liegt heute bei 95 Prozent - trotz der Möglichkeit, Lebensmittel zu Tiefpreisen aus dem Ausland zu importieren. Landwirtschaftsbetriebe müssten erhalten werden, "um die Selbstversorgung mit Nahrungsmitteln zu sichern", das finden (..) 84 Prozent der Schweizerinnen und Schweizer.

Das Erzeugen von Lebensmitteln rangiert bei den Funktionen der Schweizer Landwirtschaft allerdings nur auf dem dritten Platz und darf kein Selbstzweck sein. Denn **vor allem** wollen die Schweizer eine tierfreundliche und umweltgerechte Landwirtschaft. 97 respektive 95 Prozent sind der Ansicht, es handle sich bei tierfreundlicher Haltung und umweltgerechter Bewirtschaftung um bedeutende Aufgaben, 66 (55 Prozent) halten sie sogar für "sehr wichtig".

Dass naturnahes Bauern den Schweizern besonders am Herzen liegt, zeigt sich auch bei den Fragen zu den verschiedenen Betriebstypen: 84 Prozent halten Biobetriebe für förderungswürdig, und 53 Prozent möchten Mastbetriebe eher hemmen. Die Westschweizer sind gegenüber der biologischen Produktion weniger positiv eingestellt. Während in der Deutschschweiz 47 Prozent Bio "speziell fördern" wollen, sind nur 22 Prozent der Romands dafür. Bei den Kleinbetrieben mit hohen Produktionskosten sind tendenziell 66 Prozent für Zuschüsse.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Ernährung ein relevanter Anteil an den gesamten in der Schweiz verursachten Umweltbelastungen zukommt. Die Belastungen aus der Landwirtschaft haben sich dabei in den letzten Jahren stabilisiert bzw. gehen bereits zurück. Steigend ist dagegen die Tendenz bei den nachgelagerten Umweltbelastungen, z.B. durch vermehrte Transporte.

3.2. Ökobilanz

Die wichtigste Methode zur Beurteilung ökologischer Aspekte eines Produktes, die über den Lebensweg relevant sind, ist die Ökobilanz. Wichtige Erkenntnisse für eine ökologische Gestaltung des Bedürfnisfeldes Ernährung können aus der Auswertung bereits durchgeführter Arbeiten gewonnen werden. Ausserdem wird auf die Möglichkeiten und Grenzen der Methode Ökobilanz für eine ökologische Beurteilung des Nahrungsmittelkonsums eingegangen und Vorschläge für die Weiterentwicklung dieser Methode gegeben.

In Ökobilanzen (im englischen Sprachraum als Life Cycle Assessment (LCA) bezeichnet) werden die Umweltfolgen eines Produktes von der Rohstoffgewinnung bis zur endgültigen Entsorgung, oder anders ausgedrückt von der Wiege bis zur Bahre erfasst.

Die Ökobilanzmethodik hat sich in den letzten Jahren rasch weiterentwickelt. Durch die dabei verwendeten, oft etwas unterschiedlichen Ansätze, haben sich bis heute noch unterschiedliche Verständnisse dieser Methode erhalten. Durch die Erarbeitung einer Norm soll eine Vereinheitlichung erreicht werden. Ökobilanzen bestehen nach den ISO-Normen 14040 bis 14043 aus vier Arbeitsschritten. Diese werden unter Umständen iterativ durchgeführt (International Organization for Standardization (ISO) 1998):

1. Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmen: Es wird die beabsichtigte Anwendung festgelegt und die Gründe für die Durchführung der Studie, sowie die angesprochenen Zielgruppen, aufgeführt. Hierzu gehört auch die Festlegung der funktionellen Einheit als Mass für den Nutzen des Produktionssystems.
2. Sachbilanz: Die Input-Output-Flüsse entlang des Lebensweges der untersuchten Produkte bzw. Dienstleistungen werden ermittelt und zusammengestellt. Hierzu wird zunächst ein Flussdiagramm für den Lebensweg erarbeitet. Im Weiteren wird eine Input-Output Tabelle für die betrachteten Prozesse erstellt. In diesem Ar-

beitsabschnitt erfolgt die Erhebung aller umweltrelevanten Daten und die Umrechnung der Belastungen auf die funktionelle Einheit.

3. Wirkungsabschätzung: Die Sachbilanzdaten werden zu Wirkungskategorien klassifiziert. Die potentiellen Umweltauswirkungen in verschiedenen Schadenskategorien (z.B. Treibhausgase, Überdüngung, etc.) werden durch die Charakterisierung der berechneten Input-Output-Flüsse im Anschluss der Inventarisierung modelliert (Heijungs *et al.* 1992a, 1992b). Zur Zusammenfassung und Bewertung der verschiedenen Umwelteinwirkungen gibt es unterschiedliche Methoden die zu einer Teil- oder Vollaggregation führen (Brand *et al.* 1998, Braunschweig *et al.* 1997, Goedkoop 1995, Goedkoop *et al.* 1998, Goedkoop & Spriensma 1999). Diese Phase enthält subjektive Elemente und soll deshalb möglichst transparent durchgeführt werden.
4. Auswertung: Vergleich von Produkten bzw. Dienstleistungen, Interpretation und Aufzeigen von Optimierungsmöglichkeiten (Verbesserung der Prozesse, Veränderung der Produktion, Kauf/Nichtkauf von Produkten) auf Grundlage der Sachbilanz und Wirkungsabschätzung unter Berücksichtigung der Zieldefinition.

3.2.1. Arbeiten zur Ökobilanzmethodik

Bei einer Vielzahl von Arbeiten zum Thema Ökobilanzen für landwirtschaftliche Produkte fällt zunächst auf, dass diese sich vor allem mit methodischen Fragestellungen befassen. Ziel der Arbeiten war es zumeist, die Unterschiede aufzuzeigen, die sich bei einer Anwendung des für industrielle Prozesse entwickelten Instruments Ökobilanz für landwirtschaftliche Produktion ergeben. In der Tab. 3-5 (auf Seite 36) wird eine Übersicht über diese Arbeiten gegeben. Soweit konkrete Produkte Gegenstand der Untersuchungen waren, werden diese in der Tabelle aufgeführt.

Bilanzen werden in diesen Arbeiten zumeist nur durchgeführt, um beispielhaft methodische Probleme deutlich zu machen. Immer wieder werden folgende Themen für eine vertiefende methodische Betrachtung genannt (Cowell & Clift 1995):

- Wahl der funktionellen Einheit. Diese kann z.B. durch Gewicht, finanzieller Wert, Wert für die Ernährung, Wert für die Weiterverarbeitung (Protein, Fettgehalt) bestimmt werden.
- Wahl der Bilanz- und Systemgrenzen (z.B. wie weit gehört der Boden zum landwirtschaftlichen System).
- Zeitliche Allokation (Berücksichtigung der Fruchtfolge).
- Allokation der Umweltfolgen auf unterschiedliche Produkte (z.B. Milch - Fleisch, Weizen - Stroh).
- Allokation der Umweltfolgen bei Nebenprodukten, z.B. Berücksichtigung der Gülle als Abfall oder als Wertprodukt.
- Auswahl der Indikatoren für Umweltbelastungen, die vor allem für die Beurteilung landwirtschaftlicher Prozesse eine Rolle spielen (Biodiversität, Landverbrauch, artgerechte Tierhaltung, Einsatz von Pestiziden).

Ein wichtiger Punkt für den vorgesehen Vergleich einer Reihe verschiedener Nahrungsmittel ist die Wahl der funktionellen Einheit. In den meisten Arbeiten werden Produkte nach dem Gewicht verglichen. Charles *et al.* (1998) zeigten an Hand eines Beispiels, dass die Berücksichtigung einer Produkteigenschaft (hier des Proteingehal-

tes von Weizen) zu einer veränderten Interpretation der Ökobilanzergebnisse führt. Eine weitere Möglichkeit zur Berücksichtigung von Qualitätseigenschaften des Nahrungsmittels ist der Vergleich hinsichtlich der aufgenommenen Nahrungsenergie.

Der Gehalt an Nahrungsenergie in Produkten bildet allerdings noch lange nicht alle Qualitätsmerkmale oder Funktionen eines Nahrungsmittels ab. In der Ernährungswissenschaft wird heute zumindestens für die Industrieländer davon ausgegangen, dass die ausreichende Versorgung mit Kalorien kein Problem mehr darstellt bzw. sogar zuviel Energie mit der Nahrung aufgenommen wird. VegetarierInnen ersetzen die Nahrungsenergie aus Fleisch nicht nur mit Gemüse. Sie sorgen mit einer Kombination verschiedener Produkte, z.B. Milchprodukte, für die ausreichende Zufuhr von Eiweissen.⁸

Die Qualität der Nahrung sollte daher durch andere Indikatoren als die Nahrungsenergie, z.B. Gehalt an bestimmten Inhaltsstoffen, verglichen werden. Hierzu hat sich allerdings noch kein allgemein akzeptierter Summenindikator im Gebiet der Ernährungswissenschaften durchgesetzt. Die Einschätzung der Qualität eines Nahrungsmittels durch KonsumentInnen wird ausserdem noch durch eine Reihe weiterer Faktoren bestimmt. Dies sind z.B. persönlicher Bezug zum Herstellungsland, Aussehen, Preis, Erwartung bei Markenprodukten und anderes (Haglund *et al.* 1999, Juric & Worsley 1998, Lange *et al.* 1999, Sobal 1998).

3.2.2. Ökobilanz-Fallstudien für landwirtschaftliche Produkte

Abb. 3-1 gibt einen Überblick für den typischen Lebensweg eines Nahrungsmittels. Agrarprodukte werden unter Einsatz von Dünger, Saatgut und Pestiziden in der Landwirtschaft hergestellt. Nach dem Transport zu lebensmittelverarbeitenden Betrieben werden diese Produkte weiter veredelt, für den Verkauf vorbereitet und verpackt. Über den Gross- und Detailhandel werden die Produkte dann an die EndkonsumentInnen weitergegeben. Im Haushalt werden sie zubereitet und gegessen. Verbleibende Reststoffe und Abwässer gelangen zur Entsorgung. Transporte finden zwischen fast allen Produktionsschritten statt.

Ceuterick⁹ hat eine Liste von Anwendungsbeispielen und Zielen für im Nahrungsmittelbereich durchgeführte Ökobilanzen angegeben (Tab. 3-2).

Tab. 3-2 Applications of LCA in the food chain.

Application Area	Application
Agriculture and food industry	<ul style="list-style-type: none"> • Environmental improvement of production systems. • Identification of 'hot spots' in the chain. • Assessment of environmental impacts of agrification (biomaterial versus traditional materials). • Comparison of different production methods. • Support and implementation of eco-audit procedures (e.g. EMAS). • Guide for purchasing decisions on ancillaries (agrochemicals, fertilisers, etc.). • Development of environmental performance indicators. • Communicate environmental performance.
Wholesale and retail	<ul style="list-style-type: none"> • Guide for purchasing decisions (choice of suppliers). • Comparison of own products with products of other wholesale companies and retailers (benchmarking). • Communicate environmental performance of products.
Consumers and consum-	<ul style="list-style-type: none"> • Guide for purchasing decisions (e.g. via ecolabels).

⁸ Mündliche Auskunft von Kurt Hofer, Geographisches Inst. der Uni Bern am 20.2.98.

⁹ Informationen auf www.jrc.es/iptsreport/vol20/english/FOO4E206.htm.

Application Area	Application
er organisations	<ul style="list-style-type: none"> • Benchmarking for suppliers and brands.
Policy makers	<ul style="list-style-type: none"> • Developing longer-term food strategies. • Development of environmental performance indicators. • Development of cleaner technology/production programs. • Definition of Best Available Technologies (BAT). • Development of production and product standards. • Development of ecological criteria for the award of an ecolabel for products. • Support of financial measures (e.g. taxes on environmentally polluting products). • Screening of alternative (European) agricultural policies.

Bei den Anwendungen von Ökobilanzen für Nahrungsmittel lassen sich drei grosse Gruppen von Arbeiten unterscheiden. Eine Gruppe bilden die Arbeiten, deren Hauptziel die methodische Fortentwicklung des Instruments ist (vgl. hierzu auch Kapitel 3.2.1). Eine zweite grosse Gruppe befasst sich mit nachwachsenden Rohstoffen. Dies sind zum einen Treibstoffe (Raps-Methyl-Ester) und zum anderen Grundstoffe für chemisch - industrielle Produktionsverfahren (z.B. Öle, Verpackungsmaterialien). Die dritte Gruppe untersucht Nahrungsmittel und ihren landwirtschaftlichen Anbau. Hierbei geht es zum Teil um schon heute produzierte Nahrungsmittel, zum Teil aber auch um Optionen für eine zukünftige Versorgung mit Nahrungsmitteln und die sich hieraus ergebenden Konsequenzen für die Umwelt (z.B. Proteinversorgung mit biotechnologisch hergestelltem Eiweiss).

Die Tab. 3-5 (ab Seite 36) gibt einen Überblick zu verschiedenen Anwendungsbeispielen. Die ausgewerteten Arbeiten zu Ökobilanzen untersuchen oft nur einen Teil des gesamten Lebensweges. Für weitergehende Untersuchungen müssten die fehlenden Abschnitte evtl. noch ergänzt werden. Ökobilanzen, die auch den Konsum mit berücksichtigen, gibt es bisher kaum. Ein Ansatz ist die Untersuchung für Bier von Peter (1996). Aus anderen Untersuchungen ist aber bekannt, dass dann auch die Emissionen von Stickstoff und Phosphor in die häuslichen Abwässer durch die menschlichen Ausscheidungen eine wichtige Rolle spielen (Baccini *et al.* 1993).

Die Arbeiten werden in Kapitel 3.2.5 (Tab. 3-5) hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit für die eigene Untersuchung von Nahrungsmitteln mit einer Ökobilanz eingestuft. Voraussetzung für eine Weiterverwendung von Literaturdaten ist, dass die Sachbilanz (life-cycle-inventory oder LCI) in der Veröffentlichung nachvollziehbar dokumentiert wurde. Es sollte vor allem für ausländische Untersuchungen möglich sein, diese um Schweiz-spezifische Daten zu ergänzen und die Daten eigenständig weiterzuverarbeiten und neu zu berechnen

Leider werden vor allem in Zeitschriften und Kongressberichten oft nur die zusammengefassten Daten nach dem Bewertungsschritt wiedergegeben. Es ist nur schwer möglich, diese Ergebnisse für weitere Untersuchungen zu verwenden. Untersuchungen in der Lebensmittelindustrie sind oft vertraulich und die Daten werden deshalb nicht weitergeben. Die aufgewendete Arbeit kann somit zu weitergehender Forschung nicht beitragen. In Zukunft sollte es verstärkte Anstrengungen zum Austausch der Sachbilanzdaten von Ökobilanzen geben.¹⁰

¹⁰ Innerhalb des LCA network food gibt es eine Arbeitsgruppe die hierzu Vorschläge erarbeitet (www.sik.se/sik/affomr/miljo/lcanetf.html).

3.2.2.1. Relevanz verschiedener Produktionsstufen im Lebensweg von Nahrungsmitteln

Eine wichtige Frage zur Bilanzierung von Nahrungsmitteln ist, welche Stufen im Lebensweg besonders wichtig sind. Hierzu werden im Folgenden einige Arbeiten ausgewertet.

Um die Relevanz verschiedener Produktionsstufen zu bestimmen wird in Abb. 3-2 der Anteil des Energieverbrauchs in unterschiedlichen Abschnitten des Lebensweges für verschiedene Nahrungsmittel verglichen. Der Energieverbrauch wird in vielen Ökobilanzarbeiten ausgewiesen und es war somit hier einfach auf diesen Indikator zurückzugreifen. Hierzu wurden Daten aus verschiedenen Untersuchungen zusammengefasst (Andersson *et al.* 1998b, Bernhard & Moos 1998, Geier *et al.* 1997, Kjer *et al.* 1994, Maillefer 1996b, Møller *et al.* 1996, Patyk & Reinhardt 1997).

Wie die Grafik zeigt, ist eine generelle Aussage darüber, welcher Abschnitt im Lebensweg besonders wichtig ist, kaum möglich. Die Auswertung anderer Umweltbelastungen kann unter Umständen ein völlig anderes Bild ergeben. Ausserdem untersuchen nicht alle Studien alle Verarbeitungsstufen im gleichem Detail bzw. mit den gleichen Systemgrenzen. Hierdurch können sich gewisse Verschiebungen ergeben.

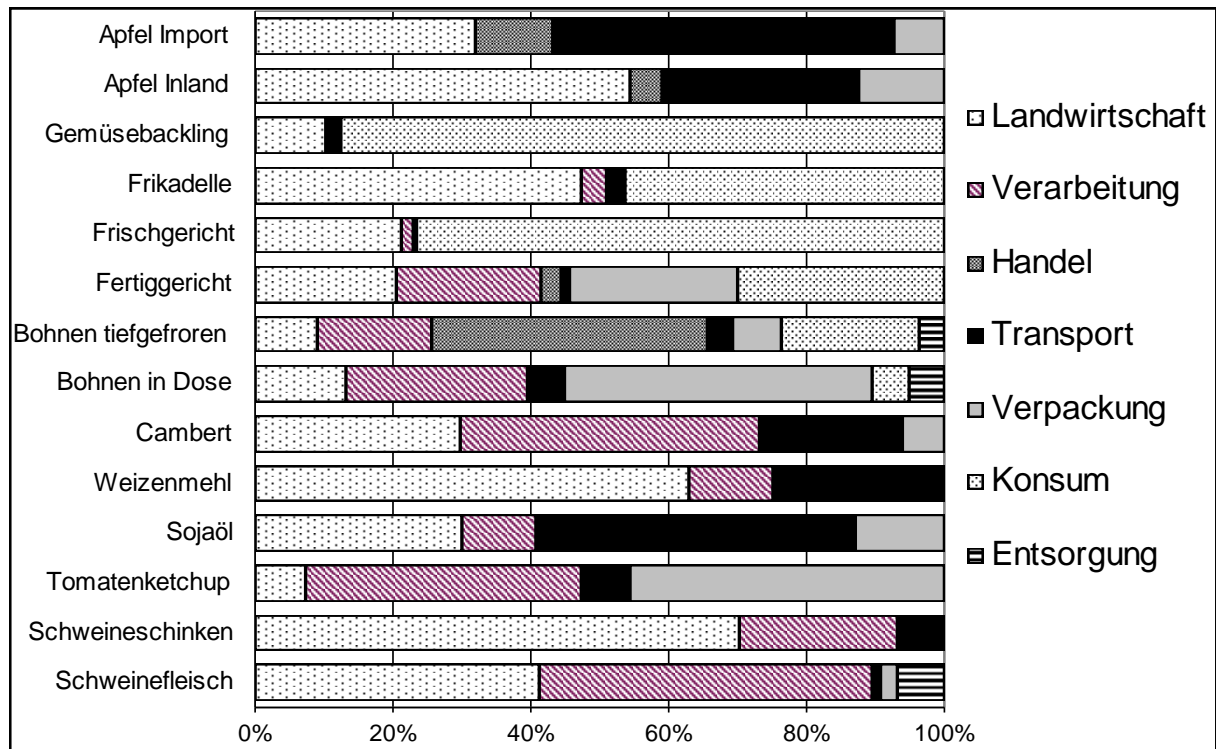


Abb. 3-2 Anteile des Energieverbrauchs in verschiedenen Abschnitten des Lebenszyklus am Gesamtverbrauch für die Nahrungsmittelproduktion.

Es gibt die generelle Tendenz, dass mit höherem Verarbeitungsgrad der Lebensmittel auch die Verarbeitung einen relevanten Beitrag zu den Umweltbelastungen darstellt. Erfolgt der Transport durch die Käufer mit einem PKW kann dies zu wesentlich höheren Umweltbelastungen beitragen. Auch die Phase des Konsums ist bei Nahrungsmitteln, die gekocht bzw. gekühlt werden müssen, für die Umweltauswirkungen relevant.

Blonk *et al.* (1997) haben verschiedene Nahrungsmittel in Ökobilanzen untersucht. Für tierische Produkte wurden die Umweltfolgen vor allem in der Landwirtschaft verursacht. Nur bei relativ hoch verarbeiteten Produkten spielen nachgelagerte Verarbeitungsschritte eine wichtige Rolle. In den Wirkungskategorien Verbrauch abiotischer

Ressourcen, Humantoxizität und Sommer- bzw. Wintersmog stehen die Umweltfolgen in direkter Korrelation mit dem Energieverbrauch. Umweltwirkungen in den Kategorien Eutrophierung, Ozonabbau, aquatische und terrestrische Ökotoxizität werden durch die landwirtschaftliche Praxis bestimmt.

Als Hauptumweltbelastungen werden in vielen Untersuchungen der Energieverbrauch auf Grund der Kunstdüngerherstellung und durch die Landbearbeitung, die Umweltbelastungen durch Dünger- und Pestizideinsatz und der Einfluss auf die Biodiversität genannt. In Untersuchungen zu Nahrungsmitteln, die den Lebensweg bis zum Verkauf betrachten, wird ausserdem auf die im Zusammenhang mit Transporten und Verpackung stehende Umweltbelastung verwiesen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine allgemeingültige Aussage darüber welche Abschnitte im Lebenszyklus eines Nahrungsmittels besonders wichtig sind, nicht möglich ist. Ökologisches Handeln kann also nicht dadurch vereinfacht werden, dass nur bestimmte Produktmerkmale, z.B. die Produktionsweise, als Beurteilungskriterium für die ökologische Relevanz herangezogen werden.

3.2.2.2. Ökobilanzen für verschiedene landwirtschaftliche Produktionsweisen

In der öffentlichen Diskussion zu Nahrungsmitteln wird eine biologische Anbauweise in der Regel gleichgesetzt mit einer unter Umweltgesichtspunkten idealen Anbauweise. In verschiedenen Arbeiten wurde versucht, diese These mit Energie- bzw. Ökobilanzen zu verifizieren. Im Folgenden werden eine Reihe von Arbeiten ausgewertet, die unterschiedliche Produktionsweisen verglichen haben.

In Tab. 3-3 werden die Aussagen verschiedener ökologischer Bilanzierungen für verschiedene Anbausysteme plakativ gegenübergestellt. Gezeigt werden Angaben zu den untersuchten Produkten, zur funktionellen Einheit (FE), zu den betrachteten Indikatoren für die Umweltbelastungen und eine kurze Wiedergabe zu den Schlussfolgerungen des Vergleichs. Deutlich wird, dass ein Teil der Untersuchungen Aspekte, denen für die Landwirtschaft besondere Bedeutung beigemessen wird (vgl. Kap. 3.1), bei der Beurteilung nicht berücksichtigt haben.

Ein wichtiger Unterscheidungspunkt beim Vergleich der Arbeiten ist die Wahl der funktionellen Einheit in der Untersuchung. Werden die Produktionsmethoden pro Fläche verglichen so schneidet die Bioproduktion in der Regel besser ab. Ziel der Landwirtschaft ist es aber Nahrungsmittel zu produzieren. Der Vergleich aus Sicht des Konsums muss deshalb pro produzierter Menge erfolgen.¹¹

Bei der Bilanzierung von Energie wird das Einsparungspotential der Bioproduktion durch den Verzicht auf Kunstdünger teilweise durch die geringeren Ernteerträge und den höheren Maschineneinsatz ausgeglichen. Meistens ist der Energieeinsatz pro Ertrag im direkten Vergleich dennoch für die Bioprodukte etwas geringer.

Beim Vergleich weiterer Wirkungskategorien, führt der Verzicht auf organische Pflanzenbehandlungsmittel, je nach angewandter Bewertungsmethode, zu Vorteilen in der Kategorie Toxizität. Es können sich hierbei allerdings unter Umständen auch Probleme durch die Alternativpräparate (z.B. auf Kupferbasis) die im biologischen Landbau

¹¹ Nicht berücksichtigt wird in allen untersuchten Arbeiten, dass eigentlich davon ausgegangen werden muss, dass der geringere Ertrag bei der Bioproduktion dazu führt, dass u.U. vermehrt Nahrungsmittel in eine Region importiert werden müssen und deshalb zusätzliche Transportvorgänge anfallen.

eingesetzt werden, zeigen. Ausserdem haben auch einige Emissionen der Hofdüngeranwendung toxische Effekte (NH₃).

Nachteile des Biolandbaus, die aus detaillierteren Ökobilanzen deutlich werden, sind auf den geringeren Ernteertrag und damit einen höheren Landverbrauch zurückzuführen. Die höheren Emissionen von Stickstoffverbindungen bei der Anwendung von Hofdünger im Vergleich zu Mineraldüngern, führen zu einem schlechteren Abschneiden in den Wirkungskategorien Überdüngung und Versauerung.

Viele Vorteile die im Zusammenhang mit biologischem Anbau genannt werden z.B. im Problemfeld Biodiversität, Bodenbelastung und Pestizideinsatz werden bisher nur ungenügend in den bestehenden Bewertungsmethodiken für Ökobilanzen abgebildet. Ausserdem berücksichtigt die funktionelle Einheit Gewicht qualitative Unterschiede der Bioprodukte z.B. "besserer Geschmack" und "gesundheitliche Wirkungen" nicht. In Untersuchungen wurde z.B. ein deutlich niedriger Nitratgehalt im Biogemüse und geringere Pestizidrückstände nachgewiesen. Biologisch angebaute Äpfel hatten in Vergleichsuntersuchungen einen höheren Vitamin-C Gehalt und wurden in Blind-Vergleichsverkostungen bevorzugt (Kahlmeier 1998:42).¹²

Tab. 3-3 Gegenüberstellung von Ergebnissen zum ökologischen Vergleich von Bio-, IP- oder konventionellen landwirtschaftlichen Anbaumethoden.

Produkte, Studie	Bewertungsindikatoren	FE	Rangfolge im Vergleich
Anbaugbiet für Obst und Gemüse (Geier & Köpke 1998).	Wirkungsabschätzung (Tierschutz, Landschaftsgestaltung, Trinkwasserschutz, Bodenschutz, Treibhauseffekt, Versauerung, Überdüngung, Humantoxikologie, Ressourcenabbau	5674 ha	Bio besser als konventionell
Betrieb Pflanzenbau Tierhaltung (Kalk & Hülsbergen 1997).	Energieintensität	ha, GV, GE	Bio += konventionell
Betrieb Pflanzenbau Tierhaltung (Scholz <i>et al.</i> 1995:78ff).	Energieverbrauch, Nährstoffbilanz	ha	Grosse Unterschiede zwischen den Betrieben lassen sich nicht verallgemeinerbar auf die Produktionsmethode beziehen.
Betrieb Gesamtproduktion (Rossier 1998).	Wirkungsabschätzung	ha Nahrungsenergie	Meistens Bio>IP Meistens IP>Bio Kein abschliessender Vergleich von Bio- und IP Anbau. Grosse Unterschiede der Betriebe
Brot (AkkU Umweltberatungs GmbH <i>et al.</i> 1996, Salzgeber & Lörcher 1997).	Energie, CO ₂ , Diskussion weiterer Wirkungen	kg	Bio>konventionell
Camembert (Bernhard & Moos 1998).	Eco-indicator 95	kg	Bio>konventionell
Karottenpüree (Mattson 1999).	Wirkungsabschätzung	kg	Bio > Integriert: Ökotoxizität, Schwermetalle Integriert > Bio: Überdüngung, Versauerung, Landverbrauch Bio = Integriert: Energie
Mais Winterweizen (Kloepffer <i>et al.</i> 1999, Renner <i>et al.</i>	Wirkungskategorien (Landnutzung, Treibhauseffekt, Versauerung, Überdüngung, Human- und Ökotoxikologie,	kg	Bio>konventionell=gentechnisch verändert

¹² Am FiBL werden zur Inneren Qualität von Bioprodukten Untersuchungen durchgeführt.

Produkte, Studie	Bewertungsindikatoren	FE	Rangfolge im Vergleich
1998).	Energieverbrauch, Ressourcenabbau		
Milch (Cederberg 1998).	Energie	kg	Bio>konventionell
	Wirkungsabschätzung	kg	Bio>konventionell ausser für die Emissionen von CH ₄ und Nitrat.
Rapsfruchtfolge (Mörschner <i>et al.</i> 1997).	Energieverbrauch	ha	Betriebsunterschiede grösser als Systemunterschiede, Ordnungsgemäss>Integriert= Reduziert>Extensiv (Bio)
	Energieverbrauch	kg	Keine relevanten Unterschiede
Fruchtfolge (Alföldi <i>et al.</i> 1997).	Energie	ha	Bio>konventionell
		kg	Bio>konventionell (ausser bei Kartoffeln)
Fruchtfolge (Alföldi <i>et al.</i> 1999).	Energie	kg (TS)	Meistens Bio>IP ausser Kartoffeln
	Versauerung und terestr. Eutrophierung	kg (TS)	IP>Bio für Getreideanbau
	Andere Wirkungsbilanzkategorien	kg (TS)	Meisten Bio>IP oder =
	Gesamte Fruchtfolge	kg (TS)	Meisten Bio>IP oder =
Verschiedene (Haas <i>et al.</i> 1995a, Haas <i>et al.</i> 1995b).	Energie, CO ₂	ha	Bio>>konventionell
		kg	Bio>konventionell
Verschiedene (Kjer <i>et al.</i> 1994).	Energie, CO ₂ -Äquivalente	kg	Bio>konventionell
Weinbau (Scholz <i>et al.</i> 1999).	Wirkungskategorien	ha	+ = - Schwankungen auch zwischen verschiedenen Sorten
	Eco-indicator 95		Bio > IP wg. hoher Bedeutung der Pestizide
Weizen (Gaillard & Hausheer 1997).	Wirkungsabschätzung	kg	IP>Bio>intensiv. Diese Untersuchung geht für den IP-Anbau von einer Düngung mit Thomasmehl aus und ist somit nicht repräsentativ für den durchschnittlichen IP-Anbau.
Weizen (Audsley <i>et al.</i> 1997).	Wirkungsabschätzung	kg	+ = - Keine abschliessende Zusammenfassung der Bewertung
Weizen (Treffers 1999).	Wirkungsabschätzung	Kg	Systemerweiterung „Biotreibstoff“ oder Extensivierung für gleiche Flächengrösse
	Wirkungsabschätzung	Kg	+ = -
	Eco-indicator 95	kg	Intensiv+Biotreibstoff > Extensiv+Kohlestrom

> besser als

+ = - keine klare Rangfolge beim Vergleich mehrerer Produkte

= etwa gleich

GV - Grossvieheinheiten

GE - Getreideeinheiten

Die verschiedenen in Tab. 3-3 genannten Untersuchungen zeigen in der Regel eher Vorteile für biologisch produzierte Nahrungsmittel. Sie zeigen aber auch die Vor- und Nachteile der Produktionsmethoden Biologische bzw. Integrierte Produktion auf. Die konventionelle Produktion schneidet bei den meisten Vergleichen relativ schlecht ab. Wichtig Punkte für die Beurteilung sind in allen Untersuchungen:

- Wahl der funktionellen Einheit.
- Ertragsniveau der Produktion.
- Berücksichtigung der Fruchtfolge.
- Bilanzierung des Düngemittleinsatzes.
- Bewertung des Pestizideinsatzes.

Eine abschliessende Bewertung auf Grund von Ökobilanzen, die klar für die eine oder andere Anbauvariante (IP bzw. Bio) spricht, erscheint auf Grundlage der gezeigten Einzelbeispiele zur Zeit nicht möglich. Es wird auch deutlich, dass es für alle Anbauweisen auf Grund bestehender Unterschiede zwischen einzelnen Betrieben noch Möglichkeiten zur ökologischen Optimierung gibt. In Kapitel 3.2.4 wird aufgezeigt, dass mit Ökobilanzen z.Zt. nur ein Teil der umweltrelevanten Aspekte für die Beurteilung landwirtschaftlicher Produktionsweisen abgedeckt wird. Der Einbezug weiterer Kriterien, die bisher nicht in der Ökobilanz berücksichtigt werden, führt heutzutage zu einer insgesamt positiveren Einstufung der Bioproduktion.

3.2.2.3. Transporte von Nahrungsmitteln und regionale Produktion in der Ökobilanz

Transportvorgängen wird in vielen ökologischen Betrachtungen besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Als Gegentrend hierzu wird die Regionalisierung des Nahrungsmittelkonsums propagiert. Dies ist nicht in allen Fällen gerechtfertigt.

Die zunehmende Globalisierung und die hierdurch erforderlichen Transporte von Lebensmitteln werden für eine Zunahme des Energieverbrauchs auf Grund der Bereitstellung von Nahrungsmitteln verantwortlich gemacht. Als ökologisch sinnvoller Gegentrend wird deshalb von einigen AutorInnen die "Regionalisierung" der gesamten Nahrungsmittelkette postuliert (Hofer *et al.* 1997, Scholz *et al.* 1998:104). Einige Lebenszyklusuntersuchungen zum Energieverbrauch bzw. zu den Umweltbelastungen hatten speziell die transportbezogenen Umweltbelastungen im Visier (Böge 1995, Carlsson 1997, Dinkel *et al.* 1997, n.n. 1992, Probst 1998, Stadig 1998, Zamboni 1994).

Die Höhe der Umweltbelastungen der Transporte hängt nicht nur von der direkten Entfernung zwischen Produktionsort und Verbrauchsort ab. Mitentscheidend sind die Art des Transportmittels, die Auslastung insbesondere bei der Feinverteilung (Sammlung vom Hof oder Transport zum Haushalt mit dem PKW) und die "versteckten" Transporte durch Umschlag zwischen verschiedenen Verarbeitungsstufen. Besonders umweltbelastend sind Transporte mit dem Flugzeug.

Für KonsumentInnen sind die Umweltbelastungen nicht leicht abzuschätzen. Zamboni (1994) geht davon aus, dass tiefgekühlte Produkte (z.B. Fleisch aus Übersee) mit dem Schiff transportiert werden, während frische Produkte geflogen werden. Andere Quellen berichten, dass auch frisches Fleisch vakuumverpackt und gekühlt mit dem Schiff transportiert werden kann (n.n. 1997a). Der Unterschied beim Transport aus Neuseeland ist beträchtlich. Schon der Transport mit dem Schiff verbraucht sechs mal mehr Energie als die Herstellung einer kleinen Portion Fleisch, mit dem Flugzeug ist es das 48-fache.

Eine weitere Schwierigkeit bei der Beurteilung durch KonsumentInnen sind die "versteckten" Transporte, die sich nicht ohne weiteres auf Grund der Angaben auf der Verpackung erkennen lassen. So stammt z.B. ein Grossteil des Rindfleisches, das als *Bündner Fleisch* aus der Schweiz in die Europäische Gemeinschaft exportiert wird, aus südamerikanischen Viehbeständen.¹³

Sekundäre Transporte von Futtermitteln können ebenfalls einen grossen Einfluss auf die Ökobilanz haben. Wird z.B. das Futter für Tiere importiert so ist die transportierte Menge unter Umständen mehrfach höher als wenn das Endprodukt importiert wor-

¹³ "Zähes Bündner Fleisch" von Ch. Sauter im Tages-Anzeiger, Zürich, S. 7, 15.6.98.

den wäre. Bei der Betrachtung des gesamten Lebensweges haben Transportvorgänge allerdings in vielen Fällen (ausser bei den oben angedeuteten Ferntransporten) eine untergeordnete Bedeutung (Kjer *et al.* 1994).

Stadig (1998) zeigt, dass sich die Produktionsbedingungen in verschiedenen Ländern unterscheiden können. Hier schneidet der regionale Produkt (Apfel) insgesamt am besten ab. Unter Umständen können aber bessere Produktionsbedingungen auch transportbedingte Umweltbelastungen aufwiegen.

Probst (1998) hat Brot aus unterschiedlichen Produktionssystemen verglichen. Der Transport hat dabei nicht die erwartete, wichtige Rolle eingenommen. Die Umweltbelastungen hängen von verschiedenen Faktoren ab, so dass das regionale Produkt nicht per se über die vorteilhafteren ökologischen Qualitätsmerkmale verfügt (Probst 1998:IV). Für den Anbau des Getreides (ohne Transport) wurde abgeschätzt, dass die Produktion in Kanada dank höheren Erträgen und geringerem Maschineneinsatz deutlich weniger Umweltbelastungen verursacht als die Schweizer Varianten (Probst 1998:101). Transporte in der Region werden mit kleineren Fahrzeugen durchgeführt. Die Umweltbelastungen der regionalen Produkte sind auf Grund der geringeren Effizienz dieser Fahrzeuge nicht deutlich unterschiedlich im Vergleich zu einem Schweizer Produkt (Probst 1998:111). Insgesamt werden für das regionale Produkt noch verschiedene Möglichkeiten zur ökologischen Optimierung gesehen.

Transporte sind nicht nur im Zusammenhang mit Importen beachtenswert, wie das Beispiel der Vermarktung von Schweizer Salat in China zeigt. Um die Überproduktion zu verkaufen, wird Salat von der Schweizer Gemüse Union mit dem Flugzeug nach Shanghai transportiert und dort an zahlungskräftige ChinesInnen verkauft.¹⁴

Als Fazit der verschiedenen Untersuchungen kann gesagt werden, dass regionale Produkte nicht per se über die bessere Umweltbilanz verfügen. Vielmehr muss die gesamte Produktion bis zum Konsumenten betrachtet werden und alle Optimierungsmöglichkeiten müssen über den Lebensweg betrachtet ausgeschöpft werden. Unter Umständen lohnt sich dann auch ein etwas weiterer Transportweg, wenn die Anbaubedingungen dadurch entscheidend verbessert werden können.

3.2.2.4. Ökobilanzierung von Gemüseprodukten

Im Folgenden werden verschiedene Ökobilanzen für Gemüseprodukte ausgewertet.

Andersson *et al.* (1998b) haben in einer Ökobilanz Tomatenketchup untersucht. Ziel war die Identifizierung der für verschiedene Umweltfolgen bestimmenden Abschnitte im Lebensweg. Unterschieden wurden die Landwirtschaft, die Lebensmittelverarbeitung, der Transport, Verpackung, Handel und Konsum.

Es zeigte sich, dass der Energieverbrauch beim Konsum (Kühlschrank) einen wesentlichen Anteil am Gesamtverbrauch hat. Dies gilt insbesondere für das Szenario mit einer angenommenen Lagerung von einem Jahr. Die Landwirtschaft verursacht die grössten Umweltfolgen in der Kategorie Überdüngung. Für ökotoxikologische Folgen ist sie ebenso bedeutend wie Verarbeitung und Verpackung. Für viele andere Umweltschäden sind die Verpackung und die Lebensmittelindustrie die Abschnitte mit den höchsten Belastungen. Transporte verursachen relativ hohe NO_x Emissionen.

Gysi & Reist (1990) und Jolliet (1993) haben die Umweltfolgen verschiedener Verfahren zum Tomatenanbau verglichen. Der Energiebedarf für die Heizung von Gewächsh-

¹⁴ "Auf den Salatkopf gefallen" von B. Müller in FACTS Nr. 33 vom 13.8.98.

häusern zur Tomatenproduktion übersteigt den Bedarf für Transporte auch aus grosser Distanz bei weitem (ausser beim Transport per Flugzeug). Verursacht wird der hohe Energiebedarf vor allem durch die Beheizung der Gewächshäuser. Künstliche Beleuchtung führt, trotz höherer Produktivität, zu einem erhöhten Energiebedarf.

Die Hors-sol (ohne Erde) Produktion bei der Gemüse unter genau definierter Nährstoffversorgung auf einem künstlichen Substrat angebaut wird schneidet etwas besser als der normale Gewächshausanbau ab. Positiv beim Hors-sol Anbau ist ausserdem der deutlich geringere Pestizideinsatz und die geringere Wasserbelastung bei geschlossenen Kreisläufen. Aus energetischer Sicht ergibt sich folgende Reihenfolge für Tomatenprodukte (Jolliet 1993):

1. Inland/ Freiland.
2. Import/ Freiland.
3. Inland/ ungeheizte Tunnel.
4. Import/ ungeheizte Tunnel.
5. Inland/ Hors-sol.
6. Import/ Hors-sol.
7. Inland/ Gewächshaus.

Wichtige Faktoren und Unterscheidungskriterien bei der ökologischen Beurteilung von Gemüseprodukten sind nach der Auswertung verschiedener Arbeiten:

- Anbauweise (Bio, IP, konventionell, Gewächshaus),
- Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden,
- Transporte und die Konsumphase.

3.2.2.5. Ökobilanzierung von Fleischprodukten

Im Folgenden werden Ökobilanzen für Fleischprodukte ausgewertet. Die Bewertung der Umweltbelastungen durch die Fleischproduktion hängt wesentlich von den betrachteten Umwelteinwirkungen ab. Eine Energiebilanzierung führt zu deutlich anderen Ergebnissen als eine wirkungsorientierte Bewertung.

Vold & Møller (1995) haben die Umweltbelastungen durch die Produktion von Schweine- und Lammfleisch in einer Ökobilanz verglichen. Sie geben in der Arbeit detaillierte Angaben zum Produktionssystem und Allokationsregeln. Die Futterherstellung und Zucht war bei einer Bewertung mit der Methode Eco-scarcity am umweltbelastendsten (Baumann 1992). Die Hauptemissionen von N und P stammen aus der Anwendung des Hofdüngers und machen über 90% bei der Bewertung aus. Die Bewertung mit der Methode EPS (Steen 1996) weist hingegen CO₂ Emissionen und Energieverbrauch die höchste Bedeutung zu. Die Produktion von Lammfleisch verursacht deutlich höhere Emissionen als die von Schweinefleisch. Die Tierproduktion in der Landwirtschaft ist auch bei der Betrachtung des gesamten Lebensweges dominierend für die Umweltbelastungen.

Møller & Høgaas (1997) vergleichen die kombinierte Milch/Fleischproduktion in einer Ökobilanz mit alleiniger Herstellung von Rindfleisch. Die Allokation zwischen Fleisch und Milch wird dabei auf Grund einer Ernährungsbedarfsuntersuchung vorgenommen. Die Allokationsfaktoren stimmen fast mit einer ökonomischen Allokation überein. Ausgewertet wurden die Umweltbelastungen auch mit der Methode der ökologi-

schen Knappheit. Als Hauptumweltbelastungen werden Phosphat und Stickstoffemissionen ins Wasser auf Grund der Dungablagerung auf der Weide identifiziert. Die N-Emissionen sind etwa so hoch wie bei der Lammfleischproduktion. Für die Produktion von Rindfleisch wird deutlich mehr Phosphat emittiert als für Lamm- und Schweinefleischproduktion (im Quervergleich mit Vold & Møller (1995)). Somit ergibt sich bei der Betrachtung der Nährstoffemissionen eine andere Reihenfolge im Vergleich als bei der Betrachtung des Energieverbrauchs.

Die kombinierte Milch/Fleischproduktion verursacht etwas geringere Nährstoffemissionen als die reine Fleischproduktion. Ein weiterer wichtiger Punkt ist der Energieeinsatz auf Grund der Verwendung landwirtschaftlicher Maschinen. Zur Verringerung der Umweltbelastungen wird eine extensive Viehhaltung befürwortet. Toxische Effekte durch den Pestizideinsatz für den Anbau von Futtermitteln wurden offenbar von Møller & Høgaas (1997) nicht bewertet.

Werner & Jans (1994) haben die gesamten Umweltbelastungen durch Viehzucht in der Schweiz abgeschätzt. Wiedergegeben werden aggregierte Daten für die gesamte Landwirtschaft und hierzu errechnete Szenarien. In der Arbeit von Blonk *et al.* (1997) wird die Produktion von Schweinefleisch untersucht. Die Umweltbelastungen werden fast ausschliesslich durch die Landwirtschaft verursacht. Die Weiterverarbeitung ist hingegen fast vernachlässigbar. Zusammenfassend können folgende Haupteinflussfaktoren für die in der Tierproduktion entstehenden Umweltbelastung identifiziert werden:

- Herstellung der Futtermittel und hierbei entstehende Emissionen durch die Düngenanwendung.
- Direkte Treibhausgasemissionen der Tiere.
- Emissionen durch die Lagerung und Entsorgung des Dungs.
- Bei im Stall gehaltenen Tieren ist der Energieverbrauch für Belüftung und Heizung relevant.
- Nachgelagerte Emissionen durch die Schlachtung, Verarbeitung und Handel haben eine eher geringe Bedeutung.

3.2.3. Ökobilanzen als Beurteilungskriterium bei der Vergabe von Produktlabels

Die Vergabe von Ökolabels ist eine wichtige Orientierungshilfe für Kaufentscheidungen. Eine Vergabe auf Grundlage einer quantitativen Lebenszyklusbewertung erscheint sinnvoll aber zur Zeit noch schwer durchführbar.

Von Kahlmeier (1998) wird die Etablierung eines Kennzeichnungssystemes und eines System zur Qualitätssicherung für landwirtschaftliche Produkte als Massnahme zur Erhöhung der Produktewahrheit für KonsumentInnen vorgeschlagen. Ökobilanzen können als Grundlage dienen um Kriterien für die Vergabe von Produktlabels zu erarbeiten. Vorschläge hierzu gibt es in verschiedenen Studien. Von Seiten der Europäischen Union gibt es das Bestreben, zur ökologischen Zertifizierung von Produkten einheitliche Richtlinien zu erarbeiten (Udo de Haes *et al.* 1997).¹⁵ In einem Artikel untersuchen Udo de Haes *et al.* (1997) die Möglichkeiten, die sich hierzu für Lebensmit-

¹⁵ Auch van Ravenswaay und Blend untersuchen das Innovationspotential von Ökolabels (www.pmac.net/vaanra.htm).

telprodukte ergeben. Sie unterscheiden dabei zwei Ansätze der ökologischen Zertifizierung:

- Produktbezogene Betrachtung über den Lebensweg (Ökobilanz),
- Betriebsbezogene Zertifizierung unter Berücksichtigung aller internen Produktionsabläufe (Öko-Audit).¹⁶

Bisherige Ansätze zur ökologischen Zertifizierung verfolgen dabei oft eine Mischung verschiedener Ansätze. Sie betrachten meistens nur die landwirtschaftliche Produktion und blenden den weiteren Lebensweg aus. In der Regel wird ein Label dann vergeben, wenn bestimmte Vorgaben bei der landwirtschaftlichen Produktion eingehalten werden. Um ökologische Optimierungen zu erreichen, erscheint es aber sinnvoll alle Abschnitte des Lebensweges im Auge zu behalten.

In ihrem Artikel sehen Udo de Haes *et al.* (1997) die Hauptsteuerungsmöglichkeiten im Bedürfnisfeld Ernährung beim Lebensmittelhandel, da dieser sowohl auf die Akteure der Vorkette als auch auf die KonsumentInnen Einflussmöglichkeiten hat. Für die Zertifizierung halten sie einen betriebsbezogenen Ansatz für geeigneter, da dies den beteiligten Unternehmen bessere Möglichkeiten zur Profilierung bietet. Ausserdem weisen sie auf die Schwierigkeiten eines produktbezogenen Ansatzes unter Erstellung von Ökobilanzen über den gesamten Lebenszyklus hin. Folgende Argumente sprechen für bzw. gegen eine Lebenswegbetrachtung:

- + Die relevanten Umweltbelastungen werden besser erfasst.
- + Quervergleiche zwischen verschiedenen Produkten werden möglich wenn die Umweltbelastung mit einem geeigneten Indikators quantifiziert wird.
- + Lebenszyklusbetrachtungen sind ein geeignetes Instrument zur ökologischen Optimierung auf Ebene der KonsumentIn.
- Es sind sehr viele Vereinfachungen auf den Vorstufen notwendig.
- Relevante betriebsinterne Unterschiede lassen sich kaum erfassen.

Folgende Gründe sprechen für bzw. gegen eine betriebsbezogene Zertifizierung:

- + Unterschiede auf Betriebsebene werden besser erfasst.
- + Quantitative und Qualitative Aussagen können nebeneinander stehen.
- + Attraktiver für die Produktionsstätten.
- + Einfacher für den Handel.
- Keine differenzierte Bewertung durch die VerbraucherInnen möglich.
- Es ist kein absoluter Vergleich zwischen den Umweltbelastungen verschiedener Produkte möglich, da nicht Messgrößen als Ergebnis erstellt werden.
- Keine kontinuierlichen Verbesserungen, da das Erreichen eines bestimmten Standards ausreicht.
- Transporte werden nicht direkt berücksichtigt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es auch künftig schwierig sein wird, Labels für Lebensmittel auf Grundlage einer Ökobilanz zu verteilen. Bestehende Zertifizierungsansätze sollten jedoch dahingehend erweitert werden, dass Umweltfolgen verschiedener Verarbeitungsstufen, gewichtet zu einander, betrachtet werden. Auch

¹⁶ Weitere Informationen zu der Methodik des Öko-Audits gebe ich in Kapitel 3.3.2.

zukünftig wird dies jedoch eher durch eine Zertifizierung der beteiligten Betriebe möglich sein. Vor- bzw. nachgelagerte Transporte sollten im Öko-Audit des Betriebes ausgewiesen werden, der sie bezahlt.

3.2.4. Möglichkeiten und Grenzen der Wirkungsabschätzung

Im Folgenden werden die Möglichkeiten und Grenzen der Ökobilanzierung zur Beurteilung von Umweltfolgen im Lebensweg eines Nahrungsmittels aufgezeigt. In der weiteren Arbeit soll eine geeignete vollaggregierende Methode zur Wirkungsabschätzung genutzt werden. Die Grenzen einer solchen Bewertung werden deshalb diskutiert. Am Schluss des Kapitels wird die Bewertung in der Ökobilanz, anderen Arten der Beurteilung landwirtschaftlicher Produkte gegenübergestellt. Hierbei wird deutlich, dass Ökobilanzen nur eine Sichtweise zur Bewertung des Themas Umwelt liefern können.

Mit Hilfe der Ökobilanzierung ist es möglich, die Umweltbelastungen eines Produktes über den Lebensweg zu erfassen und auszuwerten. Für eine Entwicklung in Richtung Nachhaltigkeit¹⁷ kann diese Methode wichtige Hinweise für eine Verringerung von Umweltbelastungen geben. Hilfreich ist die Methode vor allem dann, wenn relativ unterschiedliche Arten von Umweltbelastungen gegeneinander abgewogen werden müssen, um Entscheidungen zu treffen. Ökobilanzen helfen dabei, versteckte Umweltbelastungen eines Produktes aufzudecken.

Für die Untersuchung im Rahmen dieser Arbeit ist es notwendig alle Umweltbelastungen mit einem Indikator zu bewerten, also eine vollaggregierende Wirkungsabschätzung¹⁸ durchzuführen. Zwei wichtige Methoden werden im Folgenden vorgestellt.

Die Bewertungsmethode Eco-indicator 95 fasst Emissionen in die Umwelt zunächst in verschiedenen Wirkungskategorien zusammen. Abb. 3-3 zeigt die verschiedenen Schritte der Methode. Die Originalmethode unterscheidet dabei folgende Kategorien: Überdüngung, Krebserregende Substanzen, Ozonabbau, Pestizide, Photosmog, Schwermetalle, Treibhauseffekt, Versauerung und Wintersmog. Nach der wirkungsbezogenen Aggregation erfolgt eine Normalisierung mit den Gesamtemissionsdaten für europäische Verhältnisse. In einem letzten Schritt wird die potentielle Gefährdung auf Grund der unterschiedlichen Umweltprobleme mit Gewichtungsfaktoren abgeschätzt und damit vergleichbar gemacht (Goedkoop 1995).¹⁹ Die Methode wurde inzwischen um die Wirkungskategorien „Radioaktive Substanzen“ und „Energieressourcen“ erweitert (Braunschweig *et al.* 1997, Müller-Wenk 1998a).

¹⁷ Ein Vorschlag zur Berücksichtigung weiterer, qualitativer Aspekte der Nachhaltigkeit in Ökobilanzen wurden von Andersson *et al.* (1998a) veröffentlicht.

¹⁸ In der Normung für Ökobilanzen wird eine vollaggregierende Bewertung für veröffentlichte Ökobilanzen ausgeschlossen (International Organization for Standardization (ISO) 1998).

¹⁹ Auf www.pre.nl/eco-ind.html wird eine ausführlichere Beschreibung der Methode gegeben.

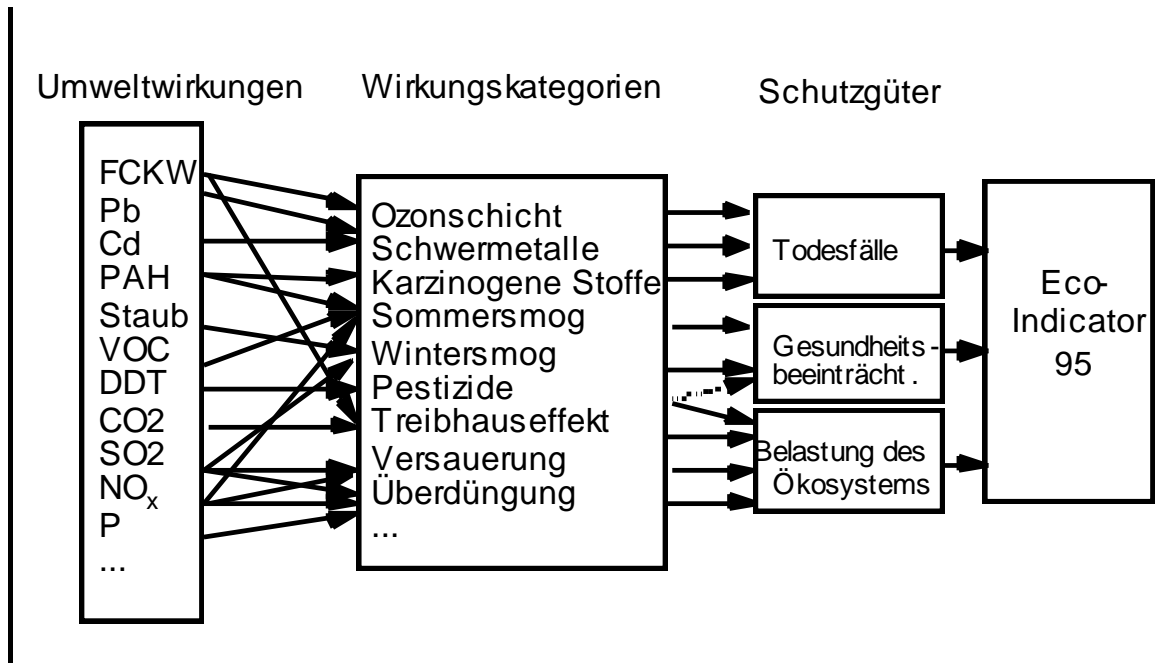


Abb. 3-3 Die Bewertungsschritte zur Wirkungsabschätzung mit dem Eco-indicator 95.

Die Methode „Umweltbelastungspunkte“ wurde im Auftrag des Schweizerischen Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) entwickelt (Brand *et al.* 1998). *„Die Methode der ökologischen Knappheit ermöglicht eine vergleichende Gewichtung verschiedener Umwelteinwirkungen mittels sogenannter Ökofaktoren. Bewertet werden die Emission verschiedener Substanzen in die Luft, in die Oberflächengewässer und in Boden/Grundwasser sowie der Verbrauch von Energieressourcen. Die Ökofaktoren werden aus den gegenwärtigen Umweltbelastungen (aktuelle Flüsse) und den als kritisch erachteten Belastungen (kritische Flüsse) berechnet. Der aktuelle Fluss wird aus den neusten verfügbaren Daten ermittelt. Der kritische Fluss wird aus wissenschaftlich begründeten Zielen der schweizerischen Umweltpolitik abgeleitet.“* (Brand *et al.* 1998).

Aufbauend auf dem Eco-indicator 95 wurde die Bewertungsmethode Eco-indicator 99 entwickelt (Goedkoop *et al.* 1998, Goedkoop & Spriensma 1999). Auch für diese Methode wird zunächst eine Charakterisierung verschiedener Umwelteinwirkungen durchgeführt. Allerdings wird hierbei auch die Verteilung der Schadstoffe in der Umwelt und der verursachte Schaden modelliert. Die Modellierung erfolgt für die drei Schutzgüter Menschliche Gesundheit, Ökosystemqualität und Ressourcenverbrauch. Eine Gewichtung zwischen den drei Schutzgütern erfolgt auf Grundlage eines Panels. Dabei werden unterschiedliche Perspektiven der Umweltbewertung auf Grundlage der „Cultural Theory“ getrennt modelliert (Goedkoop *et al.* 1998, Goedkoop & Spriensma 1999, Hofstetter 1998). Abb. 3-4 zeigt einen Überblick zu den Modellierungsschritten für den Eco-indicator 99.

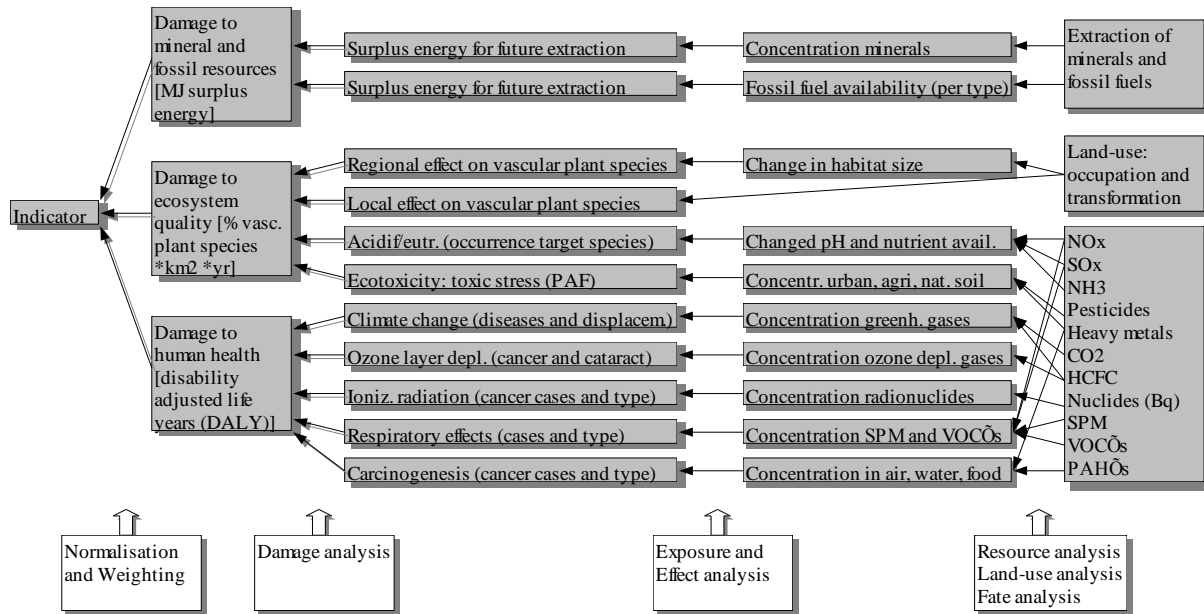


Abb. 3-4 Übersicht zu verschiedenen Modellierungsschritten des Eco-indicator 99. Weisse Kästchen beschreiben wesentliche Schritte; Andere Kästchen beschreiben (Zwischen) Resultate der Methode (Goedkoop & Spriensma 1999:11).

Mit Ökobilanzen können zur Zeit nicht alle ökologisch wichtigen Folgen aus dem Produktlebensweg erfasst werden. Nicht erfasst werden mit den dargestellten Methoden der vollaggregierenden Wirkungsabschätzung folgende ökologische Belastungen, die insbesondere bei der Beurteilung landwirtschaftlicher Produkte relevant sein können. In den Fussnoten werden Ansätze zur Bearbeitung dieser ökologischen Auswirkungen genannt:

- Beurteilung des Flächenverbrauchs nach den Kriterien Biodiversität, Nutzung von Ressourcen, Erholungswert oder anderen Kriterien.²⁰
- Nutzung und Schädigung des Bodensystems. Insbesondere Aspekte des Ressourcenabbaus z.B. durch Erosion oder irreversible Schädigung werden nur zum Teil betrachtet.²¹
- Die Übernutzung der Ressource Wasser wird nicht betrachtet. Etwa drei viertel des jährlichen pro-Kopf Wasserverbrauchs von etwa 1400 bis 1800 m³ wird für die Nahrungsmittelproduktion benötigt. Die Ressource ist in der Schweiz noch ausreichend verfügbar. In anderen Ländern kommt dem Wasser aber eine für die Produktion limitierende Bedeutung zu. Auf Grund steigenden Nahrungsmittelbedarfs bei gleichbleibender Verfügbarkeit der Ressource wird sich dieses Problem zukünftig eher verschärfen (Zehnder 1999).
- Übernutzung von biotischen Ressourcen, z.B. Überfischung.

²⁰ Vorschläge zum Einbezug der Landnutzung wurden von verschiedenen AutorInnen erarbeitet. Z.B. (Fehrenbach 1998, Knoepfel 1995b, Köllner 1998, 1999, Mattson *et al.* 1998, Müller-Wenk 1998b).

²¹ Verschiedene Aspekte der Bodenschädigung werden von Schorb *et al.* (1998:172ff) ausführlich diskutiert. Auch von Scholz *et al.* (1998:112) werden verschiedene Varianten der Bodenbearbeitung untersucht und diesem Thema wichtige Bedeutung zugemessen. Die AutorInnen entwickeln hierfür einen Bodenschonungsindex zum Vergleich verschiedener Arbeitsschritte der Bodenbearbeitung.

□ Einsatz von Pestiziden, Hierzu gibt es bereits verschiedene Methoden zur Bewertung einiger Pestizide. Auf Grund der Vielzahl von Substanzen ist eine genaue Bestimmung des toxischen Potentials unter Einbezug des Substanzmetabolismus schwierig. Bisher hat sich aber noch kein allgemein akzeptierter Standard herausgebildet.²²

□ Lärm.²³

In der öffentlichen Diskussion werden ausserdem häufig noch folgende Auswirkungen erwähnt, die allerdings nach gängiger Vorstellung nicht in der Ökobilanz bewertet werden müssen:

□ Bei der Betrachtung von Nahrungsmitteln gibt es eine Reihe von möglichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit die direkt auf Grund des Konsums möglich sind. VerbraucherInnen bewerten diese möglichen Auswirkungen in der Regel mit (Bundesamt für Gesundheit 1998:118ff).

□ Die Vor- und Nachteile von Massentierhaltung oder artgerechter Tierhaltung werden nicht bewertet.²⁴

□ Der Einsatz von gentechnisch veränderten Organismen wird bisher nicht bewertet, da ein Schaden zwar befürchtet aber bisher noch nicht beobachtet und quantifiziert wurde.²⁵

In Tab. 3-4 wird der Versuch unternommen, die Prioritäten verschiedener Akteure bei der Beurteilung der Landwirtschaft unter ökologischen Gesichtspunkten einander gegenüberzustellen. Hierzu wurden die Aussagen zu Nachhaltigkeit aus Sicht der Politik und zu den prioritären Aufgaben aus Sicht der KonsumentInnen in eine Rangfolge gebracht und in die Tabelle eingeordnet. Ergänzt wird dies durch die Sicht der Ökobilanzierer, wie sie sich auf Grund der Auswertung einer Reihe von Studien ergibt. Deutlich wird auch hierbei, dass Ökobilanzen einige wichtige Themen nur unzureichend abbilden können.

Die methodische Weiterentwicklung des Instruments Ökobilanz sollte zukünftig das Ziel verfolgen, die oben genannten Umweltprobleme adäquat in der Bilanzierung und Bewertung abzubilden. Hierdurch ergibt sich das Problem, dass mit den heutigen Methoden entwickelte Aussagen zu einem ökologisch optimierten Verhalten nur den Stand des heutigen Wissens wiedergeben können. Durch zukünftige wissenschaftliche Erkenntnisse müssen diese Empfehlungen unter Umständen angepasst werden. Entsprechend kann dies auch zu revidierten Aussagen für ein ökologisches Verhalten führen. Ergebnisse von Ökobilanzen sollten deshalb nicht unter dem Anspruch einer endgültigen Aussage kommuniziert werden. Die vorgestellten Methoden zur vollaggregierenden Wirkungsabschätzung können aber potentielle Möglichkeiten, für ökologische Verbesserungen, aufzeigen.

²² Bewertungen zur Toxizität von Pflanzenschutzmitteln werden von verschiedenen Autoren vorgeschlagen (z.B. Goedkoop *et al.* 1998, Goedkoop & Spriensma 1999, Guinée *et al.* 1996, Huijbregts 1999, Jolliet & Crettaz 1997).

²³ Lärm wurde schon relativ früh in die Ökobilanzdiskussion eingebracht (z.B. Knoepfel 1995b). Bisher hat sich aber noch keine einfache Bilanzierungs- und Bewertungsmethode durchsetzen können.

²⁴ Dieses Kriterium ist nach Ansicht der KonsumentInnen eine der wichtigsten Bewertungsgrößen (vgl. hierzu Seite 31).

²⁵ Zur Beurteilung eignet sich auch eine Risikoabschätzung, unterstützt durch eine konventionelle Ökobilanz (Kloepffer *et al.* 1999, Renner *et al.* 1998).

Tab. 3-4 Prioritäten bei der Gewichtung von Umweltproblemen in der Landwirtschaft durch verschiedene Akteure.

Themen	KonsumentInnen	Politik (Schweiz)	Ökobilanzierung
Artgerechte Tierhaltung	1.	3.	Nicht bewertet.
Landschaftspflege	3.	-	Nicht bewertet.
Gesunde Ernährung	-	2.	Nicht bewertet.
Biologische Produktion	4.	-	Abhängig von Kultur und Annahmen für die Sachbilanz. Oft geringere Umweltbelastungen als IP (vgl. Kap. 3.2.2.2) aber keine Verallgemeinerung möglich.
IP Produktion	-	1.	In der Regel besser als konventionelle Produktion.
Umweltgerechte Produktion	2.	Bewertung auf Grund der Produktionsweise	Detaillierte Betrachtung.
Biodiversität	-	-	Teilweise als Wirkungskategorie berücksichtigt.
Energieverbrauch	-	-	Oft Leitparameter, geringe Bedeutung in der Wirkungsabschätzung.
Pestizidanwendung	-	-	Wichtig in der Wirkungsabschätzung.
Treibhausgasemissionen	-	-	Leitparameter, Mittlerer Einfluss in der Wirkungsabschätzung.
Düngeremissionen	-	-	Wichtig bewertet in der Wirkungsabschätzung.
Quellen	Vgl. Box 3-1, Seite 17.	(Traber 1998), Vgl. S. 17.	Eigene Auswertung verschiedener Arbeiten.

3.2.5. Literaturübersicht Ökobilanzmethodik und Anwendungsbeispiele

In zwei Arbeitspapieren wurde ein Überblick zu Forschungsgruppen erstellt die eine ökologische Bewertung von Nahrungsmitteln im weitesten Sinne durchführen (Jungbluth 1997b, 1998). Aufbauend auf einer nachfolgenden Literaturrecherche bei diesen Arbeitsgruppen, werden in diesem Kapitel eine Reihe von Forschungsarbeiten zur Ökobilanzanwendung und Methodik vorgestellt. Ziel dieser Zusammenstellung ist die Schaffung einer Arbeitsgrundlage auf Grund derer ein schneller Zugriff auf relevante Arbeiten zu bestimmten Themenstellungen (z.B. Vergleich Bio-IP) möglich ist (in Kapitel 3.2.2 wurde ein Teil der Arbeiten bereits ausgewertet). Ausserdem wird aufgezeigt inwieweit diese Untersuchungen als Datengrundlage für zukünftige Arbeiten verwendet werden können.

Arbeiten, die den Lebenszyklus bis zum Tor des Bauernhofs oder der Lebensmittelverarbeitung betrachten, werden in Tab. 3-5 und Tab. 3-8 unter "Wiege zum (Betriebs-) Tor" = WT eingeordnet. Reicht die Untersuchung von der Wiege bis zum Haushalt, so wird dies als WH abgekürzt. Arbeiten, die nur einen Abschnitt aus dem Lebensweg, z.B. die Lebensmittelindustrie, herausgreifen, werden als Tor zu Tor bezeichnet (TT). Arbeiten, die den gesamten Lebensweg abdecken, werden in der Tabelle unter WG (Wiege - Grab) eingeordnet. Arbeiten die vor allem methodische Aspekte untersuchen werden unter M eingeordnet.

Die Einschätzung der in der Literatur wiedergegebenen Daten des LCI erfolgt dabei mit einer Klassifizierung, die von (++) sehr gute Verwendbarkeit für die Schweiz, (+) gute bzw. teilweise Verwendbarkeit, (+-) eingeschränkt, auschnittsweise verwendbar, bis (-) kaum bzw. (--) gar nicht verwendbar, reicht. Literatur, die noch nicht gesichtet wurde oder deren endgültige Veröffentlichung noch aussteht, wurde als (?) markiert.

Tab. 3-5 Liste von Studien zur Methodik und Anwendung von Ökobilanzen für landwirtschaftliche Produkte und Nahrungsmittel.

Produkte	Titel und Literaturverweis	Bemerkungen, Ergebnisse und Verwendbarkeit des LCI
Äpfel	Life-cycle-assessment of apple production in Sweden, New Zealand and France (Stadig 1998).	Untersuchung in der Äpfel, die aus verschiedenen Ländern nach Schweden importiert wurden, in einer LCA mit schwedischen Produkten verglichen werden. In der Energiebilanz waren die Transportvorgänge entscheidend, so dass trotz einer weniger energieintensiven Produktion in Neuseeland diese Produkte schlechter abschnitten. Die detaillierte Betrachtung der Pestizide, zeigt gravierende Unterschiede auf Grund des eingesetzten Pestizidtyps auf. Die Lagerung auch über einen längeren Zeitraum war nicht von besonderer Bedeutung. (-, WH). Endbericht auf Schwedisch erhältlich.
Bier	Case Study "Feldschlösschen (Peter 1996).	Die Studie untersucht die Herstellung von Bier an Hand eines Fallbeispiels mit allen zugehörigen vor und nachgelagerten Prozessen. Ein Übersicht über alle beteiligten Prozesse und Emissionen wird gegeben. Es fehlen jedoch die Input-Größen und eine prozessbezogene Aufstellung. Die Weiterverwendung erscheint deshalb mühsam (+-, WG). (Eventuell wg. Betriebsgeheimnis?).
Biomasse	Ökologische Bilanzierung der Energiebereitstellung - Methodenstudie dargestellt am Beispiel der Biomasseverfeuerung (Moerschner 1995).	Ausführliche Erarbeitung einer Methodik für Ökobilanzen. (M).
Bohnen Soja Nahrungsmittel	Ökobilanzierung von Nahrungsmitteln (Maillefer 1996b, Maillefer <i>et al.</i> 1996).	Arbeitspapier zur Methodik. (M). Untersuchung zu Sojaöl basiert auf Reusser (Reusser 1994). Für Bohnen wurden verschiedene Herstellungsvarianten untersucht. (+, WG).
Brot Räucherschinken	Life Cycle Screening of Food Products - Two Examples and some Methodological Proposals (Weidema <i>et al.</i> 1995).	Weiterentwicklung der LCA Methodik und Anwendung an zwei Beispielprodukten. Erläuterungen zum LCA Screening. In der Studie wird u.a. auch die Konsumphase im Haushalt mit betrachtet. Viele Informationen zum gesamten Lebensweg werden wiedergegeben (++, WH).
Brot	Ökologische Beurteilung unterschiedlicher Produktionssysteme von Brot unter besonderer Berücksichtigung Regionaler Produktion: Ein Vergleich auf Basis der Ökobilanzierung (Probst 1998).	Diplomarbeit mit einem Vergleich des Konsums von Brot aus überregionaler bzw. aus regionaler Produktion. (++, WG).
Brot	Life Cycle Assessment of Bread Produced on Different Scales (Andersson & Ohlsson 1999).	Ökobilanz für Brot mit Schwerpunkt auf den Vergleich verschiedener Produktionssysteme (+, WH).
Brot	Produkt-Ökobilanz des Pfister-Öko-Brot (AkkU Umweltberatungs GmbH <i>et al.</i> 1996)., (Salzgeber & Lörcher 1997).	Betriebsinterne Bilanz für ein Biobrot und teilweise Vergleich mit einem konventionell hergestellten Brot. (++, WH).
Chinaschilf, Grünbrache, Grünschnittroggen, Hanf, Kenaf, Mais, Raps, Reinsaat, Torf, Wiese, Winterweizen	Beurteilung nachwachsender Rohstoffe in der Schweiz in den Jahren 1993-1996 (Dinkel & Wolfensberger 1995, Wolfensberger & Dinkel 1997).	Berücksichtigung von Vegetationszeiten und Fruchtfolgen. Beschreibung einer wirkungsorientierten Methode. Teilweise Darstellung der möglichen Fehler. Datenverarbeitung mit dem Computerprogramm EMIS. Vergleich verschiedener Anbausysteme z.B. konventionell, IP, Bio. Jedes System hat dabei Vor- und Nachteile. Viele Informationen zu einzelnen Prozessschritten in der Schweiz. Ausführliche Dokumentation des LCI. Leider wird ein Teil der Daten aus Geheimhaltungsgründen nicht veröffentlicht. Grosse Menge an Zahlenmaterial, das etwas unübersichtlich wiedergegeben wird. (++, WT).

Produkte	Titel und Literaturverweis	Bemerkungen, Ergebnisse und Verwendbarkeit des LCI
Detailhandel	Ökobilanz der Volg Konsumwaren AG (Volg Konsumwaren AG 1994).	Ökobilanz des Detailhandels. (+, TT, teilweise auch weitergehend z.B. Informationen zum Kundenverkehr).
Dünger	Düngemittel - Energie- und Stoffstrombilanzen (Patyk & Reinhardt 1997). vgl. hierzu auch: Energy and Material Flow Analysis of Fertiliser Production and Supply (Patyk & Reinhardt 1996).	Ausführliches Inventar für die Herstellung verschiedener Düngemittel für die Situation in Deutschland. Teilweise auch Daten zur Auswaschung bei der Anwendung. Auswertung verschiedener Ökobilanzen für Nahrungsmittel. (++, WT).
Dünger	Life Cycle Inventory (LCI) of Fertiliser Production: Fertiliser Products used in Sweden and Western Europe (Davis & Haglund 1999).	Inventar für die Herstellung verschiedener Düngemittel für die Situation in Schweden. (++, WT).
Ernährung	Greenhouse gas emissions related to Dutch food consumption (Kramer <i>et al.</i> 1999).	Erweiterung der Hybrid-Methode für nicht energiebedingte Treibhausgas Emissionen. Für eine Reihe pflanzlicher Produkte wurde die Emissionen von CO ₂ , CH ₄ und N ₂ O bestimmt. In der Untersuchung werden die Treibhausgasemissionen auf Grund des Nahrungskonsums in den Niederlanden bestimmt. Etwa 25% der GHG Äquivalente stammen von CH ₄ und N ₂ O. Fleischprodukte verursachen insbesondere CH ₄ Emissionen. Pflanzliche Produkte tragen zu N ₂ O Emissionen bei. Deutlich werden auch relevante Unterschiede zwischen verschiedenen Nahrungsmitteln. (--, WT). Nur Daten zur Treibhausgasintensität einer Reihe von Nahrungsmitteln (bezogen auf NGL).
Fleisch	Ökobilanzen für die Konservenindustrie - Methodenteil zum Forschungsprojekt (Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) 1992).	Beschreibung der Methodik zur Bilanzierung von Fleischprodukten. Teilweise nicht mehr ganz aktuell. (M).
Fruchtfolge Klee, Gerste, Weizen, Randen, Weizen, Kartoffeln	Ökobilanzen landwirtschaftlicher Produktionsweisen am Beispiel eines langjährigen Feldversuches (Alföldi 1998).	Vortrag zu den Ergebnissen einer Ökobilanz für einen langjährigen Feldversuch zum Vergleich integrierter und organisch-biologischer Anbauweise. (--, WT). Nur Ergebnisse der Wirkungsbilanz und einige Annahmen zur Zieldefinition.
Gerste	Development of environmental management and life-cycle assessment data into the quality management systems of Finnish farms, pilot study on barley production (Katajajuuri <i>et al.</i> 1999).	Finnish foodstuff industry decided to start the production of data on environmental burdens and potential impacts of foodstuff products and related processes, to be a part of the data basis of their Quality Management System as well as for the needs of different actors of society. LCA based environmental data production was started in a pilot study on barley production. The intention of the pilot study was to deepen the understanding of LCA application and related biological and environmental phenomena in a special case of agricultural processes, to be utilised in further LCA studies on foodstuff products. (++, WT)
Grapefruit Karotten Tomaten	Weighted Average Source Points and Distances for Consumption Origin - Tools for Environmental Impact Assessment (Carlsson 1997).	Es werden zwei Methoden entwickelt, um den durchschnittlichen Herkunftsort und die durchschnittliche Entfernung zu diesem unter Zuhilfenahme der geographischen Ortskoordinaten zu berechnen. Die Transportdistanzen können als ein Hinweis für die ökologische Bewertung dienen. Ausserdem wird eine Betrachtung der zeitlichen Verschiebung dieses durchschnittlichen Herkunftsortes für Grapefruit auf Grund sich ändernder Importländer durchgeführt. (M).

Produkte	Titel und Literaturverweis	Bemerkungen, Ergebnisse und Verwendbarkeit des LCI
Huhn Rind Schwein	Developing a Methodology to Assess Environmental Effects of Consumption Patterns (Carlsson 1994).	Vergleich des Konsums verschiedener Sorten Fleisch in Tansania und Schweden bezogen auf den pro Kopf Verbrauch. Einige Daten aus dem Produktionszyklus für Energieverbrauch und GHG Emissionen (+-, WT).
Joghurt Milch	Produktlinienanalyse eines Lebensmittels - Beispiel Joghurt aus ökologischer Erzeugung (Meier-Ploeger & Fuchs 1996).	Vorschläge zur Optimierung des Lebensweg für die untersuchten Betriebe z.B. Verpackungsmaterial und Energieerzeugung mittels Windkraft. Begleitende Untersuchung zu den gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Aspekten. (+-, WH). Einige Daten zu Energie und Luftschadstoffen. Vollständige Dokumentation in Fuchs (Fuchs 1993).
Kaffee	Produkt-Ökobilanz vakuumverpackter Röstkaffee (Fraunhofer Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung 1998)	Ökobilanz für Kaffee (?, WT).
Kaffeefilter	Ökobilanz von verschiedenen Kaffeefilter-Systemen (Richard 1996).	Keine Daten zum Anbau, nur Vergleich verschiedener Arten der Zubereitung. Eine Studie von Kraft Jacobs Suchard. Ursprünglich geplant war eine Produkt-Ökobilanz Röstkaffee: Lebensweganalyse, Schlussfolgerungen. (+-, TH).
Karottenpüree	Life cycle assessment (LCA). of carrot purée: Case studies of organic and integrated production (Mattson 1999).	Ökobilanz des gesamten Lebenszyklus für Babynahrung (++, WG).
Kartoffelkraut Kartoffeln	Life cycle analysis in agriculture: comparison of thermal, mechanical and chemical processes to destroy potato haulm (auch in Deutsch). (Jolliet 1993).	Verschiedene Verfahren zur Kartoffelkrautbeseitigung. Aber auch einige Informationen zum Kartoffelanbau. (+, TT). Energiebilanz für Kartoffelanbau evtl. weiter verwendbar.
Käse	Ökobilanz des Camembert (Bernhard & Moos 1998).	Vergleich des Käsekonsums mit verschiedenen Szenarien. Biologisch - konventionell, in zwei Betrieben, industriell - traditionell mit viel Handarbeit, verschiedene Verpackungen und Transportdistanzen. Die Bilanzen werden in der Arbeit für verschiedene Module berechnet, die diesen Szenarien entsprechen. Bei der Auswertung mit dem Eco-indicator 95 zeigt sich eine herausragende Bedeutung der Landwirtschaft. Das umweltbelastendste Szenario zeigt 2.5 Fach höhere Umwelteinwirkungen als das günstigste. Es zeigte sich, dass eine Energiebilanz alleine zur Beurteilung ungeeignet ist. Die Produktion verbraucht etwa 3-5 mal mehr Energie als später als Nahrungsenergie zur Verfügung steht. (-, WH). Daten in Vorversion besser dokumentiert.
Kenaf	Kenafanbau: Bilanz 1994 (Terbatec 1995).	(?).
Kochen	Live-Cycle-Assessment for Stoves and Ovens (Jungbluth 1997a).	Erstellung eines Inventars für das Kochen mit Gas, Strom, Holz und Petroleum und Vergleich verschiedener Kochmöglichkeiten in der Schweiz. Beim Vergleich des Kochens mit Strom und Erdgas zeigt sich keine der beiden Möglichkeiten als die klar bessere. Kochen mit Holz kann eine Alternative zu den beiden sein, wenn die erzeugte Wärme auch zur Raumheizung genutzt wird. (++, WG).
Kochen	Restricted Life Cycle Assessment for Fossil Cooking Fuels in India (Jungbluth 1995, Jungbluth <i>et al.</i> 1997).	Erstellung eines Inventars für das Kochen mit Gas und Petroleum und Vergleich verschiedener Kochmöglichkeiten in Indien (++, WG).
Kochen	Environmentally friendly cookers and ovens (Schmidt <i>et al.</i> 1996a, 1996b).	Vergleich des Kochens mit Gas und Elektrizität in Dänemark. Interessante Ausführungen zur Bewertung der Gesundheitsfolgen beim Kochen. Wenig Daten des LCI. (+, WG). Einige Daten sind im dänischen Bericht enthalten.
Kompostierung von Biomüll	Datenbank (ifu - Inst. f. Umweltinformatik & ifeu - Inst. f. Energie- und Umweltforschung n.d.).	Beschreibung verschiedener Abfallbehandlungsanlagen im Anhang. (--, TT).

Produkte	Titel und Literaturverweis	Bemerkungen, Ergebnisse und Verwendbarkeit des LCI
Kühlen	Ökobilanz Ökokühlschrank - Ein Vergleich von Kühlschränken traditioneller Bauart mit verschiedenen hochwärmegeämmten Varianten (Hofstetter 1996).	Ökobilanz für verschiedene Kühlschrankvarianten in der Schweiz (++, WG).
Landnutzung	Principles for Environmental Assessment of Land Use in Agriculture (Mattson <i>et al.</i> 1998).	Überblick zur Bewertung der Landnutzung in LCA und Vorschlag wie dieses Thema zukünftig angegangen werden sollte.
Landwirtschaft Pestizide	Critical Surface-Time 95 (Jolliet & Crettaz 1997, Jolliet <i>et al.</i> 1998).	In diesem Arbeitspapier wird eine Methode zur differenzierteren Bewertung der Toxizität einer Reihe von organischen Stoffen, Pestiziden und Schwermetallen mit einer Modellierung des Umweltverhaltens vorgestellt. Auch für eine Reihe von Pestiziden wurde diese Methode angewendet. Insgesamt ergab sich dabei ein relativ hoher Beitrag für Humantoxizität über den Wirkungspfad Nahrungsaufnahme. (M).
Landwirtschaft Pestizide	Aquatic Exotoxicity for Common Crop Protection Aids (Koudijs & Dutilh 1998).	Bewertungsfaktoren für aquatische Ökotoxizität für eine Reihe von Pestiziden analog zur CML Methode. (M).
Landwirtschaft	A Life Cycle and Linear Programming Analysis of Food Production and Distribution (Clift <i>et al.</i> 1996).	Wissenschaftlicher Schlussbericht mit verschiedenen Einzelergebnissen aus dem Forschungsprojekt. Berechnung der Ökobilanzen, Wirkungsabschätzung, Gesamtbetrachtung für die Nahrungsmittelproduktion in Grossbritannien. (M).
Landwirtschaft Elektrizität (Bioenergie) Getreide Kartoffeln Milch (Fleisch) Winterweizen Zaaiuien (?) Zuckerrüben	Application of LCA to Agricultural Products <i>und</i> Toepassing van LCA voor agrarische Produkten (Wegener Sleeswijk <i>et al.</i> 1996a, 1996b).	Ausführlich Einführung in die Methodik und Erstellung einer Richtlinie für die Ökobilanzierung in der Landwirtschaft. Untersuchung Cradle to Gate (Bauernhof). Hauptenergieinput für Milch ist das Futter. Wichtig ist die Allokation Fleisch - Milch. Elektrizitätsproduktion untersucht aus Stroh und Miscanthus. Verwendung des LCI (Ackerbau). scheint eher schwierig. Daten sind nicht sehr übersichtlich zusammengetragen (+-, WT). Daten für Milch können evtl. verwendet werden (+, WT). Kaum LCI Daten für Bioenergie Produktion (-, WT).
Landwirtschaft	Extensivierung, Alternativkulturen oder GATT, Eine Methode zur Abschätzung der Umweltauswirkungen der Schweizer Landwirtschaft (Werner & Jans 1994).	Diplomarbeit an der ETH Zürich, Abt. XB Umweltnaturwissenschaften. Allgemeine Daten für die Landwirtschaft in der Schweiz. Hilfreich evtl. für grobe Abschätzungen. (+-, WT).
Landwirtschaft	Méthodologie pour un Écobilan Global de L`Agriculture Suisse (Rossier 1995).	Impact Assessment mit drei verschiedenen Methoden. Als besonders bedeutend erweisen sich je nach Methode die Emissionen von Nitraten, NH ₃ , Phosphate, NO _x , N ₂ O, CH ₄ , NMVOC, HCL _{tot} . Daten für Grobabschätzung für verschiedene Produkte, die in der Schweiz hergestellt werden, Energie, Luft, Wasser, SM, Dünger und Pestizide (+, WT).
Landwirtschaft	Ökobilanzen - von der Erzeugung zum Produkt (n.n. 1997b).	Verschiedene Beiträge zu LCA in der Landwirtschaft. Insbesondere Arbeiten zum Nährstoffkreislauf.

Produkte	Titel und Literaturverweis	Bemerkungen, Ergebnisse und Verwendbarkeit des LCI
Landwirtschaft	Total Greenhouse Gas Emissions related to Dutch Crop Production System (Kramer <i>et al.</i> 1998).	Erweiterung der Hybrid-Methode für nicht energiebedingte Treibhausgas Emissionen. Für eine Reihe pflanzlicher Produkte wurde die Emissionen von CO ₂ , CH ₄ und N ₂ O bestimmt. Etwa die Hälfte der N ₂ O Emissionen entsteht bereits bei der Düngerherstellung und nicht bei der Ausbringung. Eine exportorientierte Produktion mit höherem Produktionsmitteleinsatz verursacht in der Untersuchung höhere Emissionen als eine eher auf den regionalen Markt ausgerichtete Produktion. (+-, WT). Einzelne Informationen zu den Prozessschritten Düngerherstellung und Landwirtschaft.
Landwirtschaft	Umweltverträgliche Pflanzenproduktion - Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen (Diepenbrock & und viele andere 1997).	Verschiedene Beiträge, in denen Indikatoren zur Bewertung landwirtschaftlicher Produktion vorgeschlagen werden. Da die Vorschläge nicht nur aus dem Kreis der Ökobilanzierer kommen, vermittelt der Tagungsband einen guten Überblick über unterschiedliche Beurteilungsansätze. Vorgestellt werden u.a. folgende Indikatoren: Energiebilanz, Energieintensität, Humusbilanzierung, Bioindikatoren, Nährstoffbilanz, Kritische Umweltbelastung (KUL), Ökopunkte und verschiedene Ökobilanzbeispiele mit Bewertung.
Landwirtschaft	Umweltinventar der landwirtschaftlichen Inputs im Pflanzenbau (Gaillard <i>et al.</i> 1997).	Umweltinventar für eine Reihe von Prozessen, die in der Landwirtschaft relevant sind z.B. Düngerherstellung, Maschineneinsatz, etc., Berechnete Inventardaten gerechnet mit inzwischen veraltetem Energieinventar für die Schweiz von 1994 (++, WT).
Landwirtschaftliche Betriebe	Ecobilan - adaptation de la méthode ecobilan pour la gestion environnementale de l'exploitation agricole (Rossier 1998).	Entwicklung einer Methodik zur Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Betriebe zur Schwachstellenanalyse hinsichtlich der verursachten Umweltauswirkungen. Unterscheidung verschiedener Standorte, Produktionsweisen und Hauptprodukte. Vergleich pro ha und Nahrungsenergie. Wenig Information zu den einzelnen Höfen. (-, TT mit den nötigen Vorketten).
Mahlzeit	Erst der Bauch, dann der Kopf? Ökobilanz einer Mahlzeit (Hess 1997).	Zusammenfassung verschiedener Ökobilanzen und Auswertung für eine Mahlzeit. (+, WG). Leider einige Fehler in der Berechnung und der Auswertung.
Maisstärke	LCA of corn starch - Summary Report (Ceuterick & Huybrechts 1995).	Ohne weitere Quellenangabe. Evtl. interessant für Mais (?).
Margarine (verschiedene Sorten)	Development of a Methodology for the Environmental Life-Cycle Assessment of Products - with a case study on margarines (Guinée 1995).	Schwerpunkt auf methodischen Fragen, Ergebnisse der Bilanzbewertung werden vorgestellt, die Daten des LCI durften in der Studie nicht wiedergegeben werden. (M).
Milch	Life Cycle Assessment of Milk Production - A Comparison of Conventional and Organic Farming (Cederberg 1998).	Ökobilanz zum Vergleich der biologischen und konventionellen Milchproduktion in Schweden auf zwei Beispielhöfen. Hauptumweltbelastungen resultieren aus der Verwendung von P-Dünger und Pestiziden, sowie N ₂ O, CH ₄ , und NO ₃ Emissionen in der konventionellen Produktion. Bedeutend in der Bioproduktion sind die Landnutzung, CH ₄ und NO ₃ Emissionen. (+-, WT). Vollständiges Inventar, dass allerdings schwierig nachzuvollziehen ist.
Milchverarbeitung	A Comparison of Two Different Approaches to Inventory Analysis of Dairies (Høgaas-Eide & Ohlsson 1998).	Vergleich zwei Ökobilanzmethoden zur Inventarisierung der Verarbeitung von Frischmilch. (-, TT). Vollständiges Inventar wahrscheinlich im norwegischen Bericht.
Nachwachsende Energieträger	Nachwachsende Energieträger - Grundlagen, Verfahren, ökologische Bilanzierung (Kaltschmitt <i>et al.</i> 1997a, Kaltschmitt <i>et al.</i> 1997b).	Studie im Auftrag der Bundesstiftung Umwelt in der der ökologische Gewinn (Verlust). durch die Verwendung von unterschiedlichen nachwachsenden Energieträgern untersucht wird. Detaillierte Betrachtung des Maschineneinsatzes für die Feldarbeit, allerdings ohne Berücksichtigung der Infrastruktur. Bilanzierung PSM. Weiterentwicklung der Methodik zur Bewertung der Biodiversität. (++, WG). Umfangreiche Dokumentation der Bilanzierung.

Produkte	Titel und Literaturverweis	Bemerkungen, Ergebnisse und Verwendbarkeit des LCI
Nahrungsmittel	Development of a Method for Product Life Cycle Assessment with special Reference to Food Products (Weidema 1993).	Zusammenfassung verschiedener Arbeiten zur Methodikentwicklung. (M).
Nahrungsmittel Äpfel Fleisch Fertiggerichte	Landwirtschaft und Ernährung (Kjer <i>et al.</i> 1994).	Bilanzierung für Energie und einige Luftschadstoffe mit dem Programm GEMIS. Die Veröffentlichung enthält u.a. drei Fallstudien: - Versorgung mit Tafeläpfeln (Inland saisonal vs. Ausland asaisonal). - Menü mit fleischhaltiger vs. fleischloser Menükomponente - Gericht auf der Basis von Fertigkomponenten vs. Direktzubereitung von Frischprodukten. (++, WG).
Nahrungsmittel	LCA: Approaches and bottlenecks when applied to agriculture, food and forestry (Udo de Haes n.d.).	Kurzes Papier zur Methodik. (M).
Nahrungsmittel-einkauf Gemüse und Fleisch	Umweltfolgen des Nahrungsmittelkonsums: Beurteilung von Produktmerkmalen auf Grundlage einer modularen Ökobilanz (Jungbluth 1999a, Jungbluth 1999b, Jungbluth <i>et al.</i> 1999).	Ökobilanz für den Einkauf von verschiedenen Gemüse und Fleischprodukten. Entwicklung einer Methodik zur Anpassung der Sachbilanz an die Entscheidungssituation der KonsumentInnen (++, WG,M).
Nahrungsmittel-einkauf	Rückmeldung an KonsumentInnen zu den Umweltfolgen ihrer Lebensmitteleinkäufe (Epp & Reichenbach 1999).	Internet-Homepage (www.ulme.uns.umw.ethz.ch) zur Berechnung der Umweltfolgen durch Fleisch und Gemüseinkäufe (--, M)
Nahrungsmittel-herstellung Milchpulver Schwein Sojabohnenöl Zucker Kartoffelstärke	Towards an environmental infrastructure for the Dutch food Industry (Blonk <i>et al.</i> 1997).	Entwicklung einer Methode zur Datensammlung und Auswertung für die Lebensmittelindustrie unter Verwendung von Ökobilanzen. (++, WT). in verschiedenen getrennt erhältlichen Anhängen werden die Datengrundlagen der Studie dargestellt.
Nahrungsmittel-herstellung Apfelmus Bier Brie Cognac Grüne Erbsen Joghurt Karotten Käse Kekse Milch Mineralwasser Orangensaft Sauerkraut Schokolade Wein	Ecobilans dans les Industries Agro-Alimentaires (ECOBILAN n.d.).	LCA in einer Reihe von unterschiedlichen Lebensmittelbetrieben. Untersucht wurde die Weiterverarbeitung, der Transport, Verpackung und Vertrieb. Nicht untersucht wurde der vorhergehende landwirtschaftliche Anbau. Keine LCI Daten wiedergegeben da diese auf Wunsch der Auftraggeber vertraulich sind (--, TT).

Produkte	Titel und Literaturverweis	Bemerkungen, Ergebnisse und Verwendbarkeit des LCI
Popcorn	Life Cycle Analysis of biodegradable packing materials compared with polystyrene chips: The case of popcorn (Jolliet <i>et al.</i> 1994).	(?).
Raps Rapeseed Methyl Ester (RME)	Comparative Life-Cycle Assessment of diesel and biodiesel (Spirinckx & Ceuterick 1996).	Anbau von Raps und Weiterverarbeitung zu RME. Gute Übersicht zu weiteren Biodiesel Studien. (--, WT). keine LCI Daten.
Rind Milch	Livsløpsanalyse ved produksjon av Kjøtt og melk (Møller & Høgaas 1997).	Im Bericht wird die kombinierte Milch/Fleischproduktion in einer Ökobilanz mit alleiniger Herstellung von Rindfleisch verglichen. Zahlenmaterial aus dem LCI werden wiedergegeben. Leider alles auf Norwegisch. (+, WG).
Salix Tree Residues Dimethyl Ether	Life Cycle Assessment of Dimethyl Ether as a Motor Fuel (Furnander 1996).	Untersuchung aus Schweden zu Energieverbrauch und Luftemissionen. LCI evtl. für Teilprozesse verwendbar (+, WT).
Schwein Protein Nahrung Fungus Yeast (Hefe)	Artificial Protein in Foods instead of Meat? The Answer by LCA (Van den Berg 1995).	Wichtigste Umweltindikatoren im Bereich aquatische Ökotoxikologie, Anwendung von Pestiziden, Dünger und Gülleentsorgung. (--, WT). aber siehe Van den Berg <i>et al.</i> 1996.
Schwein Lamm	Livsløpsanalyse ved Kjøttproduksjon - en vurdering av svine- og lammekjøttproduksjon (Vold & Møller 1995)., Life Cycle Assessment of Pork and Lamb Meat (Møller <i>et al.</i> 1996).	Im Bericht werden Schweine- und Lammfleisch in einer Ökobilanz verglichen. Detaillierte Angaben zum Produktionssystem und Allokationsregeln. Futterherstellung und Zucht sind am umweltbelastensten. Zahlenmaterial aus dem LCI werden wiedergegeben. Leider alles auf Norwegisch. (+++, WT).
Schwein Protein-Nahrung	Novel Protein Foods: Milieu-analyse van de voortbrengingsketen (Van den Berg <i>et al.</i> 1996).	Vergleich der ökologischen Folgen, wenn die Ernährung von Fleisch auf neue Proteinquellen umgestellt wird. Es wurden sieben verschiedene Varianten von biotechnologisch hergestellten Proteinquellen untersucht. Diese weisen im Vergleich zur bisherigen Proteinversorgung deutlich ökologische Vorteile auf und werden als Möglichkeit für eine nachhaltige Entwicklung gesehen. (+++, WT). Alle für die NL gefundenen LCI Daten dokumentiert. Schwierig ist evtl. die Übernahme der Daten.
Schweineschinken	Grundlagen einer prozesskettenbezogenen Ökobilanz in der Fleischerzeugung (Geier <i>et al.</i> 1997).	Ökobilanz für die Prozesskette der Kochschinkenherstellung und Auswertung für die wichtigsten Umweltauswirkungen. Hauptverursacher ist die Landwirtschaft. Relativ hoher Anteil der Lüftung am Energieverbrauch neben der Futterproduktion. Untergeordnete Bedeutung haben Transporte. (-, WG). Nur wenige Daten werden wiedergegeben. Einige Infos zum Lebensweg.
Sojabohnen Sojaöl	Ökobilanz des Sojaöls (Reusser 1994).	Anbau von Sojabohnen in den USA und der CH und Weiterverarbeitung zu Sojaöl als Grundlage für eine ganze Reihe von Nahrungsmitteln. Interessanterweise wiegen die Vorteile des Anbaus in den USA die ökologischen Folgen durch den Import in etwa wieder auf. (+++, WT). Gute Verwendbarkeit der im LCI gegebenen Daten für USA und CH.
Sojaöl	Ökobilanzen von Nahrungsmitteln (Stahel 1995).	Kurzfassung der Sojaöl Studie vgl. (Reusser 1994) mit Anmerkungen zur Methodik. (M).
Tomaten	Bilan écologique de la production de tomates en serre. Revue suisse (Jolliet 1993).	Vergleich verschiedener Anbaumethoden (vor allem im Treibhaus). für Tomaten in der Schweiz. (+, WT). Energie, Emission von Luftschadstoffen, Dünger.

Produkte	Titel und Literaturverweis	Bemerkungen, Ergebnisse und Verwendbarkeit des LCI
Tomaten	Hors-sol Kulturen - eine ökologische Bilanz (Gysi & Reist 1990).	Untersuchung des neuartigen Tomatenanbaus auf Steinwolle im Vergleich zu herkömmlichen Anbaumethoden. (+, WT). nur einige wenige Zahlen zu den ökologischen Folgen.
Tomaten	Produktlinienanalyse der Tomate (Hanselmann & Müller 1993).	Studentenarbeit an der ETH. Vergleich verschiedener Anbaumethoden. (+, WG).
Tomatenketchup	Screening Life Cycle Inventory (LCI). of tomato ketchup - a case study (Andersson <i>et al.</i> 1998b).	Beschreibung der wichtigsten Schritte im Produktionssystem. Einige wenige Angaben aus dem LCI sind wiedergegeben. Kleines, nach verschiedenen Schritten unterteiltes LCI für Luft- und Wasserschadstoffe (+, WT).
Tomatenketchup	The feasibility of including sustainability in LCA for product development (Andersson <i>et al.</i> 1998a).	Entwicklung einer Methode zur Berücksichtigung verschiedener qualitativer Aspekte der Nachhaltigkeit in einer Produkt-Ökobilanz für Tomatenketchup. (M).
Vanillecornet (Zucker, Milch, Palmkernöl)	Methode einer ökologischen Grobanalyse - am Beispiel Vanillecornet-Herstellung und Verteilung (Bolliger & Zumbunn 1991).	Diplomarbeit an der ETH Zürich, Abt. XB Umweltnaturwissenschaften. Das LCI wird für das Endprodukt und verschiedene Zwischenprodukte wiedergegeben (+, WT).
Verpackung	Environmental study of distribution-intensive food products - A literature survey (Høgaas 1996).	Literatur Review zu verschiedenen Verpackungsökobilanzen für Milch, Bier und Softdrinks (?).
Verwertung von Küchenabfällen	Recycling of Organic Waste to Agriculture From an LCA Perspective (Dietrich & Amon 1996).	Vergleich von konventionellem Futter und der Verwertung von Küchenabfällen. LCI für Futter und Energieproduktion aus organischen Küchenabfällen (+, TT).
Weizen	Comparative LCA on different agricultural production systems (Treffers 1999).	Vergleich der Produktion der gleichen Menge Weizen mit einer Systemerweiterung „Biotreibstoff“ oder Extensivierung zur Berücksichtigung der genutzten Flächengröße. (++, WT).
Weizen Sojaöl	LCA's on Food Products for Weak Point Analysis (Maillefer 1996a).	Schwachpunktanalyse für die Produktion von Nahrungsmitteln.
Weizenanbau	A Case Study of LCI by Allocation and System Extension: Straw (Clift <i>et al.</i> 1995).	Vergleich der Ergebnisse von Allokation bzw. Systemerweiterung für das Nebenprodukt Stroh bei der Weizenherstellung. (M).
Weizenanbau Gemüse Vertrieb Bioessen Fleisch	Life Cycle Assessment of Food Products (Pedersen Weidema <i>et al.</i> 1993).	Konferenzbericht mit verschiedenen Beiträgen zur Methodik und Anwendung. (M).
Weizenanbau	Harmonisation of Environmental LCA for Agriculture (Audsley <i>et al.</i> 1997, Cowell <i>et al.</i> 1996).	Schlussbericht mit Erkenntnissen zu methodischen Fragen bei der Ökobilanzierung des Weizenanbaus. Aufgezeigt werden Probleme und Lösungsmöglichkeiten in den Bereichen Allokation, Bewertung (Toxizität, Landnutzung), Ressourcennutzung (Verfügbarkeit zu einem späteren Zeitpunkt). (M). Wichtige Erkenntnisse sind z.B. relativ hohe Bedeutung der Infrastruktur, Unterschiede konventioneller - ökologischer Anbau, hohe Bedeutung nicht energieverbrauchsbedingter Treibhausgase (N ₂ O), für Humantoxizität kommt Pestiziden und Schwermetallen, die direkt mit dem Produkt aufgenommen werden, die höchste Bedeutung zu. (++, WT). viele Background-Daten zur Landwirtschaft, z.B. Dünger, Maschineneinsatz, Verteilung von Emissionen etc.
Weizenanbau	Taking into account quality in the definition of functional unit and influence on the environmental optimisation of fertiliser level (Charles <i>et al.</i> 1998).	Einfluss der Definition für die funktionelle Einheit für den Vergleich verschiedener Produktionsweisen (M).

Produkte	Titel und Literaturverweis	Bemerkungen, Ergebnisse und Verwendbarkeit des LCI
Weizenanbau	Life Cycle Assessment for Food Production Systems (Cowell & Clift 1995).	Schöner Überblick zur Methodik und den speziellen Problemen von LCA für den landwirtschaftlichen Bereich. (M).
Weizenanbau	Ökobilanz landwirtschaftlicher Produktion: Wissenschaftlicher Schlussbericht (Büchel 1995).	Bericht zur Entwicklung der Methodik. (M).

3.3. Weitere Methoden der ökologischen Beurteilung

Im Folgenden werden weitere Methoden der ökologischen Beurteilung, die im Bereich der Ernährung angewendet wurden, betrachtet. Dies sind die Bilanzierung des Energieverbrauchs über den Lebensweg, die Beurteilung der ökologischen Folgen eines Betriebes in einem Öko-Audit, die Addition aller ökologischen Folgen zu einem Ecological Footprint bzw. zu einer Masse und die Analyse der Material- und Stoffflüsse. Arbeiten hierzu werden am Schluss des Kapitels tabellarisch zusammengefasst.

3.3.1. Energiebilanz

Als einfache Methode zur Abschätzung der ökologischen Relevanz bei der Betrachtung des gesamten Lebensweg kann eine Energiebilanz für Produkte herangezogen werden. Diese kann mit einer Input-Output-Energie-Analyse, einer Prozesskettenanalyse oder einer Hybrid-Analyse erhoben werden. Die verschiedenen Methoden werden im Folgenden vorgestellt.

3.3.1.1. Input-Output-Energie-Analyse

Die Input-Output-Energie-Analyse (IOEA) basiert auf der volkswirtschaftlichen Input-Output-Analyse (IOA). Diese wurde von Leontief (1936) entwickelt und beschreibt die Verflechtung verschiedener Sektoren der Volkswirtschaft untereinander, im Verhältnis zum Endkonsum und im Verhältnis zur ausländischen Wirtschaft. Für die Input-Output-Tabelle wird der Bezug von Waren und Dienstleistungen aller Sektoren untereinander in Geldeinheiten (GEinh) erhoben.

Mitte der Siebziger Jahre wurden diese Tabellen auch zur Bestimmung des durchschnittlichen kumulierten Energieaufwandes in verschiedenen Wirtschaftssektoren genutzt. Hierzu wird der Kauf von Energie aus den Sektoren der Energiebereitstellung in eine physikalische Einheit umgerechnet. Die berechnete Energieintensität gibt dann den durchschnittlichen kumulierten Energieaufwand im Verhältnis zur Wertschöpfung, ausgedrückt in einer Geldeinheit, an (Ospelt 1995).

Die Input-Output-Analyse²⁶ der Schweiz von 1990 wurde in verschiedenen Arbeiten dazu genutzt die Energieintensität von Wirtschaftssektoren zu berechnen und diese Ergebnisse zur Analyse des privaten Energieverbrauchs einzusetzen. Die ursprüngliche Fassung der Input-Output-Tabelle fasst verschiedene Versorgungssektoren (Wasser, Gas, Öl) noch zusammen (Antille 1995, Antille *et al.* 1995). Deshalb waren zunächst Vorarbeiten zur Aufspaltung dieser Angaben nötig.

In mehreren Arbeiten wurde der Energieverbrauch verschiedener wirtschaftlicher Sektoren mit Hilfe der Input-Output-Analyse für die Schweiz untersucht (Ménard & Baumann 1993, Ospelt 1995, Schnewlin 1996). Von Ospelt wurde dabei auch eine Analyse des privaten Konsums vorgenommen. Die Desaggregation des Energieverbrauchs im Verkehrsbereich auf die verschiedenen Branchen und den privaten Endkonsum war nur unvollständig möglich. Für die Aufteilung in Import- und Totalverflechtung mussten noch die Zahlen der 1985er IO-Analyse verwendet werden, da

²⁶ Dieses ist eine vorläufige Version basierend auf den Swiss National accounts, die den Vorgaben der OECD folgen. Zur Zeit wird an einer Anpassung an die Richtlinien von Eurostat (SEC78) gearbeitet. Ein Aktualisierung der Tabelle ist bisher (1998) nicht in Angriff genommen worden.

neuere Daten nicht zur Verfügung standen. Für die Berechnung der Energieströme wurde eine Studie der Prognos AG (1994) verwendet, da diese detailliertere Angaben als die Energiestatistik enthielt. Der Energieverbrauch der Energiewirtschaft wurde mit Hilfe einer Hybrid-IO Methode unter Anwendung von Prozesskettenanalysen bestimmt. Die Zusammenfassung der kumulierten Endenergien für verschiedene Primärenergieträger erfolgt über Umrechnungsfaktoren, die vom Nutzungsgrad²⁷ des Energieträgers abhängig sind.

3.3.1.2. Prozesskettenanalyse

In der Prozesskettenanalyse (PKA) wird der kumulierte Energieaufwand für ein Produkt ähnlich dem Vorgehen in einer Ökobilanz bestimmt. Hierzu werden die verschiedenen Abschnitte des Lebenszyklus analysiert und der jeweilige Energieaufwand bestimmt. Diese Energieflüsse werden über den Lebensweg addiert und auf ein Produkt bzw. eine Dienstleistung bezogen.

3.3.1.3. Hybrid-Analyse

Kernidee der Hybrid-Analyse ist die Verknüpfung einer einfach zu erstellenden Geldbilanz über den Lebensweg mit einer Prozesskettenanalyse für die wichtigsten Inputs, um die Umweltbelastungen durch ein Produkt zu bestimmen. Hierzu wird auf Informationen unterschiedlichster Art zurückgegriffen.

In den Niederlanden wurde ab etwa 1990 daran gearbeitet, den kumulierten Energieaufwand der privaten Haushalte und die mit der Energiebereitstellung verbundenen CO₂ Emissionen zu untersuchen. Für diese Arbeit wurde die Hybrid-Analyse entwickelt. Diese Methode verknüpft Informationen einer PKA und der Input-Output-Energie-Analyse. Für das zu bilanzierende Produkt wird sowohl eine monetäre als auch ein materialbezogene Bilanz über den Lebensweg aufgestellt. Informationen die in einer der beiden Bilanzen fehlen, werden aus der jeweils anderen Bilanz erschlossen.

Die Energieintensität, ausgedrückt in MJ/GEinh, wurde für eine Reihe von Konsumgütern und Dienstleistungen berechnet und dann auf den Verkaufspreis der verschiedenen Produkte umgerechnet. Somit wurde eine Verknüpfung der Verbrauchserhebung mit den gefundenen Energieintensitäten möglich (Biesot *et al.* 1995).

Die folgende detaillierte Beschreibung der Methodik wurde von Zaccheddu (1997) übernommen und für diese Studie überarbeitet. Sie basiert im wesentlichen auf der ausführlichen Beschreibung von van Engelenburg *et al.* (1994). Die Analyse besteht aus zehn Schritten die hier nacheinander aufgeführt und im Detail erläutert werden. Abb. 3-5 zeigt einen Überblick zu einigen dieser Schritte

Lebensweg eines Produktes (1): Der Lebenszyklus eines Produktes erstreckt sich von der Produktion der Materialien bis zur Abfallbehandlung. Im ersten Schritt wird ein Prozessbaum der Aktivitäten aufgestellt, die einen relevanten Beitrag zur Berechnung des kumulierten Energieaufwandes eines Produktes liefern. In Abb. 3-5 sind alle Aktivitäten dargestellt, die hierfür betrachtet werden. Nebst dem entsprechenden Energiebeitrag, wird die Nummer des entsprechend Schrittes wiedergegeben. Wie in Abb. 3-5 zu sehen ist, benötigt die Herstellung eines Produktes Basisgüter, Verpackungsmaterialien (siehe Schritt 4) und Kapitalgüter (siehe Schritt 7). Basisgüter sind

²⁷ Der Nutzungsgrad ist von der abgegebenen Abwärme bei der Umwandlung abhängig. Für die Berechnung des Primärenergieaufwands werden nur nicht erneuerbare Energieträger berücksichtigt.

Grundstoffe oder Materialien, die bei der Herstellung des Produktes eingesetzt werden. Verpackungsmaterialien sind Materialien, die das hergestellte Produkt begleiten und die Aufgabe übernehmen, es zu schützen.

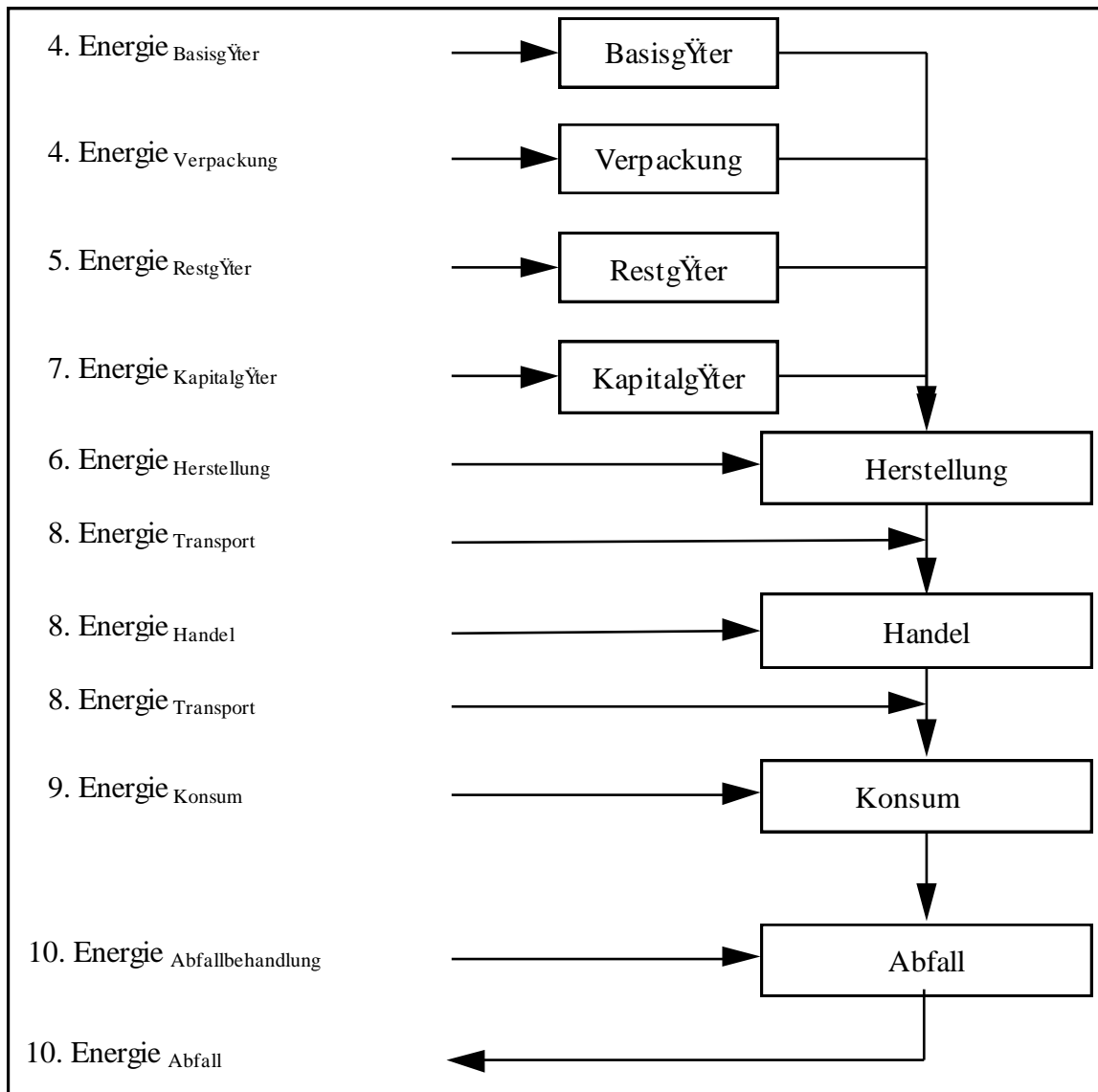


Abb. 3-5 Bestimmung des Energieaufwands für ein Produkt mit Hilfe der Hybrid-Methode. In der Abbildung wird auf die Numerierung der einzelnen Bilanzschritte im Text Bezug genommen.

Grundstoffe oder Materialien, die für die Herstellung des Produktes verwendet werden, aber von denen nicht genau bekannt ist, um welches Material oder um welche Menge es geht, werden Restgüter genannt (siehe Schritt 5). Kapitalgüter (siehe Schritt 7) sind Investitionen, z.B. Maschinen oder Gebäuden, die dem Hersteller seitens anderer wirtschaftlichen Sektoren geliefert werden. Die Herstellung des Produktes benötigt auch direkte Energie (siehe Schritt 6). Dazu wird der Energieaufwand für den Transport und den Handel (siehe Schritt 8) sowie für die Abfallbehandlung (siehe Schritt 10) addiert. Wenn eine Verwertung des Verpackungsmaterials oder von Basisgütern stattfindet, wird ein Teil des Energieaufwandes für die Basisgüter und Verpackungsmaterialien sozusagen "gespart"; dieser Anteil wird vom aufsummierten Ener-

gieaufwand abgezogen (Schritt 10). Ausserdem wird im ersten Schritt eine funktionelle Einheit für das betrachtete Produkt (in der Regel kg) festgelegt.

Massenbilanz (2): Im zweiten Schritt wird eine Massenbilanz aufgestellt. Diese dient der Vermeidung von Fehlern bei der Bestimmung der Zusammensetzung. Hierzu wird kontrolliert, ob die Summe der Basisgüter- und Verpackungsmassen (siehe auch Schritt 4) kleiner als die gesamte transportierte Masse des Produktes ist. Gleichzeitig kann die Massenbilanz zur Kontrolle der Abfallphase (siehe Schritt 10) verwendet werden. Es wird kontrolliert, ob die Summe des Abfallmassenanteils jeder Abfallbehandlungsmethode (z.B. Anteile der Kehrlichtverbrennungsanlage und des Recycling) kleiner als die Masse des transportierten Produktes ist.

Geldbilanz (3): Die Restgüter (siehe Schritt 5) können nicht in physikalischen Einheiten beschrieben werden. Um ihren Energieaufwand bestimmen zu können, wird deshalb in der Hybrid-Methode von einer Geldbilanz Gebrauch gemacht. Vom Konsumentenpreis des Produktes ausgehend, wird allen Elementen der Lebenskette ein Geldbetrag zugeordnet. An Hand dieser Bilanz ist es möglich, durch Subtraktion aller bekannten Preise vom Konsumentenpreis die Gesamtkosten der Restgüter zu bestimmen. Die verschiedenen Positionen der Geldbilanz, aus denen sich der Endpreis des Produktes zusammensetzt, werden in Abb. 3-6 erläutert. Aus der direkten Bilanz werden die monetären Aufwendungen für Basisgüter, Verpackung und Energie bestimmt.²⁸ Der Aufwand für Kapitalgüter ergibt sich aus den Abschreibungen, der Aufwand für Handel aus der durchschnittlichen Wertschöpfung. Steuern werden letzterem mit zugerechnet. Als Bilanzdifferenz verbleibt der Betrag für die Restgüter.

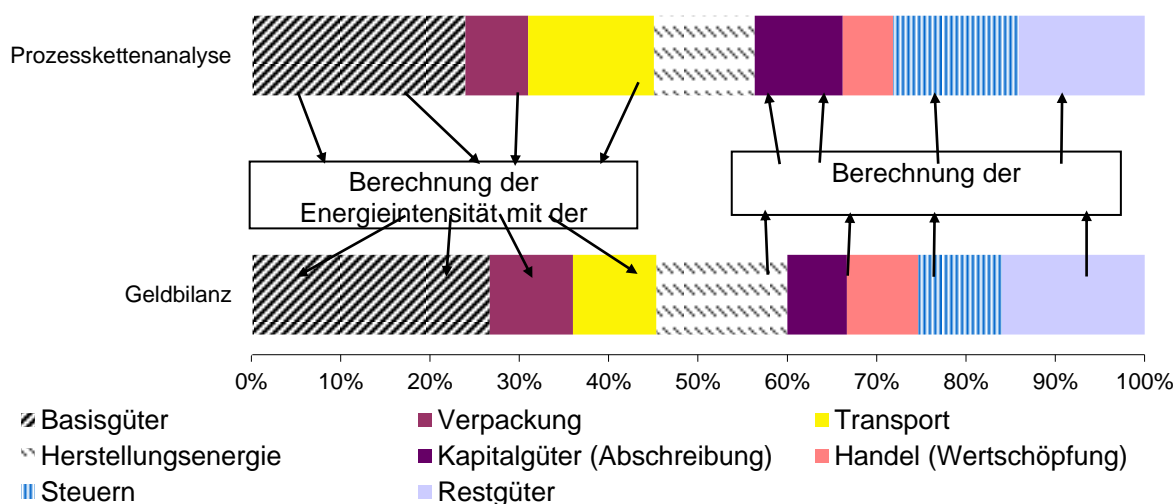


Abb. 3-6 Die verschiedenen Positionen der Geldbilanz und der Prozesskettenanalyse in der Hybrid-Methode und Berechnung der zugehörigen Energieintensitäten.

Bestimmung des Energieaufwandes für die Basisgüter und Verpackungsmaterialien (4): Aus der Zusammensetzung des Produktes wird die Masse der Basisgüter und Verpackungsmaterialien bestimmt. Der Energieaufwand (MJ/kg) eines Basisgutes ist die Energiemenge, die nötig ist, um ein Kilogramm dieses Materials von der Grund-

²⁸ Konsequenter Weise sollte hier auch noch ein Posten für Transport aufgeführt werden. Dieser fehlt in der ursprünglichen Beschreibung der Methode. Evtl. werden als Kosten der Basisgüter, die Kosten frei Abnehmer angenommen. Zur Wahrung der Konsistenz muss dann auch der Transport vom Hersteller Basisgut zum Hersteller Produkt beim Basisgut betrachtet werden.

stoffgewinnung bis zu seiner Verwendung in der nachgelagerten Produktion herstellen zu können. Für jedes verwendete Material wird dieser mit der verwendeten Masse multipliziert. Der Energieaufwand aller verwendeten Basisgüter und Verpackungsmaterialien wird durch Addition der einzelnen Werte ermittelt. Diese Energieaufwendungen werden als Basisgüterenergie und Verpackungsenergie bezeichnet.

Bestimmung des Energieaufwandes für die Restgüter (5): Der Energieaufwand zur Herstellung der Restgüter wird als Restgüterenergie bezeichnet. Die Gesamtkosten der Restgüter sind aus Schritt 3 bekannt. Zur Bestimmung der Restgüterenergie wird deren Wert aus der Geldbilanz übernommen und mit der Energieintensität der Restgüter in (MJ/GEinh) multipliziert. Zur Bestimmung der Energieintensität der Restgüter kommt die IOEA zur Anwendung. Bei der Berechnung wird angenommen, dass die Restgüter aus allen wirtschaftlichen Sektoren stammen, und zwar proportional zur Verflechtung des Herstellers mit allen anderen wirtschaftlichen Sektoren. Da die Verflechtung mit den Basisgüter- und Verpackungssektoren bereits berücksichtigt worden ist (siehe Schritt 4), können diese beiden Verflechtungen vernachlässigt werden.

Bestimmung des direkten Energieaufwandes beim Hersteller (Herstellungsenergie) (6): In diesem Schritt wird die vom Hersteller direkt eingesetzte Energie in einer PKA bilanziert. Vereinfachend kann diese auch mit Hilfe der IO-Tabelle abgeschätzt werden. Hierzu wird die Gesamtproduktion (in CHF) des entsprechenden Sektors in Relation zu den direkten Energieverbräuchen gesetzt. Mit dem Gesamtpreis des Produktes kann auf diese Weise der direkte Energieaufwand bei der Herstellung abgeschätzt werden.

Bestimmung des Energieaufwandes für die Kapitalgüter (7): Die Kapitalgüterenergie ist für die Produktion der benötigten Produktionsmittel (z.B. Gebäude und Maschinen) nötig und wird schliesslich auf das hergestellte Produkt übertragen. Der mit den Kapitalgütern verbundene Energieaufwand wird durch die Energieintensität der Abschreibungen auf Investitionen in (MJ/GEinh) berechnet. Diese wird als die Energieintensität der Kapitalgüter bezeichnet. Bei der Lieferung von Kapitalgütern seitens anderer wirtschaftlichen Sektoren, werden auf das Produkt direkte und indirekte Energie übertragen. Der Betrag der Abschreibungen wird aus der Geldbilanz herausgelesen (siehe Schritt 3).

Bestimmung des Energieaufwandes für Transport und Handel (8): Der Weg vom Hersteller bis zum Konsumenten beinhaltet die Prozessschritte Transport und Handel. Die beim Transport verbrauchte Energie wird als Transportenergie bezeichnet. Sie hängt von der Masse des Produktes, von der zurückgelegten Strecke und vom Transportmittel ab und kann mit Hilfe des Energieaufwandes jedes Transportmittels in (MJ/tkm) berechnet werden. Die sog. Handelsenergie ist die Energie, die durch den Handel verbraucht wird, um das Produkt auf den Markt zu bringen. Sie umfasst im allgemeinen den Aufwand des Gross- oder Detailhandels. Die Handelsenergie wird mit Hilfe der Wertschöpfung des Handels aus der Geldbilanz (Schritt 3) und mit Hilfe der entsprechenden Energieintensität in (MJ/GEinh) berechnet.

Bestimmung des direkten Energieaufwandes beim Konsumenten (9): Einige der von den Haushalten gekauften Produkte verbrauchen beim Gebrauch direkte Energie. Ein Kühlschrank verbraucht Elektrizität, ein Gasherd Gas und eine Wasch- und Geschirrspülmaschine Wasser und Strom. Der gesamte direkte Energieaufwand in einem Haushalt wird aus dem jährlichen (z.B. (kWh) für Elektrizität, (l) für Heizöl oder (m³) für Gas und Wasser) Verbrauch jedes Gerätes und seiner Lebensdauer bestimmt und dem Produkt zugerechnet.

Bestimmung des Energieaufwandes für die Abfallbehandlung (10): Die energetische Betrachtung der Abfallbehandlung kann einen positiven oder einen negativen Beitrag zum kumulierten Energieaufwand des Produktes leisten; das Einsammeln und der Betrieb einer Kehrlichtverbrennungsanlage (KVA) bzw. einer Deponie benötigen u.a. Mineralöl und Elektrizität. Bei der Abfallbehandlung lässt sich aber auch Energie gewinnen, z.B. durch die Verwendung der bei der Verbrennung von Abfällen erzeugten Wärme, durch die Erzeugung von Biogas oder in Form von gesparter Energie durch die Verwertung von Materialien. In diesem Schritt wird der entsprechende Energieaufwand dem Produkt zugerechnet.

Im letzten Schritt der Analyse erfolgt die **Bestimmung des kumulierten Energieaufwandes:** Der während des ganzen Lebens des Produktes kumulierte Energieaufwand lässt sich durch die Addition aller in den vorhergehenden Schritten berechneten Energieaufwände bestimmen. Die Berechnung der CO₂ Emissionen erfolgt auf Grund der für verschiedene Arten von Energieträgern bekannten Emissionsraten aus der Energiebilanz.

3.3.1.4. Ergebnisse von Energiebilanzen

Energiebilanzen wurden für verschiedene Nahrungsmittel durchgeführt. Einige Ergebnisse werden im Folgenden vorgestellt.

Viele Energiebilanzen haben vor allem die Transportvorgänge im Blick (vor allem wohl auf Grund des einfachen Zugangs zu den benötigten Daten). Ausserdem gibt es eine Reihe von Beispielen, in denen Energiebilanzen für den gesamten bzw. einen Teil des Produktlebenszyklus erstellt wurden. Begründet wird die Bilanzierung des Energieaufwandes in der Regel damit, dass eine Reihe von Umweltbelastungen (insbesondere Treibhausgasemissionen und Verbrennungsabgase) unmittelbar mit der Energieverwendung in Zusammenhang steht.²⁹ Auch für landwirtschaftliche Produktion und Produkte wurden Energiebilanzen als Bewertungsinstrument eingesetzt.³⁰

Kramer & Moll (1995) untersuchten den Energieverbrauch verschiedener Gemüsesorten mit Hilfe der Hybrid-Methode. Bei der Berechnung des Energieverbrauchs durch den Anbau ist es wichtig, ob es sich um Freiland-, Treibhaus- oder importierte Produkte handelt. Es zeigte sich, dass die Energieaufwand für im Treibhaus angebaute Produkte bis zu 6 mal höher ist als für die Freilandprodukte. Zur Berechnung wurden zwei Arten von Basisgütern mit den Energieintensitäten 2 MJ/kg bzw. 35.6 MJ/kg definiert. Verschiedene Gemüsesorten aus dem Treibhaus können sich beträchtlich hinsichtlich ihres Energieaufwandes unterscheiden. Auch bei der Betrachtung der Energieintensität der Produkte verbrauchen Treibhausgemüse deutlich mehr Energie pro Geldeinheit als Freilandprodukte.

Mit steigendem Grad der Vorverarbeitung steigt die Energieaufwand der Produkte, wenngleich der zusätzliche Aufwand hierfür geringer ist, als der Unterschied zwischen Freiland- und Treibhausanbau. Der Energieverbrauch im Handel wird für jedes Produkt gleich hoch angenommen und basierend auf dem gemittelten Verkaufspreis berechnet. Für den Transport werden verschiedene Szenarien entsprechend der Herkunftsregion ausgewählt. Biologisch angebaute Produkte haben in der Regel einen höheren Preis. Dies führt in der Hybrid-Methode dann zu einem höheren Energiever-

²⁹ In Kapitel 4.1 wird diskutiert, inwieweit Energiebilanzen eine geeignete Methode sind, um Lebensmittel unter ökologischen Gesichtspunkten zu beurteilen.

³⁰ Einen umfangreichen Überblick zu Energiebilanzen hat J. Moerschner erstellt (<http://www.gwdg.de/~jmoersch/internet/lit.htm>).

brauch. In der Berechnung wurden deshalb für diese Art des Anbaus eine andere Wertschöpfungsquote berücksichtigt. Die Differenzierung verschiedener Gemüsesorten erfolgt somit auf Grund der Verteilung bzgl. Anbauart und Herkunft sowie dem Preis pro kg. In der Studie werden für eine Reihe von Gemüsesorten sowohl die durchschnittlichen als auch spezifische Energieintensitäten (z.B. Treibhaus, konventionell, biologisch) angegeben.

Die Auswertung der Ergebnisse zeigte, dass die Art der Verpackung einen relativ geringen Einfluss auf die Ergebnisse hat, hingegen das Gewicht entscheidender ist. Für alle Gemüsesorten wurde ein durchschnittlicher Verpackungsmix pro verpackter Einheit angenommen, die Verpackung also relativ zum Gewicht des verpackten Produktes berücksichtigt.

Die Untersuchung von Kramer & Moll (1995) zeigt, dass die Energieintensität verschiedener Fleischprodukte vor allem von der Tierart abhängt. Dabei fanden sie folgende Reihenfolge abnehmender Energieintensitäten: Geflügel, Schwein, Rind und andere Tiere. Fleisch aus biologischer Produktion verbraucht etwa 15% weniger Energie als konventionell produziertes Fleisch. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist die Verpackungsart und Gewicht.

In der vorangegangenen Untersuchung von Kok *et al.* (1993) wurde die Verursachung von Abfall durch Lebensmittelreste berücksichtigt. Für verschiedene Produkte wurden dabei unterschiedliche Abfallanteile angenommen und die Energieintensität für deren Entsorgung berechnet. Für Spinat, Rosenkohl, Bohnen, Wurzeln, Knollengewächse und Tomaten wurde ein Anteil von 5% angenommen. Für Endivien, Salat, andere Blattgemüse, Blumenkohl, andere Kohlsorten und andere Gemüse 10% und 50% für Hülsenfrüchte.

In einer Diplomarbeit wurden von Zaccheddu (1997) die Grunddaten zur Anwendung der Hybrid-Analyse in der Schweiz zusammengestellt. Diese Daten wurden in Excel Berechnungsblättern implementiert. Für einige Nahrungsmittel wurde eine Hybrid-Analyse durchgeführt und ausgewertet (Zaccheddu 1997). Die Berechnung der direkten, indirekten und kumulierten Energieintensitäten in der Arbeit erfolgte entsprechend dem Vorgehen von Wilting (1996). Interessant ist die Methode der Energiebilanzierung vor allem dann, wenn es auf Grund des Arbeitsaufwandes nicht möglich ist detailliertere Ökobilanzen zu erstellen. Eine Aufstellung verschiedener Energiebilanzen zeigt Tab. 3-8.

3.3.2. Energiebilanz für Schweizer Durchschnittseinkäufe

Die Verknüpfung der von Jungbluth (1999b) auf Grundlage der Niederländischen Untersuchungen berechneten Energieintensitäten mit statistischen Informationen zum durchschnittlichen Einkaufsverhalten in der Schweiz ermöglicht interessante Rückschlüsse.

Der Energieverbrauch für verschiedene Nahrungsmittel wird auf Grundlage der auf die Schweiz umgerechneten Niederländischen Energieintensitäten und der Schweizer Verbrauchserhebung für 1990 bestimmt. Die Ergebnisse werden in Abb. 3-7 ausgewertet.

In der ersten Säule der Abb. 3-7 wird der Anteil verschiedener Produktgruppen am pro Kopf-Verbrauch gezeigt.³¹ Die zweite Säule zeigt die Aufteilung der Ausgaben auf

³¹ Angaben des Bundesamtes für Statistik zum Jahr 1990 auf www.admin.ch/bfs/ (Ausgaben) und www.agri.ch/ldw/markt/ (Pro-Kopf-Verbrauch). Bei der folgenden Berechnung wurde der

verschiedene Produktgruppen ohne die Ausser-Haus Verpflegung. Pro Person und Monat wurden 1990 etwa 294 CHF für Nahrungsmittel und Getränke ausgegeben (Bundesamt für Statistik 1992).

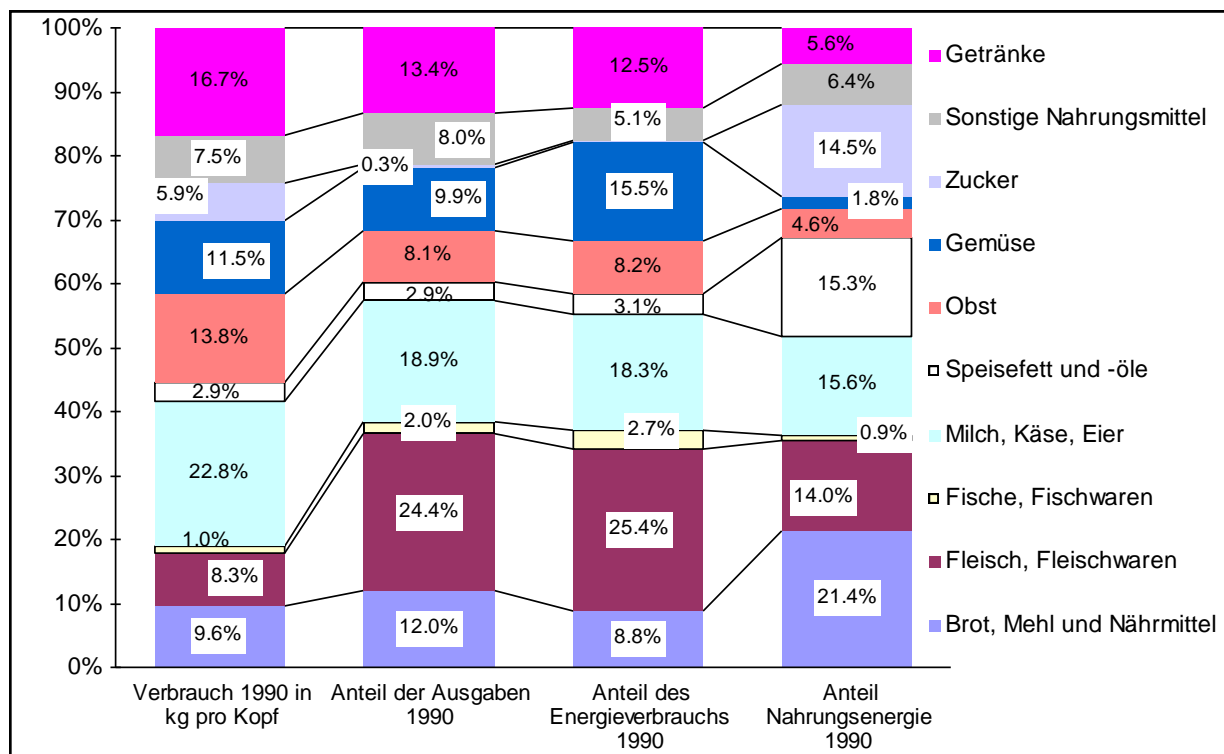


Abb. 3-7 Anteile des pro-Kopf Verbrauchs, der Ausgaben, des Energieverbrauchs und der Nahrungsenergieaufnahme durch verschiedene Nahrungsmittelgruppen am Nahrungsmittelkonsum im Haushalt.

Zur Berechnung des Energieverbrauchs wurden die Ausgaben gemäss der Verbrauchserhebung mit den für die Schweiz (1990) von Jungbluth (1999b) errechneten Energieintensitäten multipliziert. Gemüse hat einen Anteil von 15% am Energieverbrauch für alle Nahrungsmittel. Für Fleisch und Fleischwaren beträgt dieser Wert 25%. Für beide Produktgruppen ist ihr Anteil am Energieverbrauch höher als der Anteil an den Verbrauchsausgaben und am pro-Kopf Verbrauch.

Interessant ist ein Vergleich mit den Anteilen verschiedener Nahrungsmittelgruppen an der durch die KonsumentInnen aufgenommenen Nahrungsenergie.³² Angaben zur Nahrungsenergie wurden mit den Angaben zum pro-Kopf-Verbrauch verknüpft. Diese Aufteilung wird in der letzten Säule gezeigt. Deutlich wird die eher geringere Bedeutung der Produktgruppen Fleisch und Gemüse für die Versorgung mit Nahrungsenergie.

pro-Kopf-Verbrauch bzw. die Ausgaben also zwei unterschiedlichen Quellen entnommen, um Energieverbrauch bzw. Energieaufnahme zu berechnen. Deshalb stellen die folgenden Berechnungen nur eine grobe Abschätzung dar. Die Lebensmittel für Ausser-Haus Konsum sind wahrscheinlich in den Daten für den pro-Kopf-Verbrauch enthalten, während sie bei den Ausgaben separat ausgewiesen werden.

³² Als Nahrungsenergie wird die Energie bezeichnet, welche mit der Nahrung aufgenommen wird und vom menschlichen Körper genutzt werden kann. Sie wird auf den Produkten in der Regel in Kalorien angegeben.

In Tab. 3-6 werden die berechneten Zahlenwerte dargestellt. Die SchweizerInnen nahmen im Durchschnitt pro Person und Jahr etwa 5100 MJ als Energie mit der Nahrung auf (ohne Ausser Haus Konsum). Zur Erzeugung dieser Lebensmittel wurden etwa 21000 MJ verschiedener Energieträger benötigt.

Der Energiequotient gibt das Verhältnis zwischen der während der Produktion verbrauchten und der dem Körper zugeführten Energie an. Im Durchschnitt wird 4.1 mal mehr Energie in der Produktion der Nahrungsmittel verwendet als hinterher mit der Nahrung aufgenommen wird. Für Fleisch bzw. Gemüse ergibt sich sogar ein 7- bzw. 33-fach höherer Energieverbrauch im Vergleich zur Nahrungsenergieaufnahme.³³ Interessant ist hierbei, dass die Gemüseproduktion (nach den hier genutzten Datenquellen) sogar einen schlechteren Energiewirkungsgrad als die Produktion von Fleisch hat. In einem ähnlichen Vorgehen wurde dies auch in einer Untersuchung für Grossbritannien festgestellt (Coley *et al.* 1997). Begründet ist dies durch die höhere Nahrungsenergie des Fleisches, aber auch durch die relativ hohe Energieintensität für Gemüseprodukte auf Grund des hohen Anteils der energieintensiven Gewächshausproduktion in den Niederlanden.³⁴

In verschiedenen Publikationen³⁵ wurde aus dem Vergleich der Energiequotienten der Schluss gezogen, dass VegetarierInnen einen höheren Energieverbrauch auf Grund ihrer Ernährungsweise verursachen, als fleisshessende Personen. Richtig ist dies allerdings nur, wenn die fehlende Nahrungsenergie aus dem Fleischkonsum wirklich durch die entsprechende Gemüsemenge und nicht durch weniger energieintensive Produktgruppen wie Milch, Brot oder Obst ersetzt wird bzw. weniger konsumiert wird. Coley *et al.* (1997) konnten ein solches Verhalten nicht feststellen. Ausserdem ist im Falle der Schweiz noch zu überprüfen ob die Gemüseproduktion ähnlich energieintensiv ist wie die als Berechnungsgrundlage genutzte Produktion in den Niederlanden.

Tab. 3-6 Verbrauch von Nahrungsmitteln, Nahrungsenergiegehalt und -aufnahme auf Grund des Konsums und Energieverbrauch durch die Herstellung für verschiedene Produktgruppen.

Warengruppe	Nahrungs- verbrauch (kg/Person /Jahr)	Nahrungs- energie Gehalt (MJ/kg)	Nahrungener- gie Aufnahme (MJ/Person/a)	Energiever- brauch (MJ/Person/a)	Energie- quotient (MJ Verbrauch/ MJ Aufnahme)	Nahrungs- energie (MJ) pro CHF 1997
Brot, Mehl und Nahrungsmittel	72.3	15.1	1090	1734	1.6	2.4
Fleisch, Fleischwaren	62.1	11.5	714	4983	7.0	0.8
Fische, Fischwaren	7.7	6.0	46	537	11.6	0.6
Milch, Käse, Eier	171.2	4.6	795	3590	4.5	1.3
Speisefett und -öle	21.6	36.1	780	607	0.8	7.9
Obst	103.7	2.3	235	1601	6.8	0.7
Gemüse	86.8	1.1	92	3033	33.1	0.3
Zucker	44.6	16.5	738	68	0.1	57.9
Sonstige Nahrungsmittel	56.3	5.8	327	1007	3.1	1.1
Getränke	125.5	2.3	287	2444	8.5	0.6
Ausser-Haus-Verpflegung	-	-	0	1474	-	-
Nahrungsmittel und Getränke	751.8	9.53	5104	21076	4.1	0.9
Quelle:	www.agri.ch (für 1990)		Verbrauch*Gehalt		Eigene Berechnungen	

³³ Der niedrige Wert für den Energieverbrauch für Zucker trotz des relativ hohen Konsums ist wahrscheinlich durch unterschiedliche Abgrenzung der Statistiken begründet. Unter Konsum wird wahrscheinlich aller Konsum von Zucker (incl. Verarbeitung in anderen Lebensmitteln erfasst). Der Energieverbrauch wurde aber auf Grund der Ausgaben für reinen Zucker berechnet.

³⁴ Beide Berechnungen basieren auf einer Erhebung aus den Niederlanden.

³⁵ Niels Boeing, die tageszeitung, Berlin, 17.1.98 und Fred Pearce, New Scientist, 6.12.97.

Nach den Berechnungen des Ernährungsberichtes standen den Durchschnittsverbrauchern in der Schweiz Nahrungsenergie in Höhe von etwas mehr als 12 MJ pro Jahr zur Verfügung. Ernährungsempfehlungen gehen von einem Konsum von 8700 bis 9200 kJ pro Jahr aus. Ein derart überhöhter Konsum würde zu vermehrter Übergewichtigkeit in der Bevölkerung führen. Hieraus ergibt sich, dass weniger von der Bevölkerung konsumiert wird als auf Grund statistischer Angaben zur Verfügung steht. Die verschiedenen Verluste bis zum Teller der Verbraucherin dürften somit in einer Grössenordnung von etwa 20% bis 25% liegen (Bundesamt für Gesundheit 1998:31).

Die im Ernährungsbericht angegebenen Daten unterscheiden sich beträchtlich von den auf Grund der Verbrauchserhebung berechneten Werten. Ein Erklärungsansatz hierfür ist, dass die oben gezeigte Aufstellung nicht den Konsum von Nahrungsmitteln ausser Haus berücksichtigt. Nahrungsaufnahme und somit auch der Energieverbrauch auf Grund der Nahrungsmittelbereitstellung liegen somit höher als in der oben gezeigten Auswertung.

Als Fazit dieser generellen Betrachtung auf der Entscheidungsebene "Produktgruppen im Bedürfnisfeld Ernährung" zeigt sich, dass es möglich erscheint, durch generelle Entscheidungen eine weniger energieintensive Ernährungsweise zu erreichen. Eine Option hierzu ist die Verringerung des Konsums von Nahrungsmitteln aus den Produktgruppen Fleisch, Gemüse und Milchprodukte, die einen relativ hohen Energiequotienten aufweisen.

3.3.3. Öko-Audit

Im Öko-Audit wird ein einziges Unternehmen untersucht, um hieraus Hinweise für die Verringerung von Umweltbelastungen auf Betriebsebene zu gewinnen.

Die Untersuchung entspricht in etwa einer Ökobilanz von Tor zu Tor (siehe z.B. Märkisches Landbrot GmbH (1995). Weitere Beispiele werden in Tab. 3-8 ab Seite 58 aufgeführt). Im Öko-Audit werden alle direkt umweltrelevanten Aktivitäten des Unternehmens dokumentiert. Ausserdem werden Handlungsvorschläge zur Verringerung der Umweltbelastungen gemacht und hierfür Vorgehensweisen festgelegt. Nicht betrachtet werden dabei vor- bzw. nachgelagerte Einwirkungen auf die Umwelt. Ausgeblendet werden dabei oft auch die auf Grund der Betriebstätigkeit induzierten Transporte. Die erhobenen Daten sagen nichts über die Umweltbelastungen durch einzelne Produkte aus dem Unternehmen aus. Öko-Audits können jedoch unter Umständen als Grundlage für die Erstellung einer Ökobilanz herangezogen werden. Eine Einführung in Praxis und Perspektiven des Agrar-Öko-Audits gibt Spindler (1998).

Von der Hochschule St. Gallen wird ein Register der Schweizer Firmen mit ISO 14001-Zertifikat geführt. Vom Deutschen Industrie und Handelstag ist ebenfalls ein aktuelles Standortregister der Unternehmen die Öko-Audits erstellt haben, erhältlich.³⁶

³⁶ Für die Schweiz siehe www.iwoe.unisg.ch/News/index.html. Für Deutschland siehe www.diht.de. Die Nummer der "Art der Tätigkeit am Standort (NACE)" für Unternehmen aus der Lebensmittelbranche beginnt in der Regel mit den Kennziffern 15.xx.

3.3.4. Ecological Footprint

Mit dem Ecological Footprint werden Umweltbelastungen zu einem theoretischen Flächenverbrauch zusammengefasst.

Die Methode, Umweltbelastungen in Form eines theoretisch verursachten Flächenverbrauchs zusammenzufassen, wurde von Wackernagel *et al.* (1996) entwickelt. Die Berechnung und die Aussagekraft des Ecological Footprint (EF) bzw. des ökologischen Fussabdrucks wurde an Hand von unterschiedlichen Beispielen erläutert. Umweltbelastungen werden in eine durch sie beanspruchte Fläche umgerechnet. Für emittiertes CO₂ wird z.B. bei der Umrechnung berücksichtigt, wieviel Fläche theoretisch notwendig ist, um dieses CO₂ in Biomasse zu binden. Der EF wird benutzt, um deutlich zu machen, wie wichtig es ist, unsere Lebensweise zu verändern, und um zu zeigen, dass Veränderungen vor allem in Industrieländern notwendig sind. Stärkstes Argument hierfür ist, dass der heutige EF der Menschheit grösser ist als die Fläche, die uns auf der Erde zur Verfügung steht. Ähnliches ergibt sich bei der Betrachtung verschiedener Industrieländer. Hieraus wird die Forderung abgeleitet, den Lebensstil so zu gestalten, dass nur die lokal verfügbare Fläche in Anspruch genommen wird.

In die Berechnung fliessen vor allem der Verbrauch an fossilen Energieträgern und der direkte Landverbrauch ein. Viele andere Indikatoren für Umweltbelastungen werden durch den EF nicht abgebildet. So verursachen AKW's z.B. nur einen relativ kleinen EF durch den direkten Landverbrauch. Auf die Einschränkungen in der Aussagekraft wird im Verlauf der Auswertung leider nicht mehr hingewiesen. Positiv ist die gute grafische Aufbereitung der Aussagen und die beständigen Hinweise darauf den Lebensstil in Industrieländern zu verändern. Das Buch stellt somit einen guten Beitrag dar, Überzeugungsarbeit in diesem Bereich zu leisten. Fraglich ist, wieweit der EF ein nützliches Instrument ist, wenn es um die detaillierte Betrachtung und Abwägung von Umweltbelastungen einzelner Produkte geht.

3.3.5. Stoff- und Materialflussanalyse

Die Stoffflussanalyse (SFA) ist ein Teilgebiet der Materialflussanalyse (MFA). Beides sind objektorientierte Methoden der Umweltanalyse.³⁷ MFA und SFA können für unterschiedliche Bilanzräume z.B. Land, Region, Wirtschaftsbranchen, Betriebe, Haushalt durchgeführt werden. In der MFA werden unterschiedliche Probleme betrachtet, diese können stoffbezogen oder objektbezogen sein. Nicht betrachtet werden in der Regel die indirekten Umwelteinflüsse ausserhalb des Bilanzraumes. Bilanziert werden Material- bzw. Stoffströme, die in und aus dem Bilanzraum fliessen. Materialflussanalysen stehen in engerer Verbindung zu wirtschaftswissenschaftlichen Methoden als zu anderen sozialwissenschaftlichen Ansätzen, da eine gemeinsame Datengrundlage genutzt wird.

Ein interessantes Anwendungsbeispiel für Haushalte ist die Studie von Baccini *et al.* (1993). Auf Grund der dortigen Auswertung sind auch einige Rückschlüsse zur Bedeutung der Aktivität Ernähren für die gesamte ökologische Bilanz eines Haushalts möglich. Beispiele für MFA werden in Tab. 3-8 (ab Seite 58) gegeben.

³⁷ Im Gegensatz hierzu stehen funktionsorientierte Methoden (wie z.B. die Ökobilanz). Beide Methodengruppen zusammen werden als Chain-Management-Tools bezeichnet.

3.3.6. Materialintensität pro Serviceeinheit

Für die Berechnung der Materialintensität pro Serviceeinheit (MIPS) werden unterschiedliche Materialflüsse aus dem Lebenszyklus addiert. Die Methode wurde am Wuppertal Institut entwickelt (Schmidt-Bleek et. al. 1996). Für Nahrungsmittel wurden die Materialintensitäten von Loske (1996:104) bestimmt. Diese und die hieraus auf Grund des Nahrungsmittelkonsums in der Schweiz verursachten Materialintensitäten werden in Tab. 3-7 gezeigt. Fleisch und Milcherzeugnisse haben auf Grund der vorhergehenden Futterproduktion eine relativ hohe Materialintensität. Das Bedarfsfeld Ernährung hat nach den Berechnungen von Loske (1996:103) einen Anteil von etwa 20% an der gesamten Materialentnahme. Eine Anwendung dieser Methode für das Beispiel der Traubenherstellung ist in Vorbereitung (Patzwahl n.d.).

MIPS verdeutlicht auf anschauliche Weise, die mit unterschiedlichen Produkten und Dienstleistungen verknüpfte Intensität von Massenbewegungen. *“MIPS bringt eine schnelle, grobe Abschätzung der Inputseite in 5 Kategorien (abiotisch, biotisch, Boden, Luft, Wasser). Über Wirkungen wird nichts explizit ausgesagt. Es steht die Annahme im Hintergrund, wenn Prozesse oder Materialien mit gleicher 'Serviceleistung' (funktionale Einheit) sich um Größenordnungen unterscheiden, ist das ein Hinweis, dass die Umweltbelastung (Materialintensität der betreffenden Kategorie) relevant unterschiedlich sein könnte. Andere Bewertungsmethoden sind als Ergänzung notwendig“* (Braunschweig et al. 1996:15). Da Materialien mit sehr unterschiedlicher Bedeutung für Mensch und Umwelt addiert werden, eignet sich die Methode kaum zum Vergleich der ökologischen Auswirkungen von Produkten.

Tab. 3-7 Materialintensität von Nahrungsmittelgruppen in Deutschland bezogen auf die Produktmasse (Loske & Bleischwitz 1996:104) sowie Materialintensität und Anteile der Materialentnahme des Bedarfsfelds Ernährung in der Schweiz.³⁸

Produktgruppe	Materialintensität (kg/kg)	Materialintensität (kg/Jahr/Kopf)	Anteil an der gesamten Materialintensität
Milcherzeugnisse	6.6	981	27.5%
Gemüse	1.4	125	3.5%
Getreide	3.7	277	7.8%
Fleisch (netto)	16.7	962	26.9%
Obst	1.4	139	3.9%
Kartoffeln	2	93	2.6%
Zucker	13.1	613	17.2%
Pflanzl. Fette, Öle	12.1	163	4.6%
Eier	4.2	43	1.2%
Fische, Schalentiere	1.3	10	0.3%
Tierische Fette	16.7	142	4.0%
Hülsenfrüchte, etc.	2	22	0.6%
Summe Nahrungsmittel	-	3'570	-

3.3.7. Literaturübersicht weiterer methodischer Ansätze

Auch für dieses Kapitel wurde aufbauend auf einer Übersicht zu Forschungsgruppen (Jungbluth 1997b, 1998), eine Literaturübersicht zu Forschungsarbeiten, die verschiedenen Methoden zur Beurteilung der Umweltrelevanz anwenden, erstellt. Ziel dieser Zusammenstellung ist die Schaffung einer Arbeitsgrundlage auf Grund derer ein schneller Zugriff auf relevante Arbeiten zu bestimmten Themenstellungen möglich

³⁸ Eigene Berechnung auf Grundlage des pro-Kopf Verbrauchs 1995 (www.agri.ch/ldw/markt/).

ist. Auch hier wird untersucht inwieweit die Daten aus diesen Untersuchungen weiter verwendet werden können. Zur Erklärung der verwendeten Abkürzungen siehe Kapitel 3.2.5.

Tab. 3-8 Anwendungsbeispiele von Energiebilanzen, Stoffflussanalysen, Öko-Audits und anderer methodischer Ansätze für landwirtschaftliche Produktion, Nahrungsmittel und die Aktivität Ernährung (Erklärung siehe Kapitel 3.2.5).

Produkte	Titel und Literaturverweis	Ergebnisse, Bemerkungen und Verwendbarkeit des LCI
Aktivität Ernähren	METAPOLIS - Güterumsatz und Stoffwechselprozesse in den Privathaushalten einer Stadt (Baccini <i>et al.</i> 1993).	Die Arbeit untersucht die Stoffflüsse der chemischen Elemente C, P, S, Cl, Al, Fe, CU und Zn sowie Masse, Wasser und Luft durch die Privathaushalte an Hand des Beispiels St. Gallen. Die Stoffflüsse werden für verschiedene Aktivitäten, u.a. Ernähren zusammengefasst. Der Anteil der Ernährung am gesamten P Fluss beträgt ca. 80%. Weitere Flüsse mit einem relativ hohen Anteil sind Cl und S. Insgesamt lassen sich aus der Analyse viele interessante Aspekte ableiten, wenngleich diese nicht direkt im Sinne des Umweltschutzes umzusetzen sind. Im Anhangsband viele Daten zum Haushaltskonsum etc., Keine Ökobilanzdaten (+-, TT).
Äpfel Bohnen Lammfleisch Mineralwasser Orangensaft Poulet-Brüstchen Spargel Tomaten	Grobabschätzung des Energieaufwandes für die Bereitstellung von ausgewählten Getränken und Nahrungsmitteln (Zamboni 1994).	Energie- und CO ₂ Bilanz, Produkte werden noch in verschiedene Varianten unterschieden. Erweiterung für die Energiedaten evtl. mit ECOINVENT möglich. Inventar gut dokumentiert. (+-, WT).
Backen Dessert Müsli Honig Pizza Fisch	Umweltbewusst aus Überzeugung (Dr. Oetker Nahrungsmittel KG 1996).	Umweltbericht. (+-, TT).
Bauernhof Gras, Heu Kartoffeln Mais Milch Raps Rüben Tierproduktion (Kuh) Weizen	Energiebilanz eines Bauernhofs (Zehnder 1993).	Arbeit enthält viele Informationen zum Energieverbrauch auf einem Bauernhof. Keine Daten zu weiteren Umweltaspekten. Viele Daten zu einzelnen Produkten und Maschinen. Diese müssten aber noch weiter zusammengefasst werden (+, TT).
Bauernhof	Energieleitbild Landwirtschaft oder Energiebilanz Bauernhof (Federspiel 1992).	Energiebilanz für verschiedene Produkte am Beispiel eines Bauernhofs. Grundlage für eine Abschätzung von einzelnen Produkten. Nicht repräsentativ (+-, TT).
Bauernhof	Das Projekt "Energiebilanz eines Bauernhofes (Fannenböck 1994).	Energiebilanz. (?, TT).

Produkte	Titel und Literaturverweis	Ergebnisse, Bemerkungen und Verwendbarkeit des LCI
Bier	Öko-Controlling Bericht 1994 + 95 (Neumarkter Lammsbräu 1995).	Öko-Audit einer Brauerei. Energiebilanz und einige Betriebsstoffe (+-, TT).
Bier	Umweltbilanz 1995 (Brau AG 1995).	Öko-Audit einer Brauerei. Energiebilanz und einige Betriebsstoffe (+-, TT).
Bier	Umwelterklärung der Meckatzer Löwenbräu (Meckatzer Löwenbräu 1996).	Öko-Audit einer Brauerei. Energiebilanz und einige Betriebsstoffe (+-, TT).
Biomasse	Biomass Flows in Austria: Integrating Concepts of Societal Metabolism and Colonisation of Nature (Haberl 1997).	Materialflussanalyse für Biomasse in Österreich, um den Anteil am Gesamtfluss zu bestimmen. Nur Auswertung, keine Daten (-).
Biomasse	Regionale Bewirtschaftung von Biomasse - Eine stoffliche und energetische Beurteilung der Nutzung von Agrarflächen mit Energiepflanzen (Müller <i>et al.</i> 1995).	In einer Stoffflussanalyse wurde der Anbau und die Nutzung von Biomasse für eine typische Schweizer Mittellandregion quantifiziert. Einige interessante Daten für die Landwirtschaft werden wiedergegeben. Keine Ökobilanzdaten (+-).
Brot	Umwelterklärung (Stocker`s Backstube GmbH 1995).	Öko-Audit einer Biobäckerei. Energiebilanz und einige Betriebsstoffe (+-, TT).
Brot	Endbericht Öko-Audit Modellprojekt Märkisches Landbrot GmbH (Märkisches Landbrot GmbH 1995).	Öko-Audit für eine Bäckerei. (+-, TT). Energiebilanz für Brot.
Fisch	Im Vorfeld einer Ökobilanzierung des Fisch-Konsums in der Schweiz. Die Umweltverträglichkeit der Norwegischen Lachsfischzucht (Leupold 1998).	Datenmaterial zur Ökobilanzierung von in der Schweiz gezüchteten Fischarten und Vergleich mit Norwegischem Zuchtlachs. Bisher noch nicht zu einer Ökobilanz zusammengefasst. (+-, WG). Könnte als Grundlage für eine Ökobilanzierung dienen.
Fleischwaren Wurstprodukte	Umwelt - Bericht und Erklärung 95/96 (Fleischwerk Viersen 1996).	Öko-Audit eines fleischverarbeitenden Betriebes. (+, TT).
Gastgewerbe	Vergleich von Materialflüssen, Energie- und Wasserverbrauch eines McDonald`s-Restaurants mit konventionellen Restaurationsbetrieben (McDonald`s 1991).	Einfache Ökobilanz für ein McDonald`s Restaurant im Vergleich zu konventioneller Gastronomie. Ein Schwachpunkt der Studie ist, dass Auswirkungen die ausserhalb des Betriebes anfallen, nicht berücksichtigt werden. Dies betrifft z.B. Verpackungen von Take-away Produkten. Das McDonald`s Restaurant schneidet relativ gut bei einem Vergleich pro Gast ab. (+-, TT).
Gastgewerbe	Ökologische Grobanalyse zur Volksinitiative "Für ein abfallarmes Gastgewerbe" (INFRAS 1991).	Überarbeitung der Studie von McDonald`s. Vorbereitung der gesetzliche Grundlagen, um die Verpackungsflut aus dem Gastgewerbe einzuschränken. (+-, ?).
Gemüseanbau	Bewertung des Produktionsmitteleinsatzes im Gemüsebau - eine ökologische Buchhaltung (Gysi 1993).	Entwicklung einer eigenen Methode. (+). Einige Daten zum Einsatz von Produktionsmitteln (Input). Keine Output Daten.

Produkte	Titel und Literaturverweis	Ergebnisse, Bemerkungen und Verwendbarkeit des LCI
Gemüseverarbeitung Sauerkonserven (Gurken, Weisskohl, Rotkohl, Rote Bete) Essig Senf	Umwelterklärung (Carl Kühne KG 1996, Carl Kühne KG 1997).	Öko-Audit eines Gemüseverarbeitenden Betriebes. (+, TT).
Haushaltskonsum	Das Umweltverhalten der Verbraucher - Daten und Tendenzen - Empirische Grundlagen zur Konzipierung von "Sustainable Consumption Patterns" Elemente einer "Ökobilanz Haushalte" (Neitzel <i>et al.</i> 1994).	In dem Bericht werden für verschiedene Bereiche des Haushaltsverhaltens die Umweltfolgen an Hand konkreter Zahlenbeispiele aufgezeigt. Diese Zahlen geben die Folgen pro Kopf oder die Gesamtbelastung in Deutschland wieder. Die Betrachtung deckt allerdings nicht alle Bereiche mit der gleichen Genauigkeit ab. Einzelne Punkte werden sehr detailliert geschildert (u.U. weil es hierzu schon genaue Vorarbeiten gab). Die Daten werden nicht zu einer Gesamtbilanz zusammengefasst. In den Schlussfolgerungen zum Umweltverhalten privater Haushalte wird auf die Unterschiedlichkeit in den Handlungen für die verschiedenen Bereiche der Konsumentenentscheidungen verwiesen. (--, ?).
Joghurt	Transport - Beziehungen eines Erdbeer Joghurts (n.n. 1992).	Oft zitierte Untersuchung des Wuppertal-Instituts zu den Transporten, die auf Grund des Konsums von einem Joghurt notwendig sind. (--, WG).
Karotten Tomaten	Food and the Environment - Implications of Swedish Consumption Patterns (Carlsson-Kanyama 1997).	Zusammenfassung von drei früheren Veröffentlichungen (Carlsson 1995, Carlsson 1997). Trends des Nahrungsmittelkonsums in Schweden. Methode zur Berechnung durchschnittlicher Transportentfernungen. Auswertung der Treibhausgasemissionen auf Grund des Konsums von Tomaten und Karotten. (+, WG). evtl. einige Daten aus dem Beispiel zum Gemüseverzehr.
Kartoffelprodukte	Umwelterklärung 1996 (Max Helmer GmbH 1996).	Öko-Audit eines gemüseverarbeitenden Betriebes. Herstellung von Kartoffelprodukten für Grossabnehmer. (+, TT). Einige Daten zur Produktion.
Käse	System "Weichkäseproduktion" (Zuberbühler 1993).	Untersuchung der Stoffflüsse von C, N und P sowie Energie für die Weichkäseproduktion. (+, TT). Einige Daten zu In- und Outputs der Käseherstellung. Energieinhalt der Produktströme.
Landwirtschaft Methodik Öko-Audit	Agrar-Öko-Audit: Praxis und Perspektiven einer umweltorientierten Land- und Forstwirtschaft (Spindler 1998).	Einführung in die Methodik des Agrar-Öko-Audits. (--, TT).
Landwirtschaft	Energy Production on Farms - Sustainability of Energy Crops (van Zeijts 1995).	Emissionsfaktoren für Klimagase aus der Landwirtschaft (+, TT).
Landwirtschaft Tierhaltung, Biogasanlage, Fleischverarbeitung Milch & Eierverarbeitung	Alternative Energieversorgung eines Landwirtschaftsbetriebes - Auswirkungen auf den Stoffhaushalt (Heierle <i>et al.</i> 1992).	Untersuchung der Stoffflüsse von C, N und P sowie Energie für einen Landwirtschaftsbetrieb. (+, TT). Einige Daten zu In- und Outputs (Tierhaltung, Biogasanlage, Fleischverarbeitung und Milch & Eierverarbeitung). Energieinhalt der Produktströme.
Landwirtschaft	Alternative Energieversorgung eines Landwirtschaftsbetriebes - Auswirkungen auf den Stoffhaushalt (Sulser 1993).	Untersuchung der Stoffflüsse von C, N sowie Energie für einen Landwirtschaftsbetrieb. (+, TT). Einige Daten zu In- und Outputs. Energieinhalt der Produktströme.

Produkte	Titel und Literaturverweis	Ergebnisse, Bemerkungen und Verwendbarkeit des LCI
Landwirtschaft	Assessing long-term impacts of increased crop productivity on atmospheric CO ₂ (Cavazzoni & Volk 1996).	In dem Artikel werden indirekte und direkte Emissionen aus der Landwirtschaft bilanziert. Die Neugewinnung von Ackerland ist mit erheblichen CO ₂ Emissionen verbunden. Als globale Strategie wird deshalb eine möglichst intensive Landwirtschaft auf den vorhandenen Ackerflächen zur Minimierung der CO ₂ Emissionen vorgeschlagen. Die verstärkten Emissionen auf Grund des zusätzlichen Energiebedarfs sind in dieser Abschätzung berücksichtigt. (+-, WT). einige Informationen zu verschiedenen CO ₂ Quellen in der Landwirtschaft.
Landwirtschaft	Water Resources: Agriculture, the Environment, and Society (Pimentel <i>et al.</i> 1997).	Etwa 87% des Frischwasserverbrauchs der USA geht in die Landwirtschaft. Der Verbrauch pro kg beträgt z.B. für Kartoffeln 500 Liter Weizen 900 Liter Sorgum 1110 Liter Mais 1400 Liter Reis 1912 Liter Soja 2000 Liter Poulet 3500 Liter Rind 100 000 Liter. Der Wasserverbrauch spielt auf Grund des Aufwandes für Pumpen auch für den Energieverbrauch eine wichtige Rolle. (-, WT). Nur Daten zum Wasserverbrauch für einige Nahrungsmittel.
Landwirtschaft Konventionell - Organisch	Vergleich Konventioneller und Organischer Landbau - Teil 1: Klimarelevante Kohlendioxid-Emission durch den Verbrauch fossiler Energie (Haas <i>et al.</i> 1995a, Haas <i>et al.</i> 1995b, Haas & Köpke 1994).	Vergleich des Energieverbrauchs pro Hektar für organischen und konventionellen Landbau. Infrastruktur wurde nicht vollständig erfasst. Vergleich der CO ₂ Emissionen für eine Reihe Landwirtschaftlicher Produkte. In der Studie wird als Strategie zur Verminderung der CO ₂ Emissionen vorgeschlagen, verstärkt organischen Landbau zu betreiben. Voraussetzung hierfür ist allerdings eine Umstellung der Ernährungsgewohnheiten mit einer Reduktion des Fleischkonsums. Die Daten des LCI werden zum Teil wiedergegeben (+). Aus einer persönlichen Mitteilung können die Berechnungsgrundlagen entnommen werden.
Landwirtschaft Konventionell - Organisch - dynamisch Kartoffeln Rote Bete Kleegrass Weizen Gerste	Energiebilanzen für verschiedene Kulturen bei biologischer und konventioneller Bewirtschaftung (Alföldi <i>et al.</i> 1995). (Alföldi <i>et al.</i> 1997).	Vergleich des Energieverbrauchs pro Hektar und pro Ertrag für organisch-biologisch, biologisch-dynamischen und konventionellen Landbau. Infrastruktur wurde nicht vollständig erfasst. Beim Vergleich pro Hektar schneidet der biologisch-dynamische bzw. der organisch-biologisch Anbau in allen Fällen besser ab. Durch den geringeren Ertrag gilt dieses Ergebnis ausser für Kartoffeln nicht mehr beim Vergleich pro kg. Die Daten des LCI werden nur zum kleinen Teil wiedergegeben (+-, WT).
Landwirtschaft gesamt	Farming for the Future - An Environmental Perspective (Cowell & Clift 1996).	Vergleich der Umweltfolgen durch Ernährung in Grossbritannien wie sie heute entstehen mit einem Szenario in dem der gesamte Nahrungsmittelbedarf durch in Grossbritannien produzierte Nahrungsmittel gedeckt wird. Anwendung der Methoden Ecological Footprint bzw. Food Miles (kumulierte Transportentfernung). zum Vergleich. Einige Informationen zu Landverbrauch und Transportkilometern (-, WG).

Produkte	Titel und Literaturverweis	Ergebnisse, Bemerkungen und Verwendbarkeit des LCI
Mahlzeit	Energieverbruik voor buitenshuis geconsumeerde maaltijden (Oudshoff 1996).	Energiebilanz für verschiedene ausser Haus eingenommene Mahlzeiten. Nur Energiebilanz (+-, WG).
Mahlzeit	Energieverbruik voor thuis-geconsumeerde maaltijden (de Witte 1996).	Energiebilanz für verschiedene im Haushalt zubereitete Mahlzeiten. Nur Energiebilanz (+-, WG).
Mineralwasser	Umweltbericht - Fortschreibung - aus betrieblicher Ökobilanz für das Geschäftsjahr 1994/95 (Siegsdorfer Petrusquelle 1996).	Öko-Audit eines Getränkeherstellers. Energiebilanz und einige Betriebsstoffe (+-, TT).
Nahrungsmittel	Energy intensities of food (Kok <i>et al.</i> 1993). Energie voedt: nadere analyses van het indirecte energieverbruik van voeding (Kramer & Moll 1995).	Untersuchung zum Energieverbrauch von Nahrungsmitteln für ein breite Palette von Produkten mit Hilfe der Hybrid-Analyse (van Engelenburg <i>et al.</i> 1994). Daten zum kumulierten Energieaufwand für Nahrungsmittel in den Niederlanden, nur grobe Abschätzung des Energieaufwands (+), WG.
Nahrungsmittel	The Embodied Energy of Food: The Role of Diet (Coley <i>et al.</i> 1997).	Aufbauend auf der Untersuchung von Kramer & Moll (Kramer & Moll 1995) wird der Energieverbrauch im Verhältnis zum Energiegehalt verschiedener Nahrungsmittel ausgewertet. Ausserdem wird der Energieverbrauch durch verschiedene Ernährungsstile diskutiert. Es zeigt sich eine gross Streubreite des Energieverbrauchs. Abhängigkeiten zu klar erkennbaren Ernährungsstilen (z.B. vegetarisch). konnten nicht identifiziert werden. (-, WG). Es wird die Umrechnung der Niederländischen Energieintensität auf Grossbritannien erklärt.
Nahrungsmittel Fleisch Brot	Bestimmung des Energieverbrauchs für die Schweizer Konsummuster - Anwendung und Anpassung einer holländischen Hybridmethode auf Schweizer Verhältnisse (Zaccheddu 1997).	Bestimmung des kumulierten Energieaufwands für einige Nahrungsmittel in der Schweiz und Auswertung mit der Schweizer Verbrauchserhebung. Einige Daten zum Energieaufwand (+-, WG).
Nahrungsmittel	Haben Sie schon einmal Kilometer gegessen? (Ruf Erne 1994).	Broschüre, die die Ergebnisse der Studie von Zamboni (Zamboni 1994) darstellt. siehe (Zamboni 1994).
Nahrungsmittelherstellung	Lebensmitteltechnologie - biotechnologische, chemische, mechanische und thermische Verfahren der Lebensmittelverarbeitung (Heiss 1996).	Viele technische Informationen zur Lebensmittelverarbeitung und vor allem zum Energieverbrauch. (+-, TT).
Rapsfruchtfolge Winterweizen Wintergerste Winterroggen	Abbildung energetischer Effekte beim Vergleich von Ackerbausystemen mit geringen Intensitätsunterschieden (Moerschner <i>et al.</i> 1997).	Energiebilanz zum Vergleich verschiedener Anbausysteme. Folgende Verbrauchsgruppen sind in abnehmender Wichtigkeit für den Energieinput verantwortlich: Düngemittel, Treibstoff, Sonst. direkte Energie, Geräte, Pflanzenschutzmittel und Saatgut. Den geringsten Energieinput pro Ertrag hat das Szenario <i>Integriert</i> , gefolgt von <i>Extensiv</i> , <i>Reduziert</i> und <i>Ordnungsgemäss</i> (konventionell). (-, WT). Energiebilanz mit einigen Aussagen zu den getroffenen Annahmen.
Tomaten	Our Ecological Footprint - Reducing Human Impact on the Earth (Wackernagel <i>et al.</i> 1996).	Untersuchung des Anbaus von Tomaten in einer kanadischen Region. (-, WT).
Trauben	Materialintensitätsanalyse für die Traubenerzeugung an Hand eines Modellbetriebes (Patzwahl n.d.).	Geplante Materialintensitätsanalyse. (?).

Produkte	Titel und Literaturverweis	Ergebnisse, Bemerkungen und Verwendbarkeit des LCI
Wein	Ökobilanzierung der Transporte von Importweinen (Dinkel <i>et al.</i> 1997).	Bilanzierung und Auswertung der Transporte für Wein (aus biologischem Anbau). aus Kalifornien und Süditalien. Eine ähnliche Untersuchung mit einer Energiebilanz wurde auch in Konsum & Umwelt 2/97 veröffentlicht. (+-, WT). für die Transportentfernungen und angenommene Module.
Weizen Zuckerrüben	Energiebilanz (Küsters 1998).	Energiebilanzen insbesondere für die Düngerverwendung auf ausgewählten Versuchsfeldern. Untersuchungen zu dem Ammoniakverlusten unterschiedlicher Mineraldünger. (+-, WT).

4. Ergebnisse und Schlussfolgerungen der ökologischen Beurteilung

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse für die Weiterarbeit zusammengetragen. Hierzu wird zunächst die Auswahl geeigneter Indikatoren zur ökologischen Beurteilung des Bedürfnisfeldes Ernährung untersucht und aufgezeigt, dass Energieverbrauch oder Treibhausgasemissionen nur bedingt hierzu geeignet sind. Durch die Auswertung einer Reihe von Studien können wichtige Erkenntnisse zu einer ökologischen Ausrichtung des Nahrungsmittelkonsums gewonnen werden. Abschliessend werden diese Handlungshinweise zur ökologischen Entwicklung des Bedürfnisfeldes Ernährung diskutiert.

4.1. Auswahl von Indikatoren für die ökologische Beurteilung des Nahrungsmittelkonsums

Energie bzw. Treibhausgasemissionen werden oft als Indikatoren zur Beurteilung der Umweltfolgen von Produkten genutzt. Zur Beurteilung der Umweltfolgen landwirtschaftlicher Produkte reicht dies nicht aus.

Ziel des Forschungsprojektes „Energy, Greenhouse Gases and Way of Living“ ist die ökologische Beurteilung unterschiedlicher Verhaltens- bzw. Konsummuster, um hierdurch Handlungsstrategien für eine nachhaltige Entwicklung abzuleiten. Untersuchungen dieser Art greifen oftmals auf Energie als einfach zu bilanzierenden Leitindikator zurück. Die Begründung für die Auswahl des Energieverbrauchs (inkl. der aufgrund von Vorleistungen zu erbringenden Grauen Energie) ist die Tatsache, dass viele Umweltfolgen unmittelbar mit dem Energieverbrauch in Verbindung stehen (z.B. Abgabe, Treibhauseffekt durch CO₂ Emissionen, etc.). Eine Ausweitung dieser Sichtweise ist der Einbezug von Treibhausgasemissionen aufgrund der Verbrennung fossiler Energieträger in die Bilanzierung.

Durch die Betrachtung der generellen Umweltprobleme der Landwirtschaft in Kapitel 3.2.2 und die Auswertung von detaillierten Ökobilanzen zum Thema wurde deutlich, dass oft andere Probleme als Energie und Treibhausgas im Vordergrund stehen.

Zur Beurteilung der potentielle Handlungsmöglichkeiten zur Beeinflussung der verursachten Umweltbelastungen durch das Konsumverhalten im Ernährungsbereich ist es nötig mit einer geeigneten Methode die Nahrungsmittel zu identifizieren, die insgesamt relativ geringe Umweltbelastungen verursachen. Zur ökologischen Beurteilung von landwirtschaftlichen Produkten sind Energieverbrauch bzw. Treibhausgasemissionen alleine vermutlich keine befriedigenden Indikatoren. Wichtig ist für die Beurteilung der Einbezug von Umweltfolgen in den Wirkungskategorien Pestizide, Versauerung und Überdüngung. Auch nicht-energiebedingte Treibhausgasemissionen sollten in eine Beurteilung einbezogen werden.³⁹

³⁹ Noch nicht entwickelt wurden Methoden zum Einbezug weiterer Umweltfolgen in die Ökobilanz die speziell für die landwirtschaftliche Produktion von Bedeutung sind, z.B. Bodenverdichtung und Erosion, Biodiversität oder Landnutzung (vgl. hierzu Kapitel 3.2.4).

4.2. Handlungshinweise als Ergebnis der Auswertung

Aus der Auswertung von Ökobilanzen können Handlungshinweise für KonsumentInnen für eine umweltgerechte Entwicklung des Bedürfnisfeldes Ernährung abgeleitet werden.

KonsumentInnen können die Umweltrelevanz eines eingekauften Nahrungsmittels an Hand unterschiedlicher Merkmale beurteilen und berücksichtigen. Aus der Auswertung unterschiedlicher Ökobilanzen und anderer Methoden der ökologischen Beurteilung für Nahrungsmittel ergibt sich kein einheitliches Bild zur Relevanz verschiedener Produktmerkmale für die Umweltbelastungen. Beim Vergleich der Relevanz verschiedener Verarbeitungsstufen zeigen sich ausserdem starke Unterschiede je nach betrachteten Umweltindikatoren.

Aus der Auswertung einer Reihe von Arbeiten in diesem Kapitel ergeben sich einige Erkenntnisse zur Ökologisierung des Bedürfnisfeldes Ernährung aus Sicht der EndkonsumentInnen. Zumindest in der überwiegenden Anzahl der Fälle sollten die in Tab. 4-1 genannten Einkaufs- und Verhaltensregeln zu geringeren Umweltbelastungen führen.

Tab. 4-1 Handlungshinweise für ein ökologisches KonsumentInnenverhalten.

Handlungshinweis	Einschränkung
Reduktion des Konsums tierischer Produkte.	Tierhaltung und Produktion von Milchprodukten können dort sinnvoll sein, wo eine andere landwirtschaftliche Produktion nicht möglich ist oder wo auf diese Weise Abfälle der Nahrungsmittelverarbeitung verwertet werden können.
Saisongerechte Produkte aus Bio- oder IP-Anbau bevorzugen und auf Produkte aus dem Gewächshaus und aus konventionellem Anbau verzichten	Schwierig ist z.Zt. noch ein abschliessendes Urteil im Vergleich von Bio- und IP-Produkten. Erstere vermeiden Umweltbelastungen durch den Einsatz von Pestiziden. Demgegenüber steht ein höherer Landverbrauch. Ausserdem führt die Düngung mit Hofdünger zu einer höheren Freisetzung von Stickstoffverbindungen mit Auswirkungen auf Überdüngung, Versauerung und Toxizität. Die unter Umständen geringere Energieintensität des biologischen Landbaus durch den Verzicht auf Kunstdünger reicht als alleiniges Argument für diese Anbauweise nicht aus. Die Schwankungsbreite bei der Betrachtung einzelner Höfe kann zumindestens zum Teil den Einfluss eines bestimmten Produktionsverfahrens für die Umwelt überlagern.
Verzicht auf mit dem Flugzeug transportierte Produkte. Auswahl von Produkten mit kurzen Transportwegen.	Auch kurze Wege können relevant sein, wenn nur geringe Mengen transportiert werden (Einkauf mit dem PKW, Feinsammlung bzw. Verteilung).
Kauf von frischen, ungekühlten Produkten mit geringer Verarbeitungstiefe.	Einige sogenannte Frischprodukte z.B. Teigwaren werden aus vorher tiefgefrorenen Waren hergestellt und sind somit umweltbelastender. Schwer abzuschätzen ist das Trade-off zwischen höheren Umweltbelastungen auf Grund der Weiterverarbeitung zu Fertig-Produkten und der reduzierten Umweltbelastungen auf Grund der einfacheren Zubereitung in der Konsumphase. Eine Untersuchung in den Niederlanden hat gezeigt, dass vorverarbeitete Produkte in der Regel einen insgesamt höheren Energieverbrauch verursachen (Brouwer 1998:4).

Handlungshinweis	Einschränkung
Geringes Gewicht des Verpackungsmaterials.	Die Art des Verpackungsmaterials z.B. Plastik oder Papier hat eher einen geringen Einfluss auf die Umweltbelastungen. Insgesamt wurde die Bedeutung des Verpackungsmaterials für den umweltgerechten Einkauf in der Vergangenheit eher überbewertet. Dies ist wohl damit zu begründen, dass der Verpackungsabfall für KonsumentInnen die zunächst am besten wahrzunehmende Umweltverschmutzung darstellt. Diese ist aber bei einer Betrachtung des gesamten Lebenszyklus eher wenig relevant.
Haushaltsführung: Verzicht aufs Auto beim Einkauf, Verzicht auf gekühlte Produkte und Kauf eines kleinen energiesparenden Kühlschranks, energiesparende Zubereitung, Vermeidung bzw. Recycling von Abfällen und Minimierung der Verluste durch Verfall.	

Als Fazit der verschiedenen Untersuchungen und Handlungshinweise könnte man meinen, dass die unter ökologischen Gesichtspunkten günstigste Ernährungsweise die Selbstversorgung aus dem eigenen Garten unter Verzicht auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Mineraldüngern wäre. Nur wenige KonsumentInnen können jedoch nach diesem Idealbild leben. Eine ausreichende Nahrungsmittelversorgung unter den heutigen Wohnbedingungen könnte so nicht sichergestellt werden. Und leider wird auch in Kleingärten häufig mehr als notwendig gespritzt und gedüngt.⁴⁰

Oft können nicht alle der oben genannten Handlungshinweise beachtet werden. Beim Zusammenspiel mehrerer der oben genannten Faktoren, mit entgegengesetzter Umweltrelevanz (z.B. Entscheidung zwischen einem Schweizer Produkt aus dem Gewächshaus oder Ausländisches Produkt aus dem Freiland) ist eine Untersuchung für den Einzelfall notwendig, um die am wenigsten umweltbelastende Variante zu bestimmen. Für KonsumentInnen, aber auch für die Akteure in der vorgelagerten Produktionskette, ist eine solche Entscheidung schwierig, da die notwendigen Informationen nicht mit den nötigen Details zur Verfügung stehen. Deutlich wurde aus den hier vorgenommenen Auswertungen, dass die Konzentration auf einzelne Merkmale nicht unter allen Umständen zu einer Ökologisierung führt.

Für die weitere Arbeit ist es deshalb sinnvoll, an der Aufklärung der Umweltrelevanz einzelner Produktmerkmale zu arbeiten und vereinfachende Handlungsempfehlungen weiterzugeben. Ebenso kann das KonsumentInnenverhalten nur auf Grund der Beachtung des Zusammenspiels mehrerer Faktoren ökologisch beurteilt werden. Hierzu ist es notwendig verschiedene Informationen zu den eingekauften Produkten zu erheben und deren ökologische Relevanz gegeneinander abzuschätzen.

⁴⁰ Vgl. hierzu B. Sutter: "Boden zu Tode gedüngt." im Tages-Anzeiger vom 9.3.1999, Seite 18.

Literatur

- AkkU Umweltberatungs GmbH; Salzgeber, C. & Lörcher, M. (1.1996): Produkt-Ökobilanz des Pfister-Ökobrottes. Stocker's Backstube GmbH, Ludwig Stocker Hofpfisterei GmbH, Lauf/Pegnitz, Deutschland
- Alföldi, T.; Schmid, O.; Gaillard, G. & Dubois, D. (1999): IP- und Bio-Produktion: Ökobilanzierung über eine Fruchtfolge. In Agrarforschung Vol. **6** (9): 337 - 340, Posieux
- Alföldi, T. (10.1998): Ökobilanzen landwirtschaftlicher Produktionsweisen am Beispiel eines langjährigen Feldversuches. In Jungbluth, N. & Köllner, T.: 8. Diskussionsforum Ökobilanzen "Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Produkte". Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich
- Alföldi, T.; Spiess, E.; Niggli, U. & Besson, J.-M. (1995): DOK-Versuch: vergleichende Langzeit-Untersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch-dynamisch, organisch-biologisch und konventionell. In Schweiz. Landw. Fo. Vol. **2** (Sonderheft DOK): 1-16
- Alföldi, T.; Spiess, E.; Niggli, U. & Besson, J.-M. (1997): Energiebilanzen für verschiedene Kulturen bei biologischer und konventioneller Bewirtschaftung. In Ökologie & Landbau Vol. **25** (1): 39-42
- Andersson, K.; Høgaas-Eide, M.; Lundqvist, U. & Mattson, B. (1998a): The feasibility of including sustainability in LCA for product development. In Journal of Cleaner Production Vol. **6** : 289-298
- Andersson, K. & Ohlsson, T. (1999): Life Cycle Assessment of Bread Produced on Different Scales. In Int. J. LCA Vol. **4** (1): 25-40, Landsberg, Germany
- Andersson, K.; Ohlsson, T. & Olsson, P. (1998b): Screening life cycle assessment (LCA) of tomato ketchup: a case study. In Journal of Cleaner Production Vol. **6** (3-4): 277-288
- Antille, G. (1995): Consommation privée. Laboratoire d'économie appliquée de l'Université de Genève, Genf
- Antille, G.; Romerio, F. & Vickers, D. (1995): Tableaux Entrees-Sorties Suisse - 1990 - Version provisoire. Laboratoire d'économie appliquée de l'Université de Genève, Genf
- Anwander Phan-Huy, S. (9.1993): Agrarschutz für Hors Sol-Produkte? Institut f. Agrarwirtschaft, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich
- Audsley, E.; Alber, S.; Cowell, S. J.; Clift, R.; Crettaz, P.; Gaillard, G.; Hausheer, J.; Jolliet, O.; Kleijn, R.; Mortensen, B.; Pearce, D.; Roger, E.; Teulon, H.; Weidema, B. & Ziejts, H. v. (6.1997): Harmonisation of Environmental LCA for Agriculture. Final Report, Concerted Action No. AIR3-CT94-2028, Silsoe Research Institute, Silsoe, UK
- Baccini, P.; Daxbeck, H.; Glenck, E. & Henseler, G. (1993): METAPOLIS - Güterumsatz und Stoffwechselprozesse in den Privathaushalten einer Stadt. Bericht des NFP "Stadt und Verkehr" No. 34A, Eidgenössische Technische Hochschule-Zürich, Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG), Zürich
- Baumann, H. (2.1992): LCA: Utvärdering med index. Beräkning av två uppsättningar norska index. CIT-ekologik, Chalmers Industriteknik, Göteborg, Sweden
- Bernhard, S. & Moos, T. (12.1998): Ökobilanz des Camembert: Entscheidungsgrundlagen für den umweltbewussten Einkauf von Weichkäse. FAU-Schriftenreihe, Fachverein Arbeit und Umwelt, Zürich
- Biesot, W.; Moll, H. C.; Vringer, K.; Wilting, H. C.; Blok, K.; Kok, R.; Noorman, K. J. & Potting, J. (1995): Reduction of CO₂ emissions by lifestyle changes. Final report to the NRP global Air Pollution and Global Change, IVEM research report No. 80, Center for Energy and Environmental Studies of the University of Groningen (IVEM RUG), The Netherlands
- Blok, K. & Vringer, K. (July 1995): Energie-intensiteit van levensstijlen (Energie intensities of lifestyles). Report No. 95019, Department of Science, Technology and Society, Utrecht University, Utrecht, The Netherlands
- Blonk, T. J.; Lafleur, M. C. C. & van Zeijts, H. (1997): Towards an environmental infrastructure for the Dutch Food Industry. IVAM, CLM, Amsterdam, The Netherlands
- Böge, S. (1995): Erfassung und Bewertung von Transportvorgängen: Die produktbezogene Transportkettenanalyse. In Läßle, D.: Güterverkehr, Logistik und Umwelt, Analysen und Konzepte zum interregionalen und städtischen Verkehr. Vol. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Pages: 113 - 141, sigma Verlag, ISBN/ISSN 3-89404-352-0, Berlin

- Bolliger, A. & Zumbunn, J. (1991): Methode einer ökologischen Grobanalyse am Beispiel Vanillecornet-Herstellung und Verteilung. Diplomarbeit, Laboratorium für Energiesysteme, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Schweiz
- Brand, G.; Scheidegger, A.; Schwank, O. & Braunschweig, A. (1998): Bewertung in Ökobilanzen mit der Methode der ökologischen Knappheit - Ökofaktoren 1997. Schriftenreihe Umwelt No. 297, INFRAS, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern
- Brau AG (1995): Umweltbilanz 1995. Umwelterklärung Linz, Österreich
- Braunschweig, A.; Brunner, S.; Hofstetter, P. & Müller-Wenk, R. (1997): Umweltliche Bewertung im Automobilbau - Einführung und Weiterentwicklung des Eco-Indicator 95. Auftrag der Daimler-Benz AG, Abt. EP/VUG, unpublished Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften (UNS), Institut für Wirtschaft und Ökologie, Eidgenössische Technische Hochschule, Universität St. Gallen, Zürich, St. Gallen
- Braunschweig, A.; Förster, R.; Hofstetter, P. & Müller-Wenk, R. (3.1996): Developments in LCA Valuation. Final Report of Project No. 5001-35066, Swiss National Science Foundation, Swiss Priority Programme Environment, IWÖ - Diskussionsbeitrag No. 32, EMPA, ESU-ETH, Inst. f. Wirtschaft und Ökologie, Hochschule St. Gallen, St. Gallen
- Brouwer, N. M. (1998): Energy reduction options related to Dutch household food consumption. Working Paper, Department of Household and Consumer Studies, Wageningen Agricultural University, Wageningen
- Büchel, K. (1995): Ökobilanz landwirtschaftlicher Produktion. Wissenschaftlicher Schlussbericht Schwerpunktprogramm Umwelt an den Schweizerischen Nationalfond zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung Nachdiplomstudium, FAT Tänikon b. Aadorf, Schaan
- Bundesamt für Gesundheit (1998): Keller, U.; Lüthy, J.; Amadò, R.; Battaglia-Richi, E.; Battaglia, R.; Casabianca, A.; Eichholzer, M.; Rickenbach, M. & Sieber, R., Vierter Schweizerischer Ernährungsbericht. EDMZ, ISBN/ISSN 3-905235-24-2, Ed. Bern
- Bundesamt für Landwirtschaft (1996): Forschungskatalog 1996 - 1999. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Bern
- Bundesamt für Statistik (1992): Verbrauchserhebung 1990. Reihe 6: Produktion, Handel und Verbrauch, Bern, Switzerland
- Carl Kühne KG (1996): Umwelterklärung 1995. Öko-Audit Straelen
- Carl Kühne KG (1997): Vereinfachte Umwelterklärung 1996. Öko-Audit Straelen
- Carlsson, A. (1994): Developing a Methodology to Assess Environmental Effects of Consumption Patterns. IMES/EESS Report No. 18, Environmental and Energy System Studies, Lund University, Lund, Sweden
- Carlsson, A. (1995): Swedish Food Consumption and the Environment - a trend analysis during the period of consumerism. IMES/EESS Report No. 19, Environmental and Energy System Studies, Lund University, Lund, Sweden
- Carlsson, A. (1997): Weighted Average Source Points and Distances for Consumption Origin - Tools for Environmental Impact Assessment. In Ecological Economics (accepted 1/97)
- Carlsson-Kanyama, A. (5.1997): Food and the Environment - Implications of Swedish Consumption Patterns. Thesis for the Degree of Filosofie Licentiat, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Lund, Sweden
- Cavazzoni, J. & Volk, T. (1996): Assessing long-term impacts of increased crop productivity on atmospheric CO₂. In Energy Policy Vol. **24** (5): 403-411
- Cederberg, C. (1998): Life Cycle Assessment of Milk Production - A Comparison of Conventional and Organic Farming. SIK-Rapport No. 643, The Swedish Institute for Food and Biotechnology, Gothenburg, Sweden
- Ceuterick, D. & Huybrechts, D. (28.11.1995): LCA of corn starch - Summary Report. In SETAC: Presentation Summaries. 3th Symposium for Case Studies. Brussels
- Charles, R.; Jolliet, O. & Gaillard, G. (3.-4.12.1998): Taking into account quality in the definition of functional unit and influence on the environmental optimisation of fertiliser level. In Ceuterick, D.: 2nd International Conference on the application of LCA in Agriculture, Agro-Industry and Forestry. Pages: PL11-16, VITO, Brussels
- Clift, R.; Cowell, S. J. & Doig, A. (28-29. 9.1995): A Case Study of LCI by Allocation and System Extension: Straw. In International Workshop on LCA and Treatment of Solid Waste. Centre for Environmental Strategy, University of Surrey, Guildford, UK, Stockholm

- Clift, R.; Cowell, S. J.; Hawes, W. & Pearce, D. (12.1996): A Life Cycle and Linear Programming Analysis of Food Production and Distribution. Project Report No. L320253122, Centre for Environmental Strategy, University of Surrey, Guildford, UK
- Coley, D. A.; Goodliffe, E. & Macdiarmid, J. (1997): The Embodied Energy of Food: The Role of Diet. In Energy Policy Vol. **26** (6): 455-459
- Cowell, S. J. & Clift, R. (6-8.12.1995): Life Cycle Assessment for Food Production Systems. Paper read at the International Conference in Cambridge, The Fertiliser Society, Proceedings No. 375, Centre for Environmental Strategy, University of Surrey, Guildford, UK
- Cowell, S. J. & Clift, R. (1996): Farming for the Future - An Environmental Perspective. Centre for Environmental Strategy, University of Surrey, Guildford, UK
- Cowell, S. J.; Clift, R.; Audsley, E.; Alber, S.; Crettaz, P.; Gaillard, G.; Hausheer, J.; Jolliet, O.; Kleijn, R.; Mortensen, B.; Pearce, D.; Roger, E.; Teulon, H.; Weidema, B. & Ziejts, H. v. (3.12.1996): Harmonisation of Environmental LCA for Agriculture. A Case Study of Wheat Production. In SETAC: Presentation Summaries. 4th Symposium for Case Studies. Brussels
- Davis, J. & Haglund, C. (1999): Life Cycle Inventory (LCI) of Fertiliser Production: Fertiliser Products used in Sweden and Western Europe. SIK-Rapport No. 654, Masters' Thesis Chalmers University, The Swedish Institute for Food and Biotechnology, Gothenburg, Sweden
- de Witte, A. (7.1996): Energieverbruik voor thuis-geconsumeerde maaltijden. IVEM-doctoraalverslag No. 48, Center for Energy and Environmental Studies of the University of Groningen (IVEM RUG), The Netherlands
- Diepenbrock, W. & und viele andere (1997): Verschiedene Beiträge. In Diepenbrock, W.; Kaltschmitt, M.; Nieberg, H. & Reinhardt, G.: Umweltverträgliche Pflanzenproduktion - Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen; Fachtagung am 11. und 12. Juli 1996 in Wittenberg. Vol. 5, Initiativen zum Umweltschutz, Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Osnabrück
- Dietrich, R. & Amon, T. (1996): Recycling of organic Waste to Agriculture from an LCA perspective. In Ceuterick: International Conference on Application of Life Cycle Assessment in Agriculture, Food and Non-Food Agro-Industry and Forestry: Achievements and Prospects. Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO), Brussel, Belgium, Vlaamse
- Dinkel, F.; Waldeck, B. & Wunderlin, D. (November 1997): Ökobilanzierung der Transporte von Importweinen. Bericht im Auftrag der DELINAT AG, Heiden Carbotech, Basel
- Dinkel, F. & Wolfensberger, U. (November 1995): Bewertung nachwachsender Rohstoffe. Zwischenbericht, Im Auftrag des BLW, Carbotech, Basel
- Dr. Oetker Nahrungsmittel KG (1996): Umweltbewusst aus Überzeugung. Umweltbericht Deutschland
- ECOBILAN (n.d.): Ecobilans dans les Industries Agro-Alimentaires. Programme Finance par 13 Industriels Francais, Synthese Ministere de L'Enseignement Superieur et de la Recherche, Ministere de L'Agriculture et de la Peche, Paris
- Epp, A. & Reichenbach, A. (8.1999): Rückmeldung an KonsumentInnen zu den Umweltfolgen ihrer Lebensmitteleinkäufe. Diplomarbeit Nr. 26/99, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften, Eidgenössische Technische Hochschule, 147 Pages, www.ulme.uns.umnw.ethz.ch, Zürich
- Fannenböck, H. (1994): Das Projekt "Energiebilanz eines Bauernhofes". Praktikumsbericht für den Schweiz. Bauernverband (SBV), Umweltnaturwissenschaften, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich
- Federspiel, M. (1992): Energieleitbild Landwirtschaft oder Energiebilanz Bauernhof. Semesterarbeit, Laboratorium für Energiesysteme, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Schweiz
- Fehrenbach, H. (10.1998): Multifunktionalität von landwirtschaftlich genutztem Land in Produktökobilanzen. In Jungbluth, N. & Köllner, T.: 8. Diskussionsforum Ökobilanzen "Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Produkte". Pages: 42-53, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich
- Fleischwerk Viersen (1996): Umwelt - Bericht und Erklärung 95/96. Öko-Audit Kaiser's Kaffee -Geschäft AG, Viersen
- Fraunhofer Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (1998): Klöpfler, W. H., Otto, Produkt-Ökobilanz vakuumverpackter Röstkaffee. LCA Documents, Eco-Infoma Press, ISBN/ISSN 3-928379-55-0, Ed. 1., Pages: 220, Bayreuth
- Fuchs, M. (1993): Produktlinienanalyse eines Produktes aus ökologischer Erzeugung - Fallbeispiel Joghurt. Diplomarbeit, FB Landwirtschaft, GH Kassel, Witzenhausen

- Furnander, A. (1996): Life Cycle Assessment of Dimethyl Ether as a Motor Fuel. Examensarbete 96:12, Chalmers University of Technology, Göteborg
- Gaillard, G.; Crettaz, P. & Hausheer, J. (1997): Umweltinventar der landwirtschaftlichen Inputs im Pflanzenbau. FAT-Schriftenreihe No. 46, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon
- Gaillard, G. & Hausheer, J. (9.1997): Ökobilanz des Weizenanbaus: Vergleich der intensiven, der integrierten und der biologischen Produktion. Vortrag, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon
- Geier, U.; Kessler, T.; Köpke, U. & Schiefer, G. (18.6.1997): Grundlagen einer prozesskettenbezogenen Ökobilanz in der Fleischerzeugung. In DLG Umweltgespräche: Ökobilanzen - von der Erzeugung zum Produkt. Pages: 107-130, Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, Bonn
- Geier, U. & Köpke, U. (3.-4.12.1998): Comparison of Conventional and Organic Farming by Process-Life Cycle Assessment: A Case Study of Agriculture in Hamburg. In Ceuterick, D.: 2nd International Conference on the application of LCA in Agriculture, Agro-Industry and Forestry. Pages: PL-31-38, VITO, Brussels
- Goedkoop, M. (1995): The Eco-indicator 95 - Weighting method for environmental effects that damage ecosystems or human health on a European scale. Final Report Novem, rivm, Amersfoort
- Goedkoop, M.; Hofstetter, P.; Müller-Wenk, R. & Spriensma, R. (1998): The Eco-Indicator 98 Explained. In Int. J. LCA Vol. 3 (6): 352-360, Landsberg, Germany
- Goedkoop, M. & Spriensma, R. (10.1999): The Eco-indicator 99: A damage oriented method for life cycle impact assessment. Methodology Report PRé Consultants, Amersfoort, The Netherlands
- Groot-Marcus, A. P.; Potting, J.; Brouwer, N. M. & Blok, K. (3.1996): Households, energy consumption and emission of greenhouse gases. Conceptual framework for the Green House projekt Department of Household and Consumer Studies, Wageningen Agricultural University, The Netherlands
- Guinée, J.; Heijungs, R.; Oers, L. v.; Meent, D. v. d.; Vermeire, T. & Rikken, M. (5.1996): LCA impact assessment of toxic releases. Product Policy No. 1996/21, RIVM Bilthoven, CML Leiden, Leiden
- Guinée, J. B. (1995): Development of a Methodology for the Environmental Life-Cycle Assessment of Products - with a case study on margarines. Dissertation, Universität Leiden, The Netherlands, Leiden
- Gutsche, V. (1997): Pflanzenschutzbezogene Indikatoren einer nachhaltigen Landwirtschaft - Probleme und Lösungsansätze. In Diepenbrock, W.; Kaltschmitt, M.; Nieberg, H. & Reinhardt, G.: Umweltverträgliche Pflanzenproduktion - Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen; Fachtagung am 11. und 12. Juli 1996 in Wittenberg. Vol. 5, Pages: 101-114, Initiativen zum Umweltschutz, Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Osnabrück
- Gysi, C. (6.1993): Bewertung des Produktionsmitteleinsatzes im Gemüsebau - eine ökologische Buchhaltung. Flugschrift No. 128, Eidg. Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, Wädenswil
- Gysi, C. & Reist, A. (1990): Hors-sol Kulturen - eine ökologische Bilanz. In Landwirtschaft Schweiz Vol. 3 (8): 447-459, Schweiz
- Haas, G.; Geier, U.; Schulz, D. G. & Köpke, U. (1995a): Klimarelevanz des Agrarsektors der Bundesrepublik Deutschland: Reduzierung der Emission von Kohlendioxid. In Berichte über Landwirtschaft Vol. 73 : 387-400
- Haas, G.; Geier, U.; Schulz, D. G. & Köpke, U. (1995b): Vergleich Konventioneller und Organischer Landbau - Teil 1: Klimarelevante Kohlendioxid-Emission durch den Verbrauch fossiler Energie. In Berichte über Landwirtschaft Vol. 73 : 401-415
- Haas, G. & Köpke, U. (1994): Vergleich der Klimarelevanz ökologischer und konventioneller Landbewirtschaftung. In Bundestages, E. d. D.: Schutz der Erdatmosphäre, Vol. Bd. 1 Landwirtschaft, Economica-Verlag, Bonn
- Haberl, H. (1997): Biomass Flows in Austria: Integrating Concepts of Societal Metabolism and Colonisation of Nature. In ConAccount Workshop. Leiden, Netherlands
- Haglund, A.; Johansson, L.; Berglund, L. & Dahlstedt, L. (1999): Sensory evaluation of carrots from ecological and conventional growing systems. In Food Quality and Preference Vol. 10 : 23-29, Great Britain

- Hanselmann, M. & Müller, B. (1993): Produktlinienanalyse der Tomate. Diplomarbeit, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich
- Hauser, A. (1994): Zeitschrift für Betriebswirtschaft; Marktforschung und Agrarpolitik, Verbraucherpräferenzen für Nahrungsmittel aus der näheren Umgebung. Agrarwirtschaft, Agri Media, ISBN/ISSN 3-86037-025-1, Ed. Giessen
- Heierle, T.; Motalla, F. & Zimmermann, P. (1992): Alternative Energieversorgung eines Landwirtschaftsbetriebes - Auswirkungen auf den Stoffhaushalt. Semesterarbeit, Abt. für Stoffhaushalt und Entsorgungstechnik, EAWAG, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Dübendorf
- Heijungs, R.; Guinée, J.; Lankreijer, R. M.; Udo de Haes, H. A. & Wegener Sleeswijk, A. (10.1992a): Environmental life cycle assessment of products - Backgrounds. Novem, rivm, CML, Leiden
- Heijungs, R.; Guinée, J.; Lankreijer, R. M.; Udo de Haes, H. A. & Wegener Sleeswijk, A. (10.1992b): Environmental life cycle assessment of products - Guide. Novem, rivm, CML, Leiden
- Heiss, R. (1996): Lebensmitteltechnologie - biotechnologische, chemische, mechanische und thermische Verfahren der Lebensmittelverarbeitung. Springer, cop., ISBN/ISSN 3-540-60111-2, Ed. Berlin
- Hess, B. (8.1997): Erst der Bauch, dann der Kopf? - Ökobilanz einer Mahlzeit. Diplomarbeit, Abt. für Umweltnaturwissenschaften, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich
- Hofer, K.; Meier, B. & Stalder, U. (6.1997): Leisten "Regionale Produkte" einen Beitrag zu einer nachhaltigen Ökologisierung des Bedürfnisfeldes Ernährung? Diskussionspapier Integriertes Projekt Gesellschaft I No. 8, Gruppe für Wirtschaftsgeographie und Regionalforschung, Universität Bern, Schweiz
- Hofstetter, P. (1992): Persönliche Energie- und CO₂-Bilanz. Fragebogen und Kommentar zur Bestimmung des privaten Energieverbrauchs und CO₂-Ausstosses. Aktion Klimaschutz, Zürich, Schweiz
- Hofstetter, P. (6.1996): Ökobilanz Ökokühlschrank - Ein Vergleich von Kühlschränken traditioneller Bauart mit verschiedenen hochwärmegeämmten Varianten. Kurzstudie Büro für Analyse & Oekologie, Zürich, Switzerland
- Hofstetter, P. (1998): Perspectives in Life Cycle Impact Assessment: A structured approach to combine models of the technosphere, ecosphere and valuesphere. Kluwer Academic Publishers, ISBN/ISSN 0-7923-8377-X, Ed. 484, Boston, Dordrecht, London
- Høgaas, M. (1996): Environmental study of distribution-intensive food products - A literature survey. SIK-Rapport No. 621, The Swedish Institute for Food and Biotechnology, Gothenburg, Sweden
- Høgaas-Eide, M. & Ohlsson, T. (1998): A Comparison of Two Different Approaches to Inventory Analysis of Dairies. In Int. J. LCA Vol. **3** (4): 209-215, Landsberg, Germany
- Huijbregts, M. A. J. (5.1999): Priority assessment of toxic substances in the frame of LCA: Development and application of the multi-media fate, exposure and effect model USES-LCA. Final report Interfaculty Department of Environmental Sciences, University of Amsterdam, www.leidenuniv.nl/interfac/cml/lca2/, Amsterdam
- ifu - Inst. f. Umweltinformatik & ifeu - Inst. f. Energie- und Umweltforschung (n.d.): umberto . Programm, Beschreibung & Anhang for DOS, Heidelberg, Hamburg
- INFRAS (1991): Ökologische Grobanalyse zur Volksinitiative "Für ein abfallarmes Gastgewerbe". Zwischenbericht Zürich
- Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) (7.1992): Ökobilanzen für die Konservenindustrie - Methodenteil zum Forschungsprojekt. Schriftenreihe No. 13, Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), Wien
- International Organization for Standardization (ISO) (6.1998): Environmental Management - Life Cycle Assessment. Final Drafts from working groups for the set up of standard ISO 14040 ff, Paris
- Jolliet, O. (1993): Bilan écologique de la production de tomates en serre. In Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. Vol. **25** (4): 261-267
- Jolliet, O.; Cotting, K.; Drexler, C. & Farago, S. (1994): Life Cycle Analysis of biodegradable packing materials compared with polystyrene chips: The case of popcorn. In Agric. Ecosyst. Environ. (49): 253-266

- Jolliet, O. & Crettaz, P. (7.1997): Critical Surface-Time 95. Inst. of Soil and Water Management, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Lausanne
- Jolliet, O.; Margni, M.; Rossier, D. & Crettaz, P. (3.-4.12.1998): Life cycle impact assessment of pesticides on human health and ecosystems. In Ceuterick, D.: 2nd International Conference on the application of LCA in Agriculture, Agro-Industry and Forestry. VITO, Brussels
- Jungbluth, N. (12.1995): Restricted Life Cycle Assessment for Fossil Cooking Fuels in India. Diploma Thesis, FB Umwelttechnik, FG Umweltchemie, Technische Universität, 125 Pages, <ftp://itu106.ut.tu-berlin.de/india/>, Berlin
- Jungbluth, N. (8.1997a): Life-Cycle-Assessment for Stoves and Ovens. UNS-Working Paper No. 16, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften (UNS), Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich
- Jungbluth, N. (2.1997b): Übersicht Ökologische Betrachtungen der Aktivität Ernährung - Zusammenstellung von Forschungsgruppen im Arbeitsfeld Ernährung und Umwelt - Auswertung der wichtigsten Arbeiten. ESU-Arbeitspapier No. 1/97, Gruppe ESU, Institut für Energietechnik, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich
- Jungbluth, N. (8.1998): Ökologische Beurteilung des Bedürfnisfeldes Ernährung: Arbeitsgruppen - Methoden - Stand der Forschung - Folgerungen. Working Paper No. 18, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften, Eidgenössische Technische Hochschule, www.uns.umnw.ethz.ch/pers/jungbluth/publication.html, Zürich
- Jungbluth, N. (25-29.5.1999a): The consumers' point of view modelled in a modular LCA. In SETAC: Quality of Life and Environment in Cultured Landscapes - 9th SETAC-Europe Annual Meeting. Abstracts, Pages: 80, SETAC, www.uns.umnw.ethz.ch/pers/jungbluth/publication.html, Leipzig
- Jungbluth, N. (in preparation-1999b): Umweltfolgen des Nahrungsmittelkonsums: Beurteilung von Produktmerkmalen auf Grundlage einer modularen Ökobilanz. Dissertation, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich
- Jungbluth, N.; Kollar, M. & Koss, V. (1997): Life Cycle Inventory for Cooking. In Energy Policy Vol. **25** (5): 471-480
- Jungbluth, N.; Tietje, O. & Scholz, R. (1999): The modular LCA: Environmental impacts of food purchases from the consumers' point of view. In Int. J. LCA (submitted), Landsberg, Germany
- Juric, B. & Worsley, A. (1998): Consumers' attitudes towards imported food products. In Food Quality and Preference Vol. **9** (6): 431-441, Great Britain
- Kahlmeier, S. (6.1998): Aktionsplan Umwelt und Gesundheit: Evaluationskonzept, 2 Teilbereich Natur und Wohlbefinden. Bundesamt für Gesundheit, Basel
- Kalk, W.-D. & Hülsbergen, K.-J. (1997): Energiebilanz - Methode und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. In Diepenbrock, W.; Kaltschmitt, M.; Nieberg, H. & Reinhardt, G.: Umweltverträgliche Pflanzenproduktion - Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen; Fachtagung am 11. und 12. Juli 1996 in Wittenberg. Vol. 5, Pages: 31-42, Initiativen zum Umweltschutz, Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Osnabrück
- Kaltschmitt, M.; Becher, S. & Reinhard, G. A. (19.-20.2.1997a): Nachwachsende Energieträger - Energie- und Emissionsbilanzen. In FGU: UTEC. Pages: 53-74, Fortbildungszentrum Gesundheit- und Umweltschutz Berlin e.V., Berlin
- Kaltschmitt, M.; Reinhard, G. A. & Becher, S. (1997b): Nachwachsende Energieträger - Grundlagen, Verfahren, Ökologische Bilanzierung. Vieweg, ISBN/ISSN 3-528-06778-0, Ed. Braunschweig, Wiesbaden
- Katajajuuri, J.-M.; Loikkanen, T.; Pahkala, K.; Uusi-Kämpä, J.; Voutilainen, P.; Kurppa, S.; Laitinen, P.; Mikkola, H.; Kivinen, T. & Salo, S. (1999): Development of environmental management and life-cycle assessment data into the quality management systems of Finnish farms, pilot study on barley production. (In Finnish.). VTT Chemical Technology and Agricultural Research Centre of Finland (MTT),
- Kjer, I.; Simon, K. H.; Zehr, M.; Zerger, U.; Kaspar, F.; Bossel, H.; Meier-Ploeger, A. & Vogtmann, H. (1994): Landwirtschaft und Ernährung. In Enquete-Kommission «Schutz der Erdatmosphäre»: Landwirtschaft - Studienprogramm. Vol. Band I, Teilband II, Studie J, Economica Verlag, Bonn
- Kloepffer, W.; Renner, I.; Eckelkamp, C.; Tappeser, B. & Dietrich, R. (25-29.5.1999): Life Cycle Assessment of genetically modified products as a basis for an extensive assessment of potential environmental effects. In SETAC: Quality of Life and Environment in Cul-

- tered Landscapes - 9th SETAC-Europe Annual Meeting. Abstracts, Pages: 88, SETAC, Leipzig
- Knoepfel, I. (1995a): Grundlagenuntersuchungen zum direkten und indirekten Energieverbrauch der privaten Haushalte - Ansätze zur Quantifizierung und zur sozioökonomischen Differenzierung für die Schweiz. Inst. f. Energietechnik, LES, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich
- Knoepfel, I. (1995b): Indikatorensystem für die ökologische Bewertung des Transports von Energie. Dissertation, Inst. f. Energietechnik, LES, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich
- Kok, R.; Biesiot, W. & Wilting, H. C. (1993): Energie-intensiteiten van voedingsmiddelen. IVEM research report No. 59, Interfaculty dept. of Energy and Environmental Science, State University Groningen, The Netherlands
- Köllner, T. (1998): Wirkungskategorie Landnutzung in Ökobilanzen: Quantifizierung der Auswirkung auf die Biodiversität. In Jungbluth, N. & Köllner, T.: 8. Diskussionsforum Ökobilanzen "Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Produkte". Pages: 38-41, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich
- Köllner, T. (1999): Species-Pool Effect Potential (SPEP) as a yardstick to evaluate land-use impacts on biodiversity. In Journal of Cleaner Production (accepted)
- Koudijs, E. & Dutilh, C. E. (1998): Aquatic Exotoxicity for Common Crop Protection Aids. In Int. J. LCA Vol. **3** (4): 200-202, Landsberg, Germany
- Kramer, K. J. & Moll, H. C. (1995): Energie voedt: nadere analyses van het indirecte energieverbruik van voeding. Final report to the NRP global Air Pollution and Global Change, IVEM research report No. 77, Center for Energy and Environmental Studies of the University of Groningen (IVEM RUG), The Netherlands
- Kramer, K. J.; Moll, H. C. & Nonhebel, S. (1998): Total Greenhouse Gas Emissions related to Dutch Crop Production System. In Agriculture, Ecosystems and Environment Vol. **72** (1): 9-16, Great Britain
- Kramer, K. J.; Moll, H. C. & Nonhebel, S. (1999): Greenhouse gas emissions related to Dutch food consumption. In Energy Policy Vol. **27** (4): 203-216, Great Britain
- Küsters, J. (1998): Ökobilanz zum Weizenanbau. unveröffentlichtes Manusscript, Hydro Agri Dülmen GmbH, Dülmen
- Lange, C.; Rousseau, F. & Issanchou, S. (1999): Expectation, liking and purchase behaviour under economical constraint. In Food Quality and Preference Vol. **10** : 31-39, Great Britain
- Leontief, W. (1936): Quantitative Input-Output Relations in the Economic System of the United States. In Review of Economics and Statistics (3): 105-125
- Leupold, U. (1998): Im Vorfeld einer Ökobilanzierung des Fisch-Konsums in der Schweiz und die Umweltverträglichkeit der Norwegischen Lachsfischzucht. Semesterarbeit, Abt. für Umweltnaturwissenschaften, Eidgenössische Technische Hochschule, 100 Zürich
- Loske, R. & Bleischwitz, R. (1996): BUND und Misereor, Zukunftsfähiges Deutschland. Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, ISBN/ISSN 3-7643-5278-7, Ed. 453, Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin
- Maillefer, C. (1996a): LCA's on Food Products for Weak Point Analysis. In Ceuterick: International Conference on Application of Life Cycle Assessment in Agriculture, Food and Non-Food Agro-Industry and Forestry: Achievements and Prospects. Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO), Brussel, Belgium, Vlaamse
- Maillefer, C. (1996b): Ökobilanzen von Nahrungsmitteln. EMPA, St. Gallen
- Maillefer, C.; Fecker, I. & Reusser, L. (1996): Ökobilanzierung von Nahrungsmitteln. Wissenschaftlicher Schlussbericht für den Schweizerischen Nationalfonds, SPPU No. 5001-0350055, Abt. Ökologie/Kreislaufwirtschaft, EMPA, St. Gallen
- Märkisches Landbrot GmbH (1995): Endbericht Öko-Audit Modellprojekt Märkisches Landbrot GmbH. Gefördert durch die Senatsverwaltung für Wirtschaft und Technologie, Berlin
- Mattson, B. (1999): Life cycle assessment (LCA) of carrot purée: Case studies of organic and integrated production. SIK-Rapport No. 653, The Swedish Institute for Food and Biotechnology, Gothenburg, Sweden
- Mattson, B.; Cederberg, C. & Ljung, M. (1998): Principles for Environmental Assessment of Land Use in Agriculture. SIK-Rapport No. 642, The Swedish Institute for Food and Biotechnology, Gothenburg, Sweden

- Max Helmer GmbH (9.1996): Umwelterklärung 1996. Öko-Audit Rain am Lech
- McDonald's (1991): Vergleich von Materialflüssen, Energie- und Wasserverbrauch eines McDonald's-Restaurants mit konventionellen Restaurationsbetrieben. EWI, Zürich
- Meckatzer Löwenbräu (5.1996): Umwelterklärung der Meckatzer Löwenbräu. Umwelterklärung Heimenkirch, Deutschland
- Meier-Ploeger, A. & Fuchs, M. (1996): Produktlinienanalyse eines Lebensmittels - Beispiel Joghurt aus ökologischer Erzeugung. In *Ökologie & Landbau* Vol. **24** (2): 32-35
- Ménard, M. & Baumann, T. (1993): Der kumulierte Energieaufwand - Methode und Resultate der Input-Output-Analyse. Diplomarbeit, LES, IET, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich
- Moerschner, J. (1995): Ökologische Bilanzierung der Energiebereitstellung - Methodenstudie dargestellt am Beispiel der Biomasseverfeuerung. Diplomarbeit im Studiengang Agrarwissenschaften, Institut für Agrartechnik, Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen
- Moerschner, J.; Gerowitt, B. & Lücke, W. (17.9.1997): Abbildung energetischer Effekte beim Vergleich von Ackerbausystemen mit geringen Intensitätsunterschieden. Bericht, Forschungs- und Studienzentrum Landwirtschaft und Umwelt, Georg-August-Universität, Göttingen
- Møller, H. & Høgaas, M. (30.6.1997): Livsløpsanalyse ved produksjon av Kjøtt og melk - en vurdering av kombinert melk/kjøttproduksjon og selvrekutterende kjøttproduksjon. Oppdragsrapport No. OR. 53.97, Norsk Kjøtt, v/ Kjetil Toresen, Oslo, Norway
- Møller, H.; Vold, M.; Toresen, K. & Ormstad, I. (1996): Life Cycle Assessment of Pork and Lamb Meat. In Ceuterick: International Conference on Application of Life Cycle Assessment in Agriculture, Food and Non-Food Agro-Industry and Forestry: Achievements and Prospects. Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO), Brussel, Belgium, Vlaamse
- Müller, D.; Oehler, D. & Baccini, P. (1995): Regionale Bewirtschaftung von Biomasse - Eine stoffliche und energetische Beurteilung der Nutzung von Agrarflächen mit Energiepflanzen. No. Forschungsprojekt "Energiegras und Feldholz", Eidgenössische Technische Hochschule-Zürich, Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG), Zürich
- Müller-Wenk, R. (1998a): Depletion of Abiotic Resources Weighted on Base of "Virtual" Impacts of Lower Grade Deposits Used in Future. IWÖ - Diskussionsbeitrag No. 57, Inst. f. Wirtschaft und Ökologie, Hochschule St. Gallen, Schweiz
- Müller-Wenk, R. (1998b): Land use - The Main Threat to Species. How to include Land Use in LCA. IWÖ - Diskussionsbeitrag No. 64, Inst. f. Wirtschaft und Ökologie, Hochschule SG, St. Gallen
- n.n. (1992): Transport - Beziehungen eines Erdbeer Joghurts. In *fairkehr* Vol. **7** : 15-18
- n.n. (1997a): Kalorienverschleiss. In *Konsum & Umwelt* : Seite 23, Zürich
- n.n. (18.6.1997b): Ökobilanzen - von der Erzeugung zum Produkt. In *DLG Umweltgespräche*. Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, Bonn
- Neitzel, H. (1997): Ökobilanzen - Konzeptionelle Grundlagen und Einbindung zu ökologischen Fragestellungen in der Landwirtschaft. In Diepenbrock, W.; Kaltschmitt, M.; Nieberg, H. & Reinhardt, G.: *Umweltverträgliche Pflanzenproduktion - Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen*; Fachtagung am 11. und 12. Juli 1996 in Wittenberg. Vol. 5, Pages: 219-233, Initiativen zum Umweltschutz, Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Osnabrück
- Neitzel, H.; Landmann, U. & Pohl, M. (1994): Das Umweltverhalten der Verbraucher - Daten und Tendenzen - Empirische Grundlagen zur Konzipierung von "Sustainable Consumption Patterns" Elemente einer "Ökobilanz Haushalte". Texte No. 75/94, Umweltbundesamt, Berlin
- Neumarkter Lammsbräu (1995): Öko-Controlling Bericht 1994 + 95. Umwelterklärung Neumarkt, Deutschland
- Noorman, K. J.; Biesot, W. & Moll, H. C. (1999): Changing lifestyles in transition routes towards sustainable household consumption patterns. In *Int. j. Sustainable Development* Vol. **2** (2): 231-244
- Noorman, K. J. & Schoot Uiterkamp, A. J. M. (2-3.11.1995): Diagnosing household metabolism in The Netherlands. In Noorman, K. J. & Schoot Uiterkamp, A. J. M.: *Proceedings of the first international HOMES/IIASA workshop*. Pages: 260, Laxenburg, Austria
- Noorman, K. J. & Schoot Uiterkamp, A. J. M. (1998): *Green Households? Domestic Consumers, Environment and Sustainability*. Earthscan Publications Ltd., 267 Pages, London, UK

- Ospelt, C. (1995): Der direkte und der indirekte Energieverbrauch der Haushalte in der Schweiz, Konzept zur Berechnung unter Verwendung der Input-Output Analyse. Student thesis and research report, Gruppe für Energieanalysen & Laboratorium für Energiesysteme, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich
- Oudshoff, B. C. (5.1996): Energieverbruik voor buitenshuis geconsumeerde maaltijden. IVEM-doctoraalverslag No. 42, Center for Energy and Environmental Studies of the University of Groningen (IVEM RUG), The Netherlands
- Patyk, A. & Reinhardt, G. A. (3.12.1996): Energy and Material Flow Analysis of Fertiliser Production and Supply. In SETAC: Presentation Summaries. 4th Symposium for Case Studies. Brussels
- Patyk, A. & Reinhardt, G. A. (1997): Düngemittel - Energie- und Stoffstrombilanzen. Vieweg Umweltwissenschaften, ISBN/ISSN 3-528-06885-X, Ed. 223, Braunschweig
- Patzwahl, W. (in Vorbereitung-n.d.): Materialintensitätsanalyse für die Traubenerzeugung anhand eines Modellbetriebes. Dissertation, Universität Giessen, Giessen
- Pedersen Weidema; Tillman; Kooijman; Jolliet; Wegener Sleswijk; Andersson; Ohlsson; Olsson; Gysi; Teulon; Maillefer; Clift; Audsley; Pedersen; Thorsen; Trolle; Schmid & Lustrup (1993): Verschiedene Beiträge. In Pedersen Weidema, B.: Life Cycle Assessment of Food Products. Lyngby, Denmark
- Peter, D. (1996): Case Study 'Feldschlösschen'. In Schalteger, S.: Life Cycle Assessment (LCA)-Quo vadis? Pages: 95ff, Synthesebücher SPP Umwelt, Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin
- Pimentel, D.; Houser, J.; Preiss, E.; White, O.; Fang, H.; Mesnick, L.; Barsky, T.; Tariche, S.; Schreck, J. & Alpert, S. (1997): Water Resources: Agriculture, the Environment, and Society. In BioScience Vol. **47** (2): 97-106
- Probst, B. (10.1998): Ökologische Beurteilung unterschiedlicher Produktionssysteme von Brot unter besonderer Berücksichtigung Regionaler Produktion: Ein Vergleich auf Basis der Ökobilanzierung. Diplomarbeit, Philosophisch-naturwissenschaftliche Fakultät, Universität Bern, 163 Bern
- Prognos AG (1994): Energieperspektiven 1990-2030, Szenarien zur Entwicklung des Energiebedarfs und seiner Deckung. Arbeitsbericht Synthes Prognos AG, Basel
- Renner, I.; Dietrich, W. K.; Eckelkamp, C. & Tappeser, B. (3.-4.12.1998): Life cycle assessment of genetically modified products as a basis for an extensive assessment of potential environmental effects: Overview and "classical" LCA. In Ceuterick, D.: 2nd International Conference on the application of LCA in Agriculture, Agro-Industry and Forestry. Pages: PL-45-54, VITO, Brussels
- Reusser, L. (1994): Ökobilanz des Sojaöls. Diplomarbeit, EMPA St. Gallen und EPFL Lausanne, St. Gallen
- Richert, H. (1996): Ökobilanz von verschiedenen Kaffeefilter-Systemen. Melitta GmbH, Deutschland
- Rigendinger, L. (9.1997): Blick über den Tellerrand - nachhaltige Entwicklung am Beispiel Ernährung - Ein Beitrag zur Strukturierung des Themas in der Bildungspraxis. Diskussionspapier IP Gesellschaft, Dept. Umweltwissenschaften, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich
- Rossier, D. (1995): Méthodologie pour un Ecobilan Global de L'Agriculture Suisse. EPFZ, Genf
- Rossier, D. (4.1998): Ecobilan - adaptation de la méthode écobilan pour la gestion environnementale de l'exploitation agricole. srva - service romand de vulgarisation, Lausanne
- Ruf Erne, C. (November 1994): Haben Sie schon einmal Kilometer gegessen? Broschüre prüf mit, Greenpeace Schweiz und des Konsumentinnenforum Schweiz, Zürich
- Salzgeber, C. & Lörcher, M. (1997): Produktökobilanz Brot unter verschiedenen Landbaubedingungen. In Diepenbrock, W.; Kaltschmitt, M.; Nieberg, H. & Reinhardt, G.: Umweltverträgliche Pflanzenproduktion - Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen; Fachtagung am 11. und 12. Juli 1996 in Wittenberg. Vol. 5, Pages: 249-270, Initiativen zum Umweltschutz, Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Osnabrück
- Schmidt, A.; Holm-Christensen, B. & Astrup-Jensen, A. (1996a): Environmentally friendly cookers and ovens. Projectsummary No. 338, dk-TEKNIK, Søborg, Denmark
- Schmidt, A.; Holm-Christensen, B. & Astrup-Jensen, A. (1996b): Miljøvenlige komfurer og ovne. Miljøprojekt No. 338, dk-TEKNIK for Miljø- og Energiministeriet Miljøstyrelsen, København, Denmark
- Schmidt-Bleek et. al., F. (4.1996): MAIA (Einführung in die Material Intensitäts-Analyse nach dem MIPS - Konzept). Wuppertal Institut, Wuppertal

- Schneider, H. C. (March 1994): Op zoek naar energie-extensieve levensstijlen: bestedingspatronen en energiebeslag van Nederlandse huishoudens. Report No. 9346, Communicatie- en Adviesbureau over energie en milieu, Rotterdam
- Schnewlin, M. (2.1996): Ein input-output basiertes Produktionsmodell der Schweiz für 1990 mit besonderer Berücksichtigung der Energie- und Verkehrswirtschaft. Konjunkturforschungsstelle (KOF) im Auftr. des Bundesamtes für wirtschaftliche Landesversorgung, Bern, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich
- Scholz, R. W.; Bösch, S.; Carlucci, L. & Oswald, J. (1999): Fallstudie 1998: Chancen der Region Klettgau - Nachhaltige Regionalentwicklung. Rüegger, ISBN/ISSN 3-7253-0647-8, Ed. in Vorbereitung, Pages: ca. 250, Zürich
- Scholz, R. W.; Bösch, S.; Mieg, H. A. & Stünzi, J. (1998): Fallstudie 1997: Region Klettgau. Verantwortungsvoller Umgang mit Boden. Rüegger, ISBN/ISSN 3-7253-0593-5, Ed. 318, Zürich
- Scholz, R. W.; Koller, T.; Mieg, H. A. & Schmidlin, C. (1995): Fallstudie 1994: Perspektive grosses Moos. Wege zu einer nachhaltigen Landwirtschaft. vdf, ISBN/ISSN 3-7281-2168-1, Ed. 209, Zürich
- Schorb, A.; Meyer, U.; Frings, E.; Mampel, U.; Kubiak, R.; Köbrich, D.; Hörner, G.; Schumann, F. & Ziegler, B. (12.1998): Ökobilanz - Beikrautbekämpfung im Weinbau. ISBN No. 3-89574-338-0, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Rheinland-Pfalz, Staatliche Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Weinbau und Gartenbau, Berufsbildende Schule, Verlag Dr. Köster, Berlin
- Siegsdorfer Petrusquelle (1996): Umweltbericht - Fortschreibung - aus betrieblicher Ökobilanz für das Geschäftsjahr 1994/95. Umwelterklärung Siegsdorf, Deutschland
- Sobal, J. (1998): Cultural Comparison Research Designs in Food, Eating, and Nutrition. In Food Quality and Preference Vol. 9 (6): 385-392, Great Britain
- Spahr, J. (5.1998): Pflanzenbehandlungsmittel-Markt 1988 - 1997: Statistik für die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein. Schweizerische Gesellschaft für Chemische Industrie, Zürich
- Spiess, E. (1999): Nährstoffbilanz der schweizerischen Landwirtschaft für die Jahre 1975 bis 1995. Schriftenreihe der FAL (28), FAL Zürich-Reckenholz, Liebefeld-Bern
- Spindler, E. A. (1998): (Hrsg.), Agrar-Öko-Audit : Praxis und Perspektiven einer umweltorientierten Land- und Forstwirtschaft. Springer-Verlag, 410, Berlin, Heidelberg, New York
- Spirinckx, C. & Ceuterick, D. (1996): Comparative Life-Cycle Assessment of diesel and biodiesel. VITO, Flemish Institute for Technological Research, Mol, Belgium
- Stadig, M. (1998): Life-cycle-assessment of apple production in Sweden, New Zealand and France. The Swedish Inst. for Food and Biotechnology, Göteborg
- Stahel, U. (15.9.1995): Ökobilanzen von Nahrungsmitteln. In EMPA: EMPA Tage Energie und Umwelt. St. Gallen
- Steen, B. (1996): EPS-Default Valuation of Environmental Impacts from Emission and Use of Resources, Version 1996. Report No. 111, IVL, Swedish Environmental Research Institute, Göteborg, Sweden
- Stocker's Backstube GmbH (11.1995): Umwelterklärung. Umweltbericht Lauf/Pegnitz, Deutschland
- Stucki, B. (1995): Ökolabels für Nahrungsmittel. Konsum & Umwelt, WWF Schweiz und SKS Stiftung f. Konsumentenschutz, Zürich
- Sulser, M. (1.1993): Alternative Energieversorgung eines Landwirtschaftsbetriebes - Auswirkungen auf den Stoffhaushalt. Diplomarbeit, Abt. für Stoffhaushalt und Entsorgungstechnik, EAWAG, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Dübendorf
- Terbatec (1995): Kenafanbau: Bilanz 1994. Terbatec AG, Bischoffzell
- Traber, M. (1998): Agenda 21 - für eine nachhaltige Entwicklung. Umweltschutzamt, St. Gallen
- Treffers, D. J. (4.1999): Comparative LCA on different agricultural production systems. Report No. NW&S-99026, Dept. of Science Technology and Society of Utrecht University (STS-UU), The Netherlands
- Udo de Haes, H. A. (n.d.): LCA: Approaches and bottlenecks when applied to agriculture, food and forestry. CML, NL, Leiden
- Udo de Haes, H. A.; Bensahel, J.-F.; Clift, R.; Fussler, C. R.; Griesshammer, R. & Jensen, A. A. (1997): Guidelines for the Application of Life Cycle Assessment in the EU ECO-Label Award Scheme. ISBN No. 92-827-8684-6, Group des Sages, European Communities, Luxembourg

- Udo de Haes, H. A. & de Snoo, G. R. (1997): The Agro-Production Chain. In Int. J. LCA Vol. **2** (1): 33-38, Landsberg
- Van den Berg, N. (28. 11.1995): Artificial Protein in Foods instead of Meat? The Answer by LCA. In SETAC: Presentation Summaries. 3th Symposium for Case Studies. Brussels
- Van den Berg, N. W.; Huppes, G.; Van den Ven, B. L. & Krutwagen, B. (1996): Novel Protein Foods: Milieu-analyse van de voortbrengingsketen. DTO werkdocument VN18 + Bijlagen Annex Delft, NL
- van Engelenburg, B. C. W.; van Rossum, T. F. M.; Blok, K. & Vringer, K. (1994): Calculating the energy requirements of household purchases. In Energy Policy Vol. **22** (8): 648-656
- van Zeijts, H. (1995): Energy Production on Farms - Sustainability of Energy Crops. In Berk, M. M.: Climate Change Research Evaluation and Policy Implications. Pages: 1113-1125, Elsevier Science,
- Vold, M. & Møller, H. (21.11.1995): Livsløpsanalyse ved Kjøttproduksjon - en vurdering av svine- og lammekjøttproduksjon. Oppdragsrapport No. OR. 53.95, Stiftelsen østfoldforskning, Godkjent, Norway
- Volg Konsumwaren AG (2.1994): Ökobilanz der Volg Konsumwaren AG. Wintherthur
- Vringer, K. & Blok, K. (Dez.1993a): The direct and indirect energy requirement of households in the Netherlands. Report No. 93100, Dept. of Science Technology and Society of Utrecht University (STS-UU), The Netherlands
- Vringer, K. & Blok, K. (Dez.1993b): Energy intensities of Dutch houses. Report No. 93037, Dept. of Science Technology and Society of Utrecht University (STS-UU), The Netherlands
- Vringer, K. & Blok, K. (Dez.1995): Consumption and energy requirement: a time series for households in the Netherlands from 1948 to 1992. Report No. 95016, Dept. of Science Technology and Society of Utrecht University (STS-UU), The Netherlands
- Wackernagel, M.; Rees, W. & Testemale, P. I. (1996): Our Ecological Footprint - Reducing Human Impact on the Earth. New Society Publishers, Gabriola Island, Bc, Philadelphia, PA, Canada
- Weber, C.; Gebhardt, B.; Schuler, A.; Fahl, U. & Voß, A. (1996a): Energy consumption and airborne emissions in a consumer perspective. Final report EU-project No. 30, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Stuttgart
- Weber, C.; Gebhardt, B.; Schuler, A.; Schulze, T.; Fahl, U.; Voß, A.; Perrels, A.; Arkel, W. v.; Pellekaan, W.; O'Connor, M.; Schenk, E. & Ryan, G. (9.1996b): Consumers` Lifestyles and Pollutant Emissions. Final report EU-project No. EV5V-CT94-0373, IER/ECN/C3ED No. 32, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Stuttgart
- Weber, C.; Schulze, T.; Fahl, U. & Voß, A. (1995): Freizeit, Lebensstil und Energieverbrauch. In Energietechnik, V.-G.: Lebensstandard, Lebensstil und Energieverbrauch. Vol. Berichte 1204, Pages: 15-38, VDI, Veitshöchheim
- Wegener Sleeswijk, A.; Kleijn, R.; Zeijts, H. v.; Reus, J. A. W. A.; Onna, M. J. G. M.-v.; Leneman, H. & Sengers, H. H. W. J. M. (1996a): Application of LCA to Agricultural Products. CML report No. 130, Centre of Environmental Science (CML), Centre of Agriculture and Environment (CLM), Agricultural-Economic Institute (LEI-DLO), Leiden
- Wegener Sleeswijk, A.; Kleijn, R.; Zeijts, H. v.; Reus, J. A. W. A.; Onna, M. J. G. M.-v.; Leneman, H. & Sengers, H. H. W. J. M. (1996b): Toepassing van LCA voor agrarische Produkten. Band 1: 1 Methodische kernpunten, 2 Aanvulling op de Handleiding LCA, 3 Methodische achtergronden; Band 2: 4a Ervaringen met de methodiek in de case akkerbouw; Band 3: 4b Ervaringen met de methodiek in de case melkveehouderij; Band 4: 4c Ervaringen met de methodiek in de case bio-energie. Centrum voor Milieukunde Leiden, Centrum voor Landbouw en Milieu, Den Haag
- Weidema, B. (1993): Development of a Method for Product Life Cycle Assessment with special Reference to Food Products. Lyngby, Denmark
- Weidema, B.; Pedersen, R. L. & Drivsholm, T. S. (January1995): Life Cycle Screening of Food Products - Two Examples and some Methodological Proposals. ATV project report Group of Cleaner Technology, I. Krüger Consult A/S, Lyngby, Denmark
- Werner, F. & Jans, B. (1994): Extensivierung, Alternativkulturen oder GATT? Eine Methode zur Abschätzung der Umweltauswirkungen der Schweizer Landwirtschaft. Diplomarbeit, Umweltnaturwissenschaften, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Schweiz
- Weyrauch, S. (1996): Einfluss sozialökonomischer Merkmale auf den Lebensmittelverzehr und die Nährstoffzufuhr von Personen. Dissertation, Fakultät f. Landwirtschaft und Gartenbau, Technische Universität, München

- Wiling, H. C. (11.1996): An Energy Perspective on Economic Activities. Ph.D. Thesis, Center for Energy and Environmental Studies (IVEM RUG), University of Groningen, 194 Pages The Netherlands
- Wiling, H. C.; Biesot, W. & Moll, H. C. (1995): Energie analyse programma. Handleiding versie 2.0 (EAP, Energy analysis program. Manual version 2.0). IVEM report No. 76, Center for Energy and Environmental Studies of the University of Groningen (IVEM RUG), The Netherlands
- Wolfensberger, U. & Dinkel, F. (1.1997): Beurteilung nachwachsender Rohstoffe in der Schweiz in den Jahren 1993-1996. Endbericht, Im Auftrag des Bundesamt f. Landwirtschaft Carbotech, FAT, Bern
- Zaccheddu, E. (2.1997): Bestimmung des Energieverbrauchs für die Schweizer Konsummuster - Anwendung und Anpassung einer holländischen Hybridmethode auf Schweizer Verhältnisse. Diplomarbeit, Gruppe Energie-Stoffe-Umwelt, Institut für Energietechnik, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich
- Zamboni, M. (November1994): Grobabschätzung des Energieaufwandes für die Bereitstellung von ausgewählten Getränken und Nahrungsmitteln. Carbotech, im Auftrag von Greenpeace Schweiz und des Konsumentinnenforums Schweiz, Zürich
- Zehnder, A. J. B. (1999): Wassernutzung und Nahrungsmittelproduktion - eine internationale Arbeitsteilung? In EAWAG news Vol. **46** : 18ff., Dübendorf, Schweiz
- Zehnder, P. (1993): Energiebilanz eines Bauernhofs. Diplomarbeit, Laboratorium für Energiesysteme, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Schweiz
- Zuberbühler, B. (1.1993): System "Weichkäseproduktion". Praktikumsbericht, Abt. für Stoffhaushalt und Entsorgungstechnik, EAWAG, Dübendorf

Index

A

Aktivität	vii
Anbauweise.....	23
Audit.....	53
Auswertung.....	19
Auto.....	64

B

Bedarfsfeld.....	vii
Bedürfnisfeld	vii
Ernährung	15
Beratungsbüro.....	3
Bereich	vii
Bewertung	19
Bewertungsmethode.....	31
Bio.....	23
Bioproduktion.....	26
Boden	33
Erosion	16

C

Charakterisierung.....	19
Cultural Theory.....	32

E

Eco-indicator 95.....	31
Eco-indicator 99.....	32
Ecological Footprint	54
Einkauf.....	64
Energie	62
Graue.....	16
Energiebilanz	44, 49
Energieintensität.....	viii, 44, 50
Energiequotient.....	52
Energieverbrauch	
Produktionsstufe.....	22

F

Fleisch	50
Konsum	63
Flugzeug	26
Forschungseinrichtung	3

Fruchtfolge.....	26
Funktionelle Einheit.....	19, 26

G

Gemüse.....	27
Gentechnik	34
Gesundheit	34

H

Handlungshinweis.....	63
Hors-sol	28
Hybrid-Analyse	45, 50

I

Input-Output	viii
Analyse	44
Energie-Analyse	viii, 44
Tabelle	viii
Integriert.....	23
Integrierte Produktion	viii, 26
ISO-Norm.....	18

K

Klassifizierung.....	19
KonsumentIn	17
Konventionell	23
Konventionelle Produktion.....	26

L

Label.....	30
Landwirtschaft	
Schweiz.....	16
LCA Network FOOD.....	4
Lebensmittel	ix
Lebensweg	35
Energieverbrauch	22

M

Mahlzeit	14
Massentierhaltung	16, 34
Materialflussanalyse.....	54
Materialintensität.....	55

Milch	29
MIPS	55

N

Nachhaltigkeit	1, 17, 31
nachwachsende Rohstoffe	21
Nahrungsenergie	ix, 20, 52
Nahrungsmittel	ix

Ö

Öko-Audit	53
Ökobilanz	18
Fleisch	28
Methodik	19
Möglichkeiten und Grenzen	31
Ökofaktor	Siehe Umweltbelastungspunkte
ökologischen Knappheit	Siehe Umweltbelastungspunkte

P

Pflanzenschutzmittel	15
Phosphat	15
Politik	34
Produkt	ix
Produktionsstufe	22
Prozesskettenanalyse	45

R

Regionale Produkte	26
Regionalisierung	26

S

Sachbilanz	19
Saisongerechte Produkte	63
Schutzgüter	32
Sektor	ix
Selbstversorgung	64
Stoffflussanalyse	54

T

Transport	26, 63
Treibhausgas	15, 17, 62

U

Umweltbelastung	
Landwirtschaft	15
Universität	3
Unsicherheit	
Bewertung	33

V

Verarbeitungsgrad	23
Verarbeitungstiefe	63
Verbrauch	
pro-Kopf	51
Verpackung	64
Versauerung	15

W

Wasser	33, 60
Wirkungsabschätzung	19, 31
Grenzen	33