

Dissertation

Inauguraldissertation zur Erlangung des Doktorgrades am Fachbereich
Agrarwissenschaften, Ökotoxologie und Umweltmanagement der
Justus-Liebig-Universität Gießen

Ökologische Bewertung von Ernährungsweisen anhand ausgewählter Indikatoren

vorgelegt von:
Corinna Taylor
Dipl. oec. troph.

Gießen, Juli 2000

Inhaltsverzeichnis

Kap.		Seite
	INHALTSVERZEICHNIS.....	I
	VERZEICHNIS DER TABELLEN	III
	VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN.....	X
	VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN	XI
1	EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG.....	1
2	GRUNDLAGEN.....	3
2.1	Überblick über Forschungsarbeiten und Analyseinstrumente im Bereich ökologischer Bewertung	3
2.2	Indikatoren zur ökologischen Bewertung	11
3	MATERIAL UND METHODEN.....	16
3.1	Methodenwahl	16
3.2	Ausgewählte Indikatoren	17
3.3	Ernährungsweisen	20
3.3.1	Nationale Verzehrsstudie	20
3.3.2	Gießener Vollwert-Ernährungs-Studie	21
4	VERBRAUCHSBERECHNUNG UND ANGLEICHUNG DER LEBENSMITTELGRUPPEN.....	23
4.1	Angleichung der Protokolle	23
4.2	Verzehnte und verbrauchte Lebensmittel	23
5	BILANZIERUNG DES ERNÄHRUNGSSYSTEMS	47
5.1	Allgemeine Systemannahmen.....	47
5.1.1	Festlegung des Untersuchungsrahmens	47
5.1.2	Endpunkt der Bilanzierung	48
5.1.3	Datenbasis und Datenqualität	48
5.1.4	Allokation	52
5.2	Landwirtschaftliche Erzeugung	53
5.2.1	Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumverluste der Landwirtschaft	53
5.2.2	Bilanzierung Landbau und Tierproduktion.....	56
5.3	Lebensmittelverarbeitung.....	68
5.4	Lebensmittelverpackungen im Ernährungssystem.....	90
5.4.1	Verpackungsaufkommen im Lebensmittelsektor.....	90
5.4.2	Verpackung der Lebensmittel	91
5.5	Lebensmitteltransporte im Ernährungssystem	94

5.6	Haushaltsphase im Ernährungssystem.....	98
6	BILANZEN DES GESAMTSYSTEMS.....	101
6.1	Verbrauchte Lebensmittel.....	101
6.2	Verpackung.....	118
6.3	Transport.....	137
6.4	Haushaltsphase.....	138
6.5	Gesamtbilanz	139
6.6	Sensitivitätsanalyse.....	141
7	DISKUSSION.....	144
8	ZUSAMMENFASSUNG/SUMMARY.....	163
9	LITERATURVERZEICHNIS	167

Verzeichnis der Tabellen

	Seite
Tab. 1: Nutzungsgrad ausgewählter Endenergieträger	18
Tab. 2: Äquivalenzfaktoren zur Berechnung des Treibhauspotentials	18
Tab. 3: Äquivalenzfaktoren zur Berechnung des Versauerungspotentials	19
Tab. 4: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Brot und Backwaren sowie Verbrauchsberechnung	25
Tab. 5: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Getreideprodukte und Nahrungsmittel, sowie Verbrauchsberechnung	27
Tab. 6: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Kartoffeln und Kartoffelerzeugnisse, sowie Verbrauchsberechnung	28
Tab. 7: Lebensmittelgruppe Gemüse und Hülsenfrüchte der Gießener Vollwert-Ernährungs-Studie sowie Verbrauchsberechnung	29
Tab. 8: Lebensmittelgruppe Gemüse und Hülsenfrüchte der Nationalen Verzehrsstudie sowie Verbrauchsberechnung	30
Tab. 9: Zuordnung der Untergruppen zur Lebensmittelgruppe Gemüse und Hülsenfrüchte	31
Tab. 10: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Sojaprodukte sowie Verbrauchsberechnung.....	32
Tab. 11: Lebensmittelgruppe Obst der Gießener Vollwert-Ernährungs-Studie sowie Verbrauchsberechnung	33
Tab. 12: Lebensmittelgruppe Obst der Nationalen Verzehrsstudie sowie Verbrauchsberechnung	33
Tab. 13: Zuordnung der Untergruppen zur Lebensmittelgruppe Obst	34
Tab. 14: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Obstprodukte sowie Verbrauchsberechnung	34
Tab. 15: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Nüsse und Samen sowie Verbrauchsberechnung	35
Tab. 16: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Milch und Milchprodukte sowie Verbrauchsberechnung	36
Tab. 17: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Käse, Quark und Eier sowie Verbrauchsberechnung	37

Tab. 18: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Fleischwaren und Wurst sowie Verbrauchsberechnung	38
Tab. 19: Lebensmittelgruppe Fleisch sowie Verbrauchsberechnung	38
Tab. 20: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Fische und Meeresfrüchte sowie Verbrauchsberechnung	39
Tab. 21: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Fette und Öle sowie Verbrauchsberechnung	40
Tab. 22: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Suppen, Soßen, Feinkostsalate und Fertigprodukte sowie Verbrauchsberechnung	41
Tab. 23: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Brotaufstriche sowie Verbrauchsberechnung	42
Tab. 24: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Süßungsmittel sowie Verbrauchsberechnung	43
Tab. 25: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Süßspeisen sowie Verbrauchsberechnung	44
Tab. 26: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Getränke sowie Verbrauchsberechnung	45
Tab. 27: Zuordnung zu den Untergruppen Obst- und Gemüsesäfte.....	46
Tab. 28: Zusammensetzung des Stickstoffaustrags der landwirtschaftlichen Erzeugung	54
Tab. 29: Heizwerte verschiedener Energieträger	55
Tab. 30: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Düngemittelbereitstellung	56
Tab. 31: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Getreideproduktion bezogen auf 1 kg Ertrag	58
Tab. 32: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Leguminosenproduktion bezogen auf 1 kg Ertrag	59
Tab. 33: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Gemüseproduktion bezogen auf 1 kg Ertrag	60
Tab. 34: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Gemüsekohlproduktion bezogen auf 1 kg Ertrag	61
Tab. 35: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Tomatenproduktion bezogen auf 1 kg Ertrag	61
Tab. 36: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Kernobst- und Orangenproduktion bezogen auf 1 kg Ertrag	62
Tab. 37: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Steinobstproduktion bezogen auf 1 kg Ertrag	63
Tab. 38: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Beerenobstproduktion bezogen auf 1 kg Ertrag	63

Tab. 39: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Ölsaatenproduktion bezogen auf 1 kg Ertrag	64
Tab. 40: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Futtermittelproduktion bezogen auf 1 kg Ertrag	65
Tab. 41: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Schlachtung von Rind, Schwein und Geflügel bezogen auf 1 kg Fleisch	66
Tab. 42: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Fleischproduktion bezogen auf 1 kg Fleisch	67
Tab. 43: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Eierproduktion bezogen auf 1 kg Ei	68
Tab. 44: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Milchproduktion bezogen auf 1 kg Milch	68
Tab. 45: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Prozesse Mühle und Bäckerei bezogen auf 1 kg Produkt	69
Tab. 46: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Brot, Knäckebrötchen, Salzgebäck und Keks bezogen auf 1 kg Produkt	70
Tab. 47: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Kuchen und Torte bezogen auf 1 kg Produkt	71
Tab. 48: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Pizza bezogen auf 1 kg Produkt	72
Tab. 49: Bilanz der Getreideprodukte und Nahrungsmittel, bezogen auf 1 kg Produkt.....	73
Tab. 50: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Kartoffelerzeugnisse bezogen auf 1 kg Produkt.....	74
Tab. 51: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Sauerkraut und Sauergemüse bezogen auf 1 kg Produkt	75
Tab. 52: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Sojaprodukten bezogen auf 1 kg Produkt.....	75
Tab. 53: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Obstkompott und Trockenobst bezogen auf 1 kg Produkt.....	76
Tab. 54: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Gesamtproduktion der Milchprodukte bezogen auf 1 kg Produkt.....	78
Tab. 55: Allokation der Milchprodukte.....	78
Tab. 56: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Milchprodukte bezogen auf 1 kg Produkt.....	78
Tab. 57: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Fleisch, Fleischwaren und Wurst bezogen auf 1 kg Produkt.....	79

Tab. 58: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Fischkonserven, konventionelle Variante bezogen auf 1 kg Produkt	80
Tab. 59: Primärenergieeinsatz und Emissionen im Prozeß Speiseölherstellung am Beispiel der Rapsölherstellung bezogen auf 1 kg Produkt.....	81
Tab. 60: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Rapsöl und –schrot nach Allokation bezogen auf 1 kg Produkt	81
Tab. 61: Primärenergieeinsatz und Emissionen im Prozeß Margarineherstellung bezogen auf 1 kg Produkt.....	81
Tab. 62: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Suppe, Eintopf, Feinkostsalat, Salatdressing und Mayonnaise bezogen auf 1 kg Produkt.....	82
Tab. 63: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Marmelade bezogen auf 1 kg Produkt.....	84
Tab. 64: Primärenergieeinsatz und Emissionen im Prozeß Zuckerherstellung bezogen auf 1 kg Produkt.....	85
Tab. 65: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Süßwaren bezogen auf 1 kg Produkt.....	86
Tab. 66: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Getränken bezogen auf 1 kg Produkt.....	88
Tab. 67: Primärenergieeinsatz und Emissionen für Papier, Karton und beschichtetes Papier und beschichteten Karton bezogen auf 1 t Packstoff	92
Tab. 68: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Kunststoffverpackungen bezogen auf 1 t Packstoff.....	93
Tab. 69: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Metallverpackungen bezogen auf 1 t Packstoff.....	93
Tab. 70: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Glasverpackungen bezogen auf 1 t Packstoff	93
Tab. 71: Güterverkehrsleistung für den deutschen Ernährungssektor 1996, differenziert nach Verkehrsträgern	97
Tab. 72: Primärenergieeinsatz und Emissionen unterschiedlicher Verkehrsträger bezogen auf 1 tkm	98
Tab. 73: Stromverbrauch ausgewählter Elektrogeräte	100
Tab. 74: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Brot und Backwaren im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	102
Tab. 75: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Getreideprodukte und Nahrungsmittel im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV.....	103

Tab. 76: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Kartoffeln und Kartoffelerzeugnissen im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	104
Tab. 77: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Gemüse und Hülsenfrüchten im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	105
Tab. 78: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Sojaprodukten im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	106
Tab. 79: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Obst und Obstprodukten im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	107
Tab. 80: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Nüssen und Samen im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	108
Tab. 81: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Milch, und -produkten im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	109
Tab. 82: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Käse, Quark und Eier im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	110
Tab. 83: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Fleisch, -waren und Wurst im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	111
Tab. 84: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Fischen und Meeresfrüchten, konventionelle Variante, im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	112
Tab. 85: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Fetten und Ölen im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	113
Tab. 86: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Suppen, Soßen, Dressings, Feinkostsalaten und Fertigprodukten im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	114
Tab. 87: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Brotaufstrichen im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	115
Tab. 88: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Süßungsmitteln, konventionelle Variante, im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	115
Tab. 89: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Süßspeisen im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	116

Tab. 90: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Getränken im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	117
Tab. 91: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Brot und Backwaren im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	119
Tab. 92: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Getreideprodukten und Nahrungsmitteln im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	120
Tab. 93: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Kartoffeln und Kartoffelerzeugnisse im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	122
Tab. 94: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Gemüse und Hülsenfrüchten im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	123
Tab. 95: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Sojaprodukten im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	124
Tab. 96: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Obst und Obstprodukten im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	125
Tab. 97: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Nüssen und Samen im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	126
Tab. 98: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Milch und Milchprodukten im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	127
Tab. 99: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Käse, Quark und Eiern im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	128
Tab. 100: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Fleisch, Fleischwaren und Wurst im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	129
Tab. 101: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Fisch und -erzeugnissen im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	130
Tab. 102: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Fetten und Ölen im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	131
Tab. 103: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Suppen, Soßen und Dressings im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	132

Tab. 104: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Brotaufstrichen im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	133
Tab. 105: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Süßungsmitteln im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	134
Tab. 106: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Süßspeisen im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	135
Tab. 107: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Getränken im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	136
Tab. 108: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Lebensmitteltransporte im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	138
Tab. 109: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Haushaltsphase im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	139
Tab. 110: Gesamtbilanz der betrachteten Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	140
Tab. 111: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse.....	142
Tab. 112: Vergleich des Primärenergieeinsatzes der pflanzlichen Erzeugung von KJER et al. (1994) mit eigenen Berechnungen	152
Tab. 113: Vergleich des Primärenergieeinsatzes der tierischen Erzeugung von KJER et al. (1994) mit eigenen Berechnungen	155

Verzeichnis der Abbildungen

	Seite
Abb. 1: Primärenergieeinsatz für die Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	145
Abb. 2: CO ₂ -Äquivalente für die Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV	146
Abb. 3: SO ₂ -Äquivalente für die Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV.....	147

Verzeichnis der Abkürzungen

AKTAB	Arbeitskreis Technikfolgenabschätzung
BSB	Biologischer Sauerstoffbedarf
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
DIHT	Deutscher Industrie- und Handelstag
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
EAP	Energie-Analyse-Programm
ECCS	Electrolytic chrome coated steel
GEMIS	Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme
IP	Integrierte Produktion
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ITAS	Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse
KEA	Kumulierter Energieaufwand
KG	Kontrollgruppe der VWS
Konv.	Konventionell
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
LCA	Life cycle analysis
MK	Mischköstlerinnen
NAGUS	Normenausschuß Grundlagen des Umweltschutzes
NVEG	Nicht-Vegetarierinnen
NVS	Nationale Verzehrsstudie
Ökol.	Ökologisch
OLV	Ovo-lacto-Vegetarierinnen
PE	Polyethylen
Pers.	Person
PET	Polyethylenterephthalat
PP	Polypropylen
PS	Polystyrol
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry
TA	Technikfolgenabschätzung
UGR	Umweltökonomische Gesamtrechnung
VGR	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung
VWS	Gießener Vollwert-Ernährungs-Studie

Nur wer den Stillstand im Fortschritt kennt und achtet, [...] wer auf dem leeren Schneckenhaus gegessen und die Schattenseite der Utopie bewohnt hat, kann Fortschritt ermesen. (Günter Grass, Tagebuch einer Schnecke)

1 Einleitung und Fragestellung

Der Energieverbrauch wird seit den Ölkrisen in den 1970er Jahren verstärkt international analysiert und diskutiert. Im Zuge der Diskussion um den anthropogenen Einfluß auf den Treibhauseffekt, die sich verstärkt nach der Veröffentlichung des Berichtes „Unsere gemeinsame Zukunft“ der Brundtland-Kommission für Umwelt und Entwicklung, des sog. Brundtland Berichtes entwickelt hat, gewinnt die Abschätzung der Klima- und Umweltrelevanz vermehrt Gewicht (MEIER und SCHLICH 1996).

Im Zuge einer nachhaltigen Entwicklung, unter der ein Wirtschaften verstanden wird, das den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten zukünftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen, wurde die Grundlage einer integrativen globalen Politikstrategie gebildet. Diese findet ihren Ausdruck in internationalen Konferenzen zum Thema Nachhaltigkeit und der Selbstverpflichtung vieler Nationen zur Senkung der Emission an klimarelevanten Gasen, wie beispielsweise in Deutschland. Das nationale Ziel der Bundesregierung wurde auf der Klimakonferenz in Berlin 1995 auf eine Reduktion der CO₂-Gesamtemission von 1990 bis 2005 um 25 % festgelegt (ENQUETE-KOMMISSION 1998). Vorschläge zu weiteren Selbstverpflichtungen auf internationaler Ebene wurden 1997 in Kyoto im sog. Kyoto-Protokoll erfaßt. Dieses ist jedoch noch nicht ratifiziert und daher noch nicht bindend.

Aus diesem Oberziel abgeleitet werden Einsparpotentiale der verschiedenen Sektoren. Unter dem Leitbild einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung werden somit Ist- und Soll-Analysen erstellt. Diese umfassen die Sektoren Energieversorgung, Industrie, Verkehr, Land- und Waldwirtschaft und Lebensstile. Auch die nachhaltige Nahrungsmittelproduktion ist dadurch in den Blickpunkt geraten. Es werden Einsparpotentiale durch technische Verbesserungen, Struktur- und Bewußtseinswandel und dadurch der Veränderung der Konsumgewohnheiten diskutiert (BUND/MISEREOR 1996, UMWELTBUNDESAMT 1997).

In diesem Rahmen ist es von Interesse, in welcher Größenordnung der Beitrag gegenwärtig praktizierter Ernährungsweisen liegt und welche Einsparpotentiale aufgrund

der Veränderung von Konsumgewohnheiten möglich wären. Beispielsweise wird einer vegetarischen Ernährung oftmals eine geringere Umweltbelastung zugeschrieben als einer nicht-vegetarischen, weil durch die Fleischproduktion Veredelungsverluste entstehen. Bezogen auf die gesamte Ernährungsweise wäre es aber durchaus möglich, daß die Einsparung der Emissionen durch das Meiden des Fleischkonsums durch den Verzehr anderer, emissionsintensiver Lebensmittel ausgeglichen werden. Um dies zu beurteilen, ist es notwendig Ernährungsweisen in ihrer Gesamtheit und nicht nur bspw. ein einzelnes Menü zu analysieren. Weiterhin ist es von Interesse, ob der Verzehr von Lebensmitteln verschiedener Erzeugung d.h. der ökologischen oder der konventionellen, unterschiedlichen Einfluß auf die Umweltbelastung hat.

Obwohl verschiedene Studien zur ökologischen Bewertung von einzelnen Lebensmitteln vorliegen, gibt es derzeit keine Studie, die unterschiedlichen Ernährungsweisen in ihrer Gesamtheit erfaßt. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es deshalb über die Kombination unterschiedlicher Bilanzierungsmethoden, Ernährungsweisen anhand von geeigneten Indikatoren ökologisch zu bewerten. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde folgende Vorgehensweise erarbeitet:

1. Erstellung einer Datenbank mit Datensätzen über:

- Landwirtschaftliche Erzeugung
- Lebensmittelverarbeitung
- Lebensmittelverpackung
- Lebensmitteltransport
- Haushaltsphase

2. Erstellung einer Gesamtbilanz durch Verknüpfung der o.g. Datensätze mit Verzehrsdaten von Untersuchungsgruppen unterschiedlicher Ernährungsweisen.

Die Verzehrsdaten werden zwei Ernährungsstudien (der Nationalen Verzehrsstudie und der Gießener Vollwert-Ernährungs-Studie) entnommen und stellen den Verzehr einer Person, bezogen auf ein Jahr, dar. Soweit möglich wurden die Datensätze in einer konventionellen und in einer ökologischen Variante berechnet. Es können dadurch einerseits Aussagen über die Größenordnung der Einsparpotentiale durch die Änderung der Ernährungsweise, andererseits durch die Wahl der Variante der gleichen Ernährungsweise getroffen werden. Durch den Vergleich der Einsparpotentiale können differenzierte Hinweise für eine nachhaltige Entwicklung gegeben werden.

2 Grundlagen

2.1 Überblick über Forschungsarbeiten und Analyseinstrumente im Bereich ökologischer Bewertung

In diesem Kapitel werden verschiedene internationale und nationale Forschungsarbeiten im Bereich der ökologischen Bewertung von Landwirtschaft, landwirtschaftlichen Produkten oder Lebensmitteln aufgezeigt.

Seit Beginn der Energiekrise befaßt sich PIMENTEL mit verschiedenen Themen der Umweltbelastung durch Landwirtschaft und Nahrungsmittelproduktion. Insbesondere in Primärenergie und Geldwert werden Einflüsse auf Umwelt und Gesellschaft dargestellt, wobei sich beide auf Nordamerika beziehen. So erfolgt beispielsweise eine ökonomische und ökologische Abschätzung des organischen Landbaus in den USA anhand von Energiebewertungen. Hierbei werden Mengeninputs (z.B. Arbeitsstunden), Energiegehalte (z.B. Energieinput je Arbeitskraft je Stunde) und ökonomische Größen (z.B. Bezahlung Arbeitskraft je Stunde) gegenübergestellt und bezogen auf das Gesamtsystem berechnet. Als Ergebnis wird festgestellt, daß der organische Landbau die jeweils günstigere Variante darstellt (PIMENTEL 1993). Weiterhin werden holistische Ansätze zur Bewertung verschiedener Fragestellungen vorgestellt, wie beispielsweise die Bewertung unterschiedlicher Tierproduktionssysteme in Abhängigkeit von gesellschaftlichen Gegebenheiten (GIAMPETRO et al. 1992a), Das Ausmaß der Bodenerosion wird abgeschätzt, wobei als wichtigstes Ergebnis festgestellt wird, daß 30 % der Anbaufläche der USA Anzeichen von Erosion aufweisen (PIMENTEL et al. 1995). Weiterhin wird die Welternährungsproblematik auf energetischer, sozialer und ethischer Ebene bewertet, wobei darauf hingewiesen wird, daß nachhaltige Anbaumethoden wie beispielsweise das Einführen von Fruchtfolgen und eine Verringerung des Fleischverzehr sich positiv auf die Welternährungssituation auswirken können (GIAMPETRO et al. 1992b). Die Energieberechnungen beziehen sich auf die Primärenergieeinsätze und Verbräuche amerikanischer Anlagen und Maschinen (inkl. Landmaschinen), aus den 1970er und 1980er Jahren (PIMENTEL 1989).

Energiebilanzen als Vorstufe zur Abschätzung der **Klimarelevanz unterschiedlicher Bodennutzungssysteme** der Landbewirtschaftung wurden erstmals von HAAS und KÖPCKE 1994 im Rahmen der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“

vorgelegt (HAAS und KÖPCKE 1994). Hierin wurde die Klimarelevanz konventioneller und ökologischer Landbewirtschaftung am Beispiel Getreide anhand der Kohlendioxidemissionen verglichen. Die Kohlendioxidemissionen wurden ermittelt über die Bewertung des Energieeinsatzes mittels spezifischer Emissionsfaktoren (kg CO₂/GJ). Weitere Indikatoren wurden nicht verwandt. Nach der gleichen Vorgehensweise wurde eine Grobabschätzung des Agrarsektors der Bundesrepublik Deutschland (ohne neue Bundesländer, Bezugsjahr 1990) durchgeführt, die jedoch die Bereiche Fischerei und Forstwirtschaft ausschloß. Der wichtigste Befund war, daß die höchsten Energieeinsätze vom Zierpflanzenanbau (Schnittblumen/Topfblumen) in Gewächshäusern, gefolgt von Zierpflanzenanbau im Freiland und Unterglasgemüseanbau erfolgten. Zur Erreichung von Emissionsminderungen werden u.a. auch Veränderung des Konsumverhaltens von Verbrauchern vorgeschlagen (HAAS et al. 1995).

In der o.g. Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ beschrieben KJER et al. (1994) die **Klimarelevanz des Ernährungssektors**. Hierin wurde anhand einer Grobanalyse mit den Indikatoren CO₂-Äquivalente und Primärenergieeinsatz der Gesamteinfluß der Ernährung in der Bundesrepublik Deutschland (ohne neuen Bundesländer, Basisjahr 1991) abgeschätzt. Weiterhin wurden Fallstudien zu unterschiedlichen Versorgungsvarianten erstellt. Bewertet werden landwirtschaftliche Produktion, Verpackung sowie Transport. Energieeinsätze und CO₂-Äquivalente wurden mit der Software Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS) kalkuliert. Um Einsparpotentiale zu realisieren, wird einerseits die Verwendung saisonaler Lebensmittel und andererseits die Reduktion des Fleischanteils im Ernährungssektor vorgeschlagen. Diese Ergebnisse wurden mit Fallstudien ermittelt. Demnach wurden keine konkreten Einsparpotentiale (Zahlenwerte) bezogen auf den Gesamtsektor, sondern Einspartendenzen genannt. Die Ergebnisse werden im Rahmen der Diskussion detaillierter dargestellt.

Eine weitere sehr umfangreiche Studie stellt die Untersuchung von JUNGBLUTH (2000) dar. Auf Basis einer Tagebuchstudie wurden die Einkäufe von Gemüse und Fleisch erfaßt und mittels zweier verschiedener Bewertungsmethoden beurteilt. Dem Eco-indicator 95 und der für die Schweiz erarbeiteten Methode der Umweltbelastungspunkte. Der Eco-indicator 95 bewertet die über Gewichtungsfaktoren in Wirkungskategorien zusammengefaßten Emissionen. Es werden die Wirkungskategorien radioaktive Substanzen, Energieressourcen, Überdüngung, krebserregende Substanzen, Ozonabbau, Pestizide, Photosmog, Schwermetalle, Treibhauseffekt, Versauerung und Wintersmog erfaßt. Die Umweltbelastungspunkte gewichten verschiedene Umwelteinwirkungen mittels sog. Ökofaktoren. Bewertet werden die Emissionen verschiedener Substanzen in die Luft, Oberflächengewässer, in Boden und Grundwasser sowie der Einsatz von Energieressourcen.

Die Ökofaktoren werden aus den aktuellen Flüssen, d.h. den gegenwärtigen Umweltbelastungen und den kritischen Flüssen, d.h. den als kritisch erachteten Belastungen berechnet (JUNGBLUTH 2000).

Bei der **Hybridmethode** handelt es sich um eine niederländische Analyse­methode zur Bestimmung des kumulierten Energieaufwandes bezogen auf ein Produkt bzw. dessen Geldwert. Es wurde im Rahmen des Energie-Analyse-Programmes (EAP) der Niederlande speziell zu diesem Zweck erarbeitet und erlaubt die Verknüpfung verschiedener niederländischer Statistiken anhand der Prozeßkettenanalyse und der Input-Output Analyse. Der erste Schritt ist die Prozeßkettenanalyse des betrachteten Produktes von der Wiege bis zur Bahre. Betrachtet werden diejenigen Aktivitäten, die einen relevanten Beitrag zur Berechnung des kumulierten Energieaufwandes eines Produktes liefern. Es wird hierbei unterteilt in Basisgüter, die die Grundstoffe des Produktes darstellen; Verpackungsmaterialien, die das Produkt verpacken und schützen; Kapitalgüter, d.h. beispielsweise Maschinen und Gebäude; Restgüter, die diejenigen Materialien umfassen, die während der Herstellung eines Produktes Verwendung finden, von denen jedoch Material und Menge nicht hinreichend bekannt sind; direkte Energie, die zur Herstellung des Produktes eingesetzt werden muß; Transport, d.h. der Energieaufwand für Transport sowie zuletzt die Abfallbehandlung. Gutschriften werden einberechnet, wenn eine Verwertung von Verpackungsmaterial oder von Basisgütern stattfindet. Im zweiten Schritt erfolgt eine Massenbilanz, die mit Hilfe der Masse der verwendeten Basisgüter und Verpackungsmaterialien sowie der transportierten Gesamtmasse aufgestellt wird. Sie dient zur Kontrolle der Prozeßkettenbilanz. Danach erfolgt eine Geldbilanz. Da die Restgüter nicht in physikalischen Einheiten ausdrückbar sind, werden sie in dieser Bilanz bezüglich ihres Energieaufwandes bestimmt. Hierzu wird vom Endpreis des Produkts ausgehend, allen Stationen der Lebenskette ein Geldbetrag zugeordnet. Anhand dieser Bilanz ist es möglich, durch Subtraktion aller bekannten Preise vom Endpreis die Gesamtkosten der Restgüter zu bestimmen. Dieser wird dann mit der Energieintensität multipliziert. Die Energieintensität wird mittels einer Input-Output Energieanalyse aus sämtlichen wirtschaftlichen Sektoren ermittelt. Der Energieaufwand eines Produktes wird dann in MJ/kg ausgedrückt und kann neben den Bezug auf das Produkt an sich, auf die Herstellungsenergie, die Kapitalgüter, den Transport oder die Abfallbehandlung bezogen werden (VAN ENGELENBURG et al. 1994, MOLL et al. 1995). Da die Methode auf niederländische Verhältnisse angepaßt ist, kann sie schwer auf andere Länder übertragen werden (WILTING et al. 1995).

Die Hybridmethode wurde von KOK et al. (1993) zur Berechnung der Energieintensitäten der Lebensmittel, die in den Niederlanden verzehrt werden, herangezogen. Das Ergebnis ist ein Tabellenwerk, in dem die Energieintensitäten, bezogen auf Geldwert und Gewicht,

für einzelne Nahrungsmittel bzw. Nahrungsmittelgruppen bezogen auf die niederländische Energiebereitstellung aufgeführt sind.

Ziel der **Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR)** ist es, die Knappheit der Natur als Produktionsfaktor in einer wirtschaftlichen Bilanz darzustellen. Sie ergänzen daher die üblichen statistischen Methoden der ökonomischen Berechnung (Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, VGR), die als Bewertung lediglich den Geldwert verwenden. In der UGR werden auf statistischer Ebene die Veränderungen im Naturvermögen durch wirtschaftliche Tätigkeiten erfaßt. Entsprechend den VGR, in denen für produzierte Vermögensgegenstände Abschreibungen kalkuliert werden, um Wertminderungen zu erfassen, werden in den UGR Abschreibungen auf das Naturvermögen ermittelt. Dadurch kann die UGR statistisch zeigen, welche natürlichen Ressourcen durch die Aktivitäten Produktion und Konsum innerhalb einer Zeitperiode beansprucht, verbraucht, entwertet oder zerstört werden. Ausgangspunkt ist der in der Wirtschaftsstatistik abgebildete Prozeß der ökonomischen Wertschöpfung. Grundsätzlich sind lediglich Trends, Mittelwerte und ähnliche Makroindikatoren für die UGR von Interesse. Einzelfälle wie Stoffe, Räume, Unternehmen oder Störfälle werden zur statistischen Masse aggregiert und daher nicht gesondert betrachtet (STATISTISCHES BUNDESAMT 1996).

Zum Ernährungsbereich sind Input/Output-Berechnungen erstellt worden, die den Ernährungssektor Deutschlands zwischen 1960 und 1990 vergleichen (BRÄUTIGAM et al. 1995, MOLL 1996). Es wird aufgezeigt, daß bezogen auf die Kohlendioxidemissionen die Fleischproduktion (je Kilogramm) das 2,5fache der pflanzlichen Produkte beträgt. Weiterhin wird festgestellt, daß nahezu die gleichen Mengen an pflanzlichen Produkten, Molkereiprodukten und Eiern pro Person im Vergleich von 1960 mit 1990 verbraucht wurden (etwa 0,8-0,9 t/Pers./a), der Verbrauch an Fleisch- und Fleischerzeugnissen jedoch 1960 nur etwa 65 % der 1990 verbrauchten Mengen betrug. Die Darstellung erfolgt nicht nach einzelnen Lebensmitteln, sondern nach den Lebensmittelgruppen pflanzliche Produkte, Fleisch, Fleischerzeugnisse, Molkereiprodukte und Eier.

Die **Technikfolgenabschätzung (TA)** ist ein Werkzeug, das ursprünglich entwickelt wurde, um mögliche Folgen der Technikverwendung zu antizipieren. Die TA ist ein Instrument, das darauf zielt, Politikern und anderen Entscheidungsträgern Hilfestellung bei der Entscheidung über neue, und die Risiken bereits eingesetzter, Technologien zu geben (EIJNDHOVEN 1998). Daher gibt es in Deutschland das TA Büro am Deutschen Bundestag, angegliedert die Akademie für TA Baden-Württemberg, der Arbeitskreis TA Nordrhein-Westfalen (AKTAB) sowie das Institut für TA und Systemanalyse (ITAS). Historisch gesehen, entwickelte sich die TA als Instrument der Politikberatung in

Industrieländern Ende der 1960er und Anfang der 1970er Jahre als sich nach einer Zeit der Technikbegeisterung der ersten Nachkriegsjahrzente eine kritisch, ambivalente Haltung gegenüber der Technik entwickelte (DIERKES 1998). Mittlerweile entwickelten sich verschiedene Methoden der TA wie Diskurse (mit Entscheidungsträgern, Wissenschaftlern und Betroffenen), Risikobewertungsinstrumente u.a. (RENN 1998). Bezüglich der gesellschaftlichen Entscheidungsinstrumente der Technikbewertung im ökologischen Bereich sind auch der „Wissenschaftliche Beirat Globale Umweltveränderungen“ und der auf nationaler Ebene agierende „Sachverständigenrat Umwelt“ zu nennen. Die genannten Institutionen erarbeiten einerseits ökologische Betrachtungen in Bezug zur Politikgestaltung, andererseits in Bezug auf wissenschaftliche Fragestellungen. Hier ist die Untersuchung „Der überlastete Stickstoffkreislauf“ (FLAIG und MOHR 1996) von der Akademie für TA in Baden-Württemberg zu nennen, in der das Problem der Stickstoffdeposition in Deutschland behandelt, die gesamtgesellschaftliche Dimension des Problems dargestellt und Strategien zur Korrektur erörtert werden. Weiterhin ist die Untersuchung des ITAS über die Stoffflüsse der Nährstoffe in der Landwirtschaft und Nahrungsmittelindustrie zu nennen (BRÄUTIGAM et al. 1996).

Die **Ökobilanz** (engl. Life Cycle Analysis, LCA) stellt das Standardinstrument zur ökologischen Bewertung eines Produktes dar. Die Vorgehensweise der Ökobilanzierung ist in einer Norm, der ENISO 14040 (1997), festgelegt. Hierin lautet die Definition der Ökobilanz: „Die Ökobilanz ist eine Methode zur Abschätzung der mit einem Produkt verbundenen Umweltaspekte und produktspezifischen potentiellen Umweltwirkungen, durch Zusammenstellung einer Sachbilanz von relevanten Input- und Outputflüssen eines Produktsystems; Beurteilung der mit diesen Inputs und Outputs verbundenen potentiellen Umweltwirkungen; Auswertung der Ergebnisse der Sachbilanz und Wirkungsabschätzung hinsichtlich der Zielstellung der Studie“ (ENISO 14040 1997, S. 2).

Es sollen von der Wiege bis zur Bahre Umweltwirkungen eines Produktes erfaßt werden. Üblicherweise werden soziale und ökonomische Aspekte eines Produktes bei Ökobilanzen nicht berücksichtigt (in Produktlinienanalysen werden die sozialen Aspekte mit einbezogen). Bestandteile einer Ökobilanz sind: Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens, Sachbilanz, Wirkungsabschätzung sowie Auswertung. Das Ziel einer Ökobilanz muß eindeutig die beabsichtigte Anwendung festlegen und die Gründe für die Durchführung der Studie sowie die angesprochenen Zielgruppen aufführen. Bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens müssen berücksichtigt werden: die Funktion des Produktsystems oder im Fall vergleichender Studien die Systeme, die funktionelle Einheit, das zu untersuchende Produktsystem, die Grenzen des Produktsystems, die Allokationsverfahren, die Wirkungskategorien sowie die Methode für die Wirkungsabschätzung und die anschließend anzuwendende Auswertung, die Anforderung

an Daten, die Annahmen sowie die Einschränkungen. Die funktionale Einheit ist das Maß für den Nutzen des Produktsystems. Hauptsächlich dient sie dazu einen Bezug auf die Input- und Outputflüsse zu schaffen. Dies ist zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse entscheidend, um die Durchführung von Vergleichen unterschiedlicher Systeme auf einheitlicher Grundlage zu sichern. Eine funktionelle Einheit muß eindeutig festgelegt und meßbar sein. Die Angabe der Systemgrenzen legt fest, welche Module in einer Ökobilanz enthalten sein müssen. Anforderungen an die Datenqualität legen in allgemeiner Form die Merkmale der Daten fest, die für die Studie benötigt werden. Bei vergleichenden Ökobilanz-Studien muß vor der Auswertung der Ergebnisse die Vergleichbarkeit der Systeme beurteilt werden. Systeme müssen unter Anwendung derselben funktionellen Einheiten und äquivalenten methodischen Festlegungen, wie Leistung, Systemgrenzen, Datenqualität, Allokationsverfahren etc. verglichen werden. Die Sachbilanz umfaßt die Datensammlung, sowie die Berechnungsverfahren zur Quantifizierung relevanter Input- und Outputflüsse eines Produktsystems. Sie bilden die Grundlage zur Wirkungsabschätzung. Diese beurteilt anhand von Kategorien die Bedeutung potentieller Umweltwirkungen. Die Auswahl der zu beurteilenden Wirkungen und die anzuwendenden Methoden hängen von Ziel und Untersuchungsrahmen der Studie ab. Es gibt keine allgemein anerkannten Methoden für eine durchgängige und genaue Zuordnung von Sachbilanzdaten zu spezifischen potentiellen Umweltwirkungen. In der Auswertung werden die Ergebnisse der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung entsprechend dem festgelegten Ziel und dem Untersuchungsrahmen der Ökobilanz zusammengefaßt (RUBIK und TEICHERT 1997, ENISO 14040 1997).

Einen Zusammenschluß verschiedener Arbeitsgruppen zum Thema Ökobilanzierung von Lebensmitteln auf internationaler Ebene bietet das „LCAnet Food“. Das Netzwerk begann 1997 und wird von der Europäischen Union finanziell unterstützt (Projektname: EU-97-3079- An environmental study – LCA network on foods). Ziele des Netzwerkes sind es ein europäisches Netzwerk für Ökobilanzen entlang der Nahrungskette zu bilden, den gegenwärtigen Stand der Wissenschaft bezüglich der Ökobilanzmethode zu erfassen, unter besonderer Berücksichtigung von Wissenslücken und mangelnden Daten innerhalb des Ernährungssektors eine Strategie für ein Ökobilanz-Forschungsprogramm bezogen auf Lebensmittel zu entwickeln und eine europaweite Datenbank bezüglich Ökobilanzen im Ernährungsbereich zu schaffen. Die Arbeit des Netzwerkes ist zum Zeitpunkt des Verfassens der vorliegenden Arbeit noch nicht beendet und es liegt noch kein Abschlußbericht vor (LCANET FOOD 1999).

Die **Stoffstromanalyse** basiert auf der Analyse des Stoffwechsels - des Austausches der einzelnen Länder untereinander und innerhalb der Länder und der damit verbundenen Umweltauswirkungen. Es wird von der Hypothese ausgegangen, daß die Ursache der

globalen Stoffströme zu einem großen Teil der private Konsum darstellt, da in marktwirtschaftlich orientierten Ländern die Nachfrage nach Gütern das Angebot bestimmt (und umgekehrt). Es wird daher die Annahme getroffen, daß das Verbrauchsverhalten jedes Menschen die globalen Stoffströme beeinflusst und damit deren Umweltauswirkungen. Dabei ist zu beachten, daß die Bilanzierung des Energieverbrauchs allein, die Umweltauswirkungen nicht ausreichend beschreibt.

Die Stoffstromanalyse wurde vom INSTITUT FÜR ANGEWANDTE ÖKOLOGIE E.V. als nachfrageorientierter Ansatz (bottom-up-Analyse) entwickelt, um Tätigkeiten von Industrie, Gewerbe, Haushalten und öffentlicher Hand in bezug auf ihre Umweltauswirkungen zu bilanzieren. Als Analyseinstrument wird GEMIS verwendet. „Entgegen der Intention klassischer Ökobilanzen, betriebliche Vorgänge bezogen auf ein bestimmtes Endprodukt in ihrer Umweltauswirkung exakt zu erfassen, werden in Stoffstromanalysen ganze Produkt- bzw. Materialgruppen bilanziert. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, auch umfassende Bedürfnisfelder wie Mobilität, Wohnen oder Information zu analysieren und Alternativen transparent und verstehbar zu machen“ (INSTITUT FÜR ANGEWANDTE ÖKOLOGIE E.V.1999, S 8). Es werden folgende Vorteile genannt, die sich durch die Strukturierung komplexer Zusammenhänge mittels der Stoffstromanalyse ergeben (INSTITUT FÜR ANGEWANDTE ÖKOLOGIE E.V.1999):

- Einsparpotentiale können erfaßt werden. Dadurch kann abgeschätzt werden, inwieweit ein Wandel der Konsumgewohnheiten sich auf die Umwelt auswirkt.
- Modulare Prozesse können schnell verändert werden. Die Bilanzierung zeigt die Wirksamkeit von gesetzgeberischen Instrumenten, z.B. Veränderung von Grenzwerten, an.
- Entlang der Stoffstromkette können die Bereiche mit großem bzw. kleinem Beitrag zum Gesamtergebnis aufgezeigt werden und damit Hilfe zur Optimierung geben.
- Eine einfache Erweiterung des Datensatzes um zusätzliche Kriterien ist möglich und trägt dem neuesten wissenschaftlichen Sachstand jederzeit Rechnung.

Die Stoffstromanalyse ist modular aufgebaut. D.h. die einzelnen Schritte der Bilanzierung sind in einzelnen Modulen realisiert, die hintereinander geschaltet den Gesamtaufwand bezogen auf das Bilanzierungsziel angeben (INSTITUT FÜR ANGEWANDTE ÖKOLOGIE E.V.1999).

Ein weiteres Analyseinstrument stellt die vom Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie entwickelte Bewertungsmethode **Material Input pro Serviceeinheit (MIPS)**

dar. Sie dient als Maß für ökologisches Wirtschaften. Hierbei werden für einzelne Güter Umweltbelastungsintensitäten ermittelt. Diese werden von SCHMIDT-BLEEK (1993, S 108) wie folgt definiert: "Das Maß für die Umweltbelastungsintensität ist die das ganze Produktleben umspannende Materialintensität pro Serviceeinheit, also der Materialverbrauch von der Wiege bis zur Bahre pro Einheit Dienstleistung oder Funktion - die MIPS". Wobei darauf hinzuweisen ist, daß der Terminus Dienstleistung bei MIPS sehr weit gefaßt ist. Es können also sowohl eher langlebige Produkte, wie Automobile mit MIPS bewertet werden, als auch kurzlebige, wie z.B. ein Joghurt. Das MIPS-Konzept befaßt sich hauptsächlich mit Materialflüssen. Dies bedingt, daß Emissionen klimarelevanter Gase wie, z.B. Methan, oder wasserlösliche Stoffe, wie z.B. Nitrat, keinen Einfluß auf die Bewertung mit MIPS haben.

Weiterhin wurden verschiedene **Softwareprogramme zur ökologischen Bilanzierung** entwickelt, um die Bearbeitung der Daten bzw. Tabellen zu erleichtern, da Bilanzen über die verschiedenen ökologischen Untersuchungsgegenstände (Energieverbrauch, Emissionen unterschiedlicher Art, Flächenverbrauch usw.) stets auch eine große Datenflut mit sich bringen. Diese Programme wurden fast ausschließlich von Firmen oder privaten Organisationen entwickelt und werden entgeltlich vertrieben. Eine bekannte Ausnahme stellt das Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS) dar. Es wurde im Auftrag des hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit vom Institut für angewandte Ökologie e.V. entwickelt (FRITSCHKE et al. 1998) und ist kostenlos im Internet verfügbar (<http://www.oeko.de/service/gemis> und <http://www.usf.uni-kassel.de/service/gemis>). Allen Softwareprogrammen gemeinsam ist, daß sie anfangs erstellt wurden, um Fragestellungen zu bearbeiten, die eher physikalisch-technischer Art waren, z.B. für die Energiegewinnung aus Braunkohle oder Herstellung von Aluminium. Erst in neuerer Zeit wurde versucht die Modellierung von Stoffströmen der Landwirtschaft in GEMIS und Umberto® (PATYK UND REINHARD 1997) zu integrieren. Im Unterschied z.B. zur Aluminiumherstellung aus Bauxit oder dem Braunkohleabbau, bei denen der Anfang der Produktion die Gewinnung aus der Erde, also eine „Extraktion“ eines bereits vorhandenen Stoffes darstellt, sind die Anfangspunkte einer Bilanz bei der Produktion von Biomasse grundsätzlich verschieden. Bei der landwirtschaftlichen Produktion entsteht Biomasse aus Inputfaktoren wie Sonne, Wasser, Boden, Luft sowie Saatgut bzw. Jungtieren. Der Bilanzierungsgegenstand entsteht also erst und ist nicht wie z.B. Braunkohle bereits im Boden eingelagert. Weiterhin produziert die Landwirtschaft in Stoffkreisläufen. Das bedeutet beispielsweise, daß die Tierproduktion die Futtermittelproduktion bedingt. Für letztere wiederum wird als Düngereinput die Gülle und Festmistproduktion der Tierproduktion benötigt. Aufgrund der oben erwähnten Softwareentwicklung anhand der anfänglichen Problemstellung sind solche Stoffkreisläufe mit Bilanzierungssoftware schwer oder nur über Hilfskonstrukte

abbildbar. Neben den Problemen bei der Bilanzierung der Inputseite stellt sich jedoch auch die Bilanzierung der Endprodukte schwierig dar. Output der landwirtschaftlichen Produktion sind üblicherweise mehrere Produkte, die miteinander gekoppelt sind. So muß z.B. zur Bilanzierung von Käse, Milch bilanziert werden. Hierzu muß als Vorbedingung eine Bilanz der Kuhhaltung erstellt werden. Die Kuh liefert aber ihrerseits Rindfleisch zur Wurstproduktion und weiterhin Kälber, die entweder remontiert werden oder zur Kalbfleischproduktion gemästet werden können. Die Software Umberto ermöglicht die nichtlineare Darstellung von Stoffströmen (PATYK UND REINHARD 1997). Sie konnte aber im Rahmen dieser Untersuchung wegen der hohen Anschaffungskosten als kommerzielle Software nicht beurteilt werden. Weitere Software wie CUMPAN® (Computergestützte umweltorientierte Produktanalyse) und GaBi® (Ganzheitliche Bilanzierung), EMIS (Emissions-Modell Integrierter Systeme), TEAM™ (Tool for Environmental Analysis and Management) sind auf technische Betriebsabläufe ausgerichtet. Sie enthalten keine integrierten Datenbanken zur Bilanzierung von Lebensmitteln.

2.2 Indikatoren zur ökologischen Bewertung

Bewertung des Energieverbrauchs

Historisch gesehen ist die Bewertung des Energieverbrauches der älteste Indikator, da nach den Ölkrisen der 1970er Jahre zunächst die Untersuchung des Energieverbrauchs nichterneuerbarer Energien im Vordergrund stand. Eine Unterteilung von Energieträgern bzw. deren Energieinhalten in Kategorien wird von PATYK UND REINHARDT (1997) angegeben:

- **Naturenergie:** Energieinhalt der in der Natur, d.h. in Lagerstätten, vorliegenden Energieträger. Zur Überführung in Primärenergie müssen diese gefördert bzw. abgebaut werden.
- **Primärenergie:** Energieinhalt von Energieträgern, die noch keiner energetischen Umwandlung unterworfen, eventuell aber aufbereitet wurden. Hierzu zählt beispielsweise (aufbereitetes) Rohöl.
- **Sekundärenergie:** Energieinhalt von Energieträgern, die aus Umwandlung von Primärenergieträgern (z.B. Ottokraftstoff oder Heizöl aus Rohöl, Uran aus Uranerz) oder aus anderen Sekundärenergieträgern (z.B. Strom aus Uran oder Heizöl) gewonnen werden.
- **Bezugsenergie:** Energieinhalt aller Energieträger, die die Verbraucher beziehen; dabei handelt es sich im wesentlichen um Sekundärenergie vermindert um Transportverluste (Netzverluste beim Stromtransport, Energieeinsatz zum Transport von Kraftstoffen von der Raffinerie zur Tankstelle usw.).

- **Endenergie:** Energieinhalt der von den Verbrauchenden verwendeten Energieträger; die im wesentlichen die Bezugsenergie abzüglich des nichtenergetischen Verbrauchs wie z.B. der Umfüllverluste bei Kraftstoffen.
- **Nutzenergie:** Energie, die nach der letzten energetischen Umwandlung den Verbrauchern zur Verfügung steht, wie z.B. Licht, Wärme, Fortbewegung.

Die üblicherweise in Bilanzen erfaßten Kategorien sind der Endenergieeinsatz und/oder der Primärenergieeinsatz. Primärenergieträger werden über den ermittelten Endenergieeinsatz bilanziert. Hierzu wird die Endenergie durch den Nutzungsgrad dividiert. Die **Aggregation des Energieeinsatzes** erfolgt demnach über die Bildung der Summe über sämtliche primärenergetisch bewerteten Endenergieeinsätze. Dies entspricht dem Konzept des kumulierten Energieaufwandes (KEA) (INSTITUT FÜR ANGEWANDTE ÖKOLOGIE E.V. 1999).

Bewertung der globalen Emissionen

Bei der Umwandlung von beispielsweise Benzin in Antriebsenergie wird als Folge des Verbrennungsprozesses CO_2 freigesetzt. Eine Möglichkeit zur Bewertung besteht nun in der Berechnung der CO_2 -Freisetzung aus der eingesetzten Energie. Eine weitere Möglichkeit besteht darin sowohl CO_2 , als auch andere Gase auf die CO_2 -Freisetzung zu beziehen. Dies geschieht bei den CO_2 -Äquivalenten. Die CO_2 -Äquivalente stellen eine Möglichkeit dar, den anthropogenen Einfluß auf den Treibhauseffekt darzustellen. Der Treibhauseffekt bezeichnet die Erwärmung der Erde aufgrund der Reflexion der Sonnenstrahlung an der Atmosphäre der Erde. Der anthropogene Treibhauseffekt bezeichnet die Erhöhung des „natürlichen“ Treibhauseffektes aufgrund menschlichen Einflusses wie z.B. durch Verbrennung fossiler Energieträger. Die hierbei freigesetzten klimawirksamen Gase wie beispielsweise CO_2 , N_2O oder CH_4 zeichnen sich durch die Eigenschaft aus, kurzwellige Sonnenstrahlung nahezu ungehindert passieren zu lassen, jedoch von der Erde abgestrahlte langwellige Wärmestrahlung zu absorbieren und tragen somit zur Erhöhung der Erdtemperatur bei.

Das Distickstoffoxid entsteht bei der Düngerherstellung sowie aufgrund von mikrobiellen Abbauprozessen auf dem Feld. Methan entsteht bei der Tierproduktion aus mikrobiellen Abbauprozessen im Wiederkäuermagen, andererseits beim Reisanbau. Das Treibhauspotential eines Gases stellt die kumulative Strahlungseinwirkung innerhalb einer bestimmten Zeit dar, beginnend mit dem Zeitpunkt, ab dem es emittiert wird. Eine Beeinflussung des „natürlichen“ Treibhauseffektes wird allgemein als negativ betrachtet, da selbst eine geringe Verschiebung der durchschnittlichen Erdtemperatur Einfluß auf das

gesamte Erdökosystem hat. Die CO₂-Äquivalente sind ein einfacher Indikator, um den menschlichen Einfluß auf den Treibhauseffekt darzustellen (PATYK UND REINHARDT 1997).

Bewertung der lokalen Emissionen

Die Versauerung von Böden und Gewässern wird durch säurebildende Gase verursacht, die aus der Atmosphäre entweder über trockene oder nasse Deposition (saurer Regen) auf die beiden Kompartimente einwirken. Die Schadgase können ursächlich für die Beeinflussung von Ökosystemen auf lokaler Ebene gesehen werden. Ihre Summe stellt einen Indikator für die Belastung mit Säurebildnern dar (PATYK UND REINHARDT 1997). Von den säurebildenden Gasen werden die Schwefel- und Stickstoffoxide überwiegend bei Verbrennungsprozessen in Motoren freigesetzt. Ammoniak entweicht hauptsächlich bei der Erzeugung tierischer Lebensmittel aus den Exkrementen der Tiere. Chlorwasserstoff entsteht bei den Prozessen der industriellen Verarbeitung.

Weitere Indikatoren

Neben den o.g. oft gewählten Indikatoren werden hier weitere, mögliche und sinnvolle Indikatoren zur ökologischen Bewertung vorgestellt.

Gewässerbelastung

Im Ernährungssystem können Gewässer über verschiedene Wege belastet werden. Einerseits über **Nitrat** im Grundwasser, andererseits durch Einleitung **organischer Reste** von lebensmittelverarbeitenden Betrieben. Nitrat im Grundwasser stammt überwiegend aus der Stickstoffdüngung der Landwirtschaft. Es stellt eine unerwünschte Substanz im Grundwasser dar, da es in höheren Mengen für die Gesundheit des Menschen nicht unbedenklich ist. Säuglinge können an Methämoglobinämie oder Blausucht erkranken, die bei ihnen zur sog. „inneren Erstickung“ führt, da sie noch nicht über die Enzyme verfügen, um die Verbindung des Stickstoffs mit der Hämgruppe ihres Hämoglobins zu lösen. Beim Erwachsenen kann Nitrat in Nitrit umgewandelt werden und zusammen mit Proteinen zu Nitrosaminen reagieren, welche stark kanzerogen sind. Daher sind Obergrenzen für den Nitratgehalt des Wassers (Leitungswasser) festgesetzt (derzeit 50 mg/l). Bei Überschreiten dieser Grenze wird das betreffende Grundwasser mit anderen Wässern gemischt, um eine Grenzwertüberschreitung zu verhindern. Da in den letzten Jahren jedoch die Nitratwerte des gesamten Gebietes von Deutschland anstiegen und

technische Maßnahmen zum Nitratentzug aufgrund der hohen Kosten nicht eingesetzt werden, wird die Verringerung der Nitrateinträge der Landwirtschaft favorisiert (FLAIG und MOHR 1996).

Eine Aussage über die Belastung der Gewässer im Bereich der lebensmittelverarbeitenden Industrie ist über die Angabe des Biologischen Sauerstoffbedarfes (BSB) möglich. Der BSB stellt den Sauerstoffbedarf dar, der in einem Wasser durch biologische Prozesse verbraucht wird. Zur Verdeutlichung soll hier die hohe **Abwasserfracht von organischen Substanzen** genannt werden. Beispielsweise das anfallende Blut bei Schlachtbetrieben oder das Anfallen von Fruchtresten im Abwasser bei Fruchtsaferstellern. Der Abbau organischer Substanzen im Gewässer gehört zu den sauerstoffzehrenden Prozessen. Dadurch kann es zu Sauerstoffmangelsituationen im Gewässer kommen, was zum Absterben bzw. zur Schädigung von Organismen führt. Die Eutrophierung der Gewässer mit Phosphat führt sekundär ebenfalls zu einem vermehrten Sauerstoffbedarf.

Von SCHMITZ et al. (1995) wird die Möglichkeit beschrieben, Werte über Phosphoreintrag und Sauerstoffbedarf zu einem Äquivalenzfaktor der Sauerstoffzehrung zusammenzufassen. An gleicher Stelle wird jedoch erwähnt, daß diese Methode noch keinen Konsens darstellt. Die Aussagekraft der Angaben von BSB und Chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) allein ist jedoch begrenzt. Der CSB stellt den Sauerstoffbedarf dar, der durch chemische Reaktion verbraucht wird. Der Quotient von BSB zu CSB ermöglicht Aussagen über die Abbaubarkeit der Substanzen in einer Kläranlage. Vollständige Abbaubarkeit besteht bei einem Quotient von eins, vollständige Persistenz der Stoffe besteht bei einem Quotient von null. Das bedeutet, daß die Stoffe auch nach dem Durchfluß durch eine Kläranlage unabgebaut ins Gewässer gelangen. Es ist zu beachten, daß auch organische Substanzen nicht per se in einer Klärstufe biologisch abbaubar sind. Als Beispiel ist das als Gerüstsubstanz in Pflanzen vorkommende Lignin zu nennen (RUCK 1998).

Die Bedeutung von BSB und CSB für die vorliegende Arbeit stellt sich daher wie folgt dar: In dem Fall, in dem (z.B. in der lebensmittelverarbeitenden Industrie) mit vollständig abbaubaren Substanzen gearbeitet wird, und diese nach Verlassen der Produktion in einer Kläranlage geklärt werden, ist die Angabe von BSB und CSB bedeutungslos. Ist dies jedoch nicht der Fall, stellen die Substanzen eine sauerstoffzehrende Belastung für Gewässer dar und müßten in die Bewertung einbezogen werden.

Bodenbelastung

Die Aufnahme von Stickstoff, Phosphor und Kalium aus Düngemittel in die Pflanze erfolgt nicht vollständig (d.h. zu 100 % der gedüngten Menge). Düngerüberschüsse in der Landwirtschaft haben zwangsläufig einen Nährstoffaustrag zur Folge. Vor einem Austrag in Grundwasser oder Oberflächengewässer steht jedoch meist die Akkumulation im Boden. Der Austrag von Kalium ist vorwiegend auf sandigen Böden oder bei sehr hohen Kaliumgehalten ein Problem, doch Chlorid und Sulfat werden auf allen Böden ausgewaschen, was bei einer Kaliumchlorid- und Kaliumsulfat-Düngung problematisch ist. Die in der Bodenlösung im Überschuß vorliegenden Kationen Calcium und Magnesium werden zum Ladungsausgleich mitgezogen (SCHELLER 1997). CEDERBERG (1998) fordert aufgrund des nachgewiesenen höheren Phosphorverlustes auf langjährig gedüngten Böden die Langzeitbetrachtung der Akkumulation von Phosphor in Böden und deren Einbezug in landwirtschaftliche Bilanzierungen, da sie davon ausgeht, daß nach Erreichen der Sättigungsgrenze der Phosphorausstrag sprunghaft ansteigt und damit als problematischer Faktor mit in Bilanzen aufgenommen werden muß.

3 Material und Methoden

3.1 Methodenwahl

Die vorangehend dargestellten Methoden und Forschungsansätze zur ökologischen Bewertung werden im folgenden auf ihre Verwendbarkeit für die vorliegende Arbeit diskutiert. Untersuchungen von Pimentel können in der vorliegenden Arbeit aufgrund des unterschiedlichen Untersuchungsraumes und Zeitpunktes nicht verwendet werden. Die nordamerikanische Landwirtschaft ist mit der europäischen schwer vergleichbar, da unterschiedliche Feldgrößen mit unterschiedlich großen Landmaschinen bewirtschaftet werden. Weiterhin ist der Rohstoffmix zur Energieversorgung und damit der Primärenergieeinsatz spezifisch für jedes Land, so daß die von Pimentel berechneten Primärenergiewerte nicht vergleichbar mit der Situation in Deutschland sind. Da die Analyse der vorliegenden Arbeit von verschiedenen Ernährungsweisen ausgeht, die sich u.a. durch unterschiedliche Verzehrsmengen einzelner Lebensmittel auszeichnen, ist die Verwendung der UGR als Datenquelle zur Erstellung der Arbeit einerseits zu grob, andererseits bezieht sie sich auf andere Indikatoren als die vorliegende Arbeit und ist daher auch nicht verwertbar.

Das MIPS-Konzept befaßt sich hauptsächlich mit Materialflüssen. Dies bedingt, daß Emissionen klimarelevanter Gase wie z.B. Methan oder wasserlösliche Stoffe wie z.B. Nitrat keinen Einfluß auf die Bewertung mit MIPS haben. Da jedoch Emissionen dieser Art bei der Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln entstehen und durchaus umweltrelevante Probleme aufwerfen (z.B. Nitratbelastung des Grundwassers), würde eine Bewertung mit MIPS den ökologischen Aspekten des Ernährungssektors nicht gerecht. Großangelegte Analysen, wie das EAP der Niederlande sind nicht geeignet für die vorliegende Untersuchung, da ein wichtiges Kriterium bei der Erstellung der Arbeit war, daß die Analyse von einer Person im Rahmen einer Promotionsarbeit durchführbar sein mußte, die sich daraus ergebende personelle und finanzielle Restriktion erforderte eine andere Vorgehensweise.

Da keine geeignete Methode zur Beantwortung der in der vorliegenden Arbeit gestellten Fragestellung derzeit verfügbar ist, wurde in Anlehnung an die Stoffstromanalyse in der vorliegenden Arbeit mit Elementen der bottom-up-Bilanzierung, wie beispielsweise der Ökobilanz und Elementen der top-down-Analyse, wie beispielsweise der Makroanalyse

der gesamtdeutschen Stickstoffausträge gearbeitet. Dadurch konnten Ergebnisse verschiedener Studien integriert werden (wie bspw. die Studie von FLAIG und MOHR 1996).

Linear programmierte Software kann mit der Vielfalt von Verknüpfungen im Landwirtschafts- und Ernährungsbereich systemimmanent nicht arbeiten. Hierzu sind Hilfskonstrukte notwendig, die jedem landwirtschaftlichen Produkt eine lineare Produktionskette zuweisen. Zur Bewahrung der Übersichtlichkeit wird daher die Berechnung mit einem Tabellenkalkulationsprogramm gewählt. Die Beschreibung der Software Umberto erwähnt die Möglichkeit der nichtlinearen Darstellung von Stoffströmen (PATYK UND REINHARD 1997). Sie konnte aber im Rahmen dieser Untersuchung wegen der hohen Anschaffungskosten als kommerzielle Software nicht beurteilt werden. Weitere Software ist nicht auf die Bilanzierung landwirtschaftlicher Produkte, sondern auf technische Betriebsabläufe ausgerichtet. Lediglich GEMIS stellt im Bereich der Bilanzierung verschiedener Teilschritte eine Ergänzung dar.

Aufgrund der vorangehenden Überlegungen und der Notwendigkeit der ausführlichen Dokumentation der Datenherkunft jedes Bilanzierungsabschnitts, die über die genannten Softwareprogramme derzeit nicht befriedigend lösbar ist, wurden die Bilanzierungstabellen mit dem Tabellenkalkulationsprogramm EXCEL® erstellt.

3.2 Ausgewählte Indikatoren

In der vorliegenden Arbeit wurden sechs Indikatoren gewählt, anhand deren Aussagen zur ökologischen Beeinflussung getroffen werden. Es sind dies der Primärenergieverbrauch, zwei aggregierte Größen die CO₂-Äquivalente und die SO₂-Äquivalente, sowie die Austräge von Stickstoff, Phosphor und Kalium. Die letzteren drei beziehen sich lediglich auf die landwirtschaftliche Produktion und werden für diese anhand von Grobabschätzungen gesamthaft ermittelt. Die Auswahl der Indikatoren orientierte sich an der Datenverfügbarkeit. Daher war es im Bereich der Gewässerbelastung aufgrund der fehlenden Angaben über BSB und/oder CSB nicht möglich, diese in die Berechnung mit aufzunehmen. Primärenergieträger werden über den ermittelten Endenergieträgereinsatz bilanziert. Hierzu wird die Endenergie durch den Nutzungsgrad dividiert. Die **Aggregation des Energieeinsatzes** erfolgt demnach über die Bildung der Summe über sämtliche primärenergetisch bewerteten Endenergieteilnahmen. Aus Tab. 1 sind die für die vorliegende Arbeit gewählten Nutzungsgrade zu entnehmen.

Tab. 1: Nutzungsgrad ausgewählter Endenergieträger (GEMIS 3.x)

Endenergieträger	Nutzungsgrad in %
Diesel, Heizöl (Transport mit Lkw)	92,1
Schweröl (Transport mit Zug)	88,8
Benzin (Tankstelle)	82,4
Diesel (Tankstelle)	92,1
Erdgas (Haushalte u. Kleinverbraucher)	93,8
Erdgas (Kraftwerk u. Industrie)	94,5
Strom (Netz lokal)	34,1

Die **CO₂-Äquivalente** wurden gewählt, da sie die gesamte Klimawirksamkeit der Emissionen eines betrachteten Systems oder Prozesses beschreiben und die verfügbaren Daten ihre Berechnung zuließen. Die Klimawirksamkeit einzelner Stoffe wird mit dem Treibhauspotential beschrieben. Dies ist die massenbezogene Klimawirksamkeit eines Stoffes relativ zu der von CO₂. Die Produkte aus den Treibhauspotentialwerten und der Schadstoffmenge ergeben die sog. CO₂-Äquivalente. Da die CO₂-Äquivalente ein Maß für die zeitlich integrierte Wirkung eines Stoffes relativ zu CO₂ darstellen, geht bei der Bestimmung der Umrechnungsfaktoren auf CO₂-Äquivalente die mittlere atmosphärische Verweildauer des Stoffes ein. Es muß daher ein Zeithorizont gewählt werden, für den der Vergleich mit CO₂ gelten soll. Derzeit gängige Praxis in zahlreichen nationalen und internationalen Klimabilanzen ist die Berechnung der CO₂-Äquivalente für einen Integrationszeitraum von 100 Jahren (PATYK UND REINHARDT 1997). Dieser Zeitraum wurde ebenfalls für die vorliegende Arbeit gewählt. Eine Aufstellung der verwendeten Äquivalenzfaktoren bietet Tab. 2.

Tab. 2: Äquivalenzfaktoren zur Berechnung des Treibhauspotentials (IPCC 1995, IPCC 1996)

Substanz	Chemische Formel	Äquivalenzfaktor
Kohlendioxid	CO ₂	1
Methan	CH ₄	21
Distickstoffoxid	N ₂ O	310

Die vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) veröffentlichten Treibhauspotentiale sind keine statischen Werte. Beispielsweise wurde Methan 1992 ein Treibhauspotential von 11 zugeschrieben. Dieser Wert wurde 1994 aufgrund neuerer Erkenntnisse über die Reaktionsweise des Methans auf 24,5 erhöht. Hierbei wurden nur die direkten Effekte des Gases auf den Treibhauseffekt miteinbezogen, d.h. den Einfluß auf die Erwärmung der Erdatmosphäre. Danach wurde 1995 auch die indirekten Effekte, d.h. den Einfluß auf Abkühlungsprozesse der Erdatmosphäre miteinbezogen, woraus eine Verminderung auf 21 resultierte. Diese 1996 veröffentlichten Werte entsprechen dem neuesten Stand der Kenntnis über atmosphärische Reaktionen. Anzumerken ist, daß obwohl die Äquivalenzwerte als Einzelwerte dargestellt werden, enthalten sie eine Unsicherheit von +/- 35 %, die in der Quelle jedoch nicht weiter erläutert ist (GLOBAL CHANGE 1996).

Zur Berechnung des **Versauerungspotentials** wurden die in UBA (1995) und PATYK UND REINHARDT (1997) angegebenen Werte herangezogen. Das Versauerungspotential beschreibt die versauernde Wirkung von Stoffen und wird auf das Säurebildungspotential von SO₂ als Referenzsubstanz bezogen. Eine Aufstellung der Äquivalenzfaktoren ist Tab. 3 zu entnehmen.

Tab. 3: Äquivalenzfaktoren zur Berechnung des Versauerungspotentials (UBA 1995, PATYK und REINHARDT 1997)

Substanz	Chemische Formel	Äquivalenzfaktor
Schwefeldioxid	SO ₂	1,00
Stickstoffmonoxid	NO	1,07
Stickstoffdioxid	NO ₂	0,70
Stickstoffoxide	NO _x	0,70
Ammoniak	NH ₃	1,88
Chlorwasserstoff	HCl	0,88

3.3 Ernährungsweisen

Das Ernährungsverhalten ist durch die Art und Menge an verbrauchten Lebensmitteln bestimmt. Die durch den Verbrauch resultierenden Umweltauswirkungen können bei verschiedenen Ernährungsweisen miteinander verglichen werden. In der vorliegenden Arbeit werden drei Ernährungsweisen gewählt, wobei eine Ernährungsweise dem deutschen Durchschnitt entsprechen soll. Sie basiert daher auf der Nationalen Verzehrsstudie (NVS). Als weitere Ernährungsweisen werden die nicht-vegetarische und die vegetarische Variante der Vollwert-Ernährung herangezogen, welche sich nach den Empfehlungen der Gießener Vollwert-Ernährung richten und deren Verzehr in der Gießener Vollwert-Ernährungs-Studie (VWS) dokumentiert ist. Da sich die NVS und VWS in einigen Punkten unterscheiden, erfolgt eine kurze Darstellung der Studien.

3.3.1 Nationale Verzehrsstudie

Die Grundgesamtheit der NVS wird von der deutschen, in Privathaushalten lebenden Wohnbevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland (in den Grenzen vor 1990, inkl. West-Berlin) gebildet. Diese repräsentative Studie wurde vom Bundesministerium für Forschung und Technologie in Auftrag gegeben und durch die Gesellschaft für Markt-, Absatz- und Konsumforschung durchgeführt (HERWIG 1995). Der Zeitraum der Erhebung erstreckte sich vom Oktober 1985 bis zum Januar 1989. Die in diesen drei Jahren befragten Personen wurden als eine Stichprobe behandelt. Pro Monat wurden etwa 300 Haushalte untersucht, so daß saisonale Schwankungen des Verzehrs erfaßt wurden. Von Oktober bis Dezember 1987 wurde die Untersuchung aufgrund einer Finanzierungslücke unterbrochen. Die Stichprobenauswahl der Studienteilnehmer erfolgte über Zufallsauswahl (SCHNEIDER et al. 1992).

Insgesamt wurden in der NVS eine Stichprobengröße von $n = 24632$ Personen in 11141 Haushalten realisiert. Diese Personen füllten, neben anderen hier nicht relevanten Fragebögen, ein 7-tägiges Ernährungsprotokoll aus. Sämtliche Lebensmittel wurden von den Haushaltsmitgliedern erfaßt (Wiegeprotokoll). Um die Mengenerfassung zu vereinfachen, wurden neben dem Abwiegen mit der Haushaltswaage haushaltsübliche Maße, Lebensmittelschablonen und Modellgefäße eingesetzt, ebenfalls konnten auch die Gewichtsangaben auf der Lebensmittelverpackung übernommen werden (ANDERS et al. 1990, KÜBLER et al. 1997). Der Lebensmittelverzehr wurde von den Teilnehmern ohne

Vorgabe einer Einteilung in Lebensmittelgruppen protokolliert (offenes Protokoll). Die Einteilung in Lebensmittelgruppen erfolgte im Nachhinein von geschultem Personal. Es wurden 24 Ober- und 90 Untergruppen gebildet, die in einem public use file zugänglich sind (ADOLF O.J.).

3.3.2 Gießener Vollwert-Ernährungs-Studie

Ziel der VWS war es, den Gesundheits- und Ernährungsstatus von Vollwertköstlerinnen zu erfassen, die diese Ernährungsweise langfristig praktizieren. Der Erhebungszeitraum erstreckte sich von November 1991 bis Februar 1992 (AALDERINK et al. 1994). Hierbei handelt es sich jedoch nicht um eine repräsentative Studie, da einerseits nur eine begrenzte Auswahl von Teilnehmerinnen untersucht werden konnte und andererseits die Gruppe als Ganzes nicht bekannt und somit die Auswahl einer repräsentativen Stichprobe durch Zufallsauswahl nicht möglich war (HOFFMANN 1994). Als Studienteilnehmerinnen wurden nur gesunde Frauen ausgewählt, die zwischen 25 und 60 Jahre alt waren und die die Vollwert-Ernährung nach der Gießener Empfehlung (KOERBER et al. 1999) seit mindestens fünf Jahren in ihrem Alltag umsetzten. Die Teilnehmerinnen wurden durch Anzeigenserien in Zeitschriften angesprochen, wobei nur die Teilnehmerinnen berücksichtigt wurden, die im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in seinen Grenzen vor dem 03. Oktober 1990 einschließlich West-Berlin lebten.

Der Verzehr wurde in haushaltsüblichen Mengen abgeschätzt, wobei zusätzliche Beschreibungen im Protokoll über Portionsgrößen sowie Fotografien die Genauigkeit des Protokollierens erhöhen sollten (Schätzprotokoll). Die Verzehrsmengen wurden gemäß ihrer Einteilung in 150 Lebensmittelgruppen in ein 7-Tage-Ernährungsprotokoll eingetragen (geschlossenes Protokoll) (HOFFMANN 1994). Insgesamt liegen 243 komplette Datensätze von Vollwertköstlerinnen vor. Diese Gruppe wird unterteilt in 132 nicht-Vegetarierinnen (VWS-NVEG bzw. NVEG) und 111 ovo-lacto-Vegetarierinnen (VWS-OLV bzw. OLV) (AALDERINK et al. 1994).

In der VWS wurde eine eigene Kontrollgruppe von Mischköstlerinnen ausgewählt (VWS-KG), die die Durchschnittsverbraucherinnen repräsentieren sollte. Die VWS-KG bildeten 175 Frauen. Am Ende der Untersuchung stellte sich jedoch heraus, daß sich diese Gruppe der Mischköstlerinnen besser als der Bundesdurchschnitt ernährte (AALDERINK et al. 1994). Aus diesem Grund wurde für die Gegenüberstellung der Ernährungsweisen die o. g. Daten der NVS verwendet. Da sich die VWS auf einen bestimmten Personenkreis (stoffwechselgesunde, nicht schwangere Frauen im Alter von 25-65 Jahren) bezieht, wurde der Vergleichbarkeit wegen der entsprechende Personenkreis aus der NVS gewählt

(unter Verwendung der Daten des public use files) und nur dieser dem der VWS gegenübergestellt (ADOLF o.J.). Da es sich um Mischköstlerinnen handelt, wurde die Gruppe mit NVS-MK bzw. MK abgekürzt. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung beziehen sich dementsprechend nur auf diesen Personenkreis.

Bei einer Gegenüberstellung der drei Ernährungsweisen NVS-MK, VWS-NVEG und VWS-OLV bezüglich des Obst-, Gemüse- und Hülsenfrüchteverzehr wird deutlich, daß die Mischköstlerinnen der NVS die geringste Menge an Obst, Gemüse und Hülsenfrüchten zu sich nehmen. Die Teilnehmerinnen der VWS verzehren deutlich mehr dieser pflanzlichen Produkte, wobei die Vollwertköstlerinnen, die weder Fleisch und Fleischprodukte noch Fisch essen (VWS-OLV) den höchsten Verzehr aufweisen. Dies liegt darin begründet, daß das Meiden von Fleisch und Fisch durch einen gesteigerten Verbrauch an pflanzlichen Lebensmitteln wie Obst, Gemüse und Hülsenfrüchte kompensiert wird, wobei Obst und Gemüse überwiegend unerhitzt verzehrt werden. Weiterhin werden weniger Süßungsmittel verzehrt (HOFFMANN 1999). Die NVS-MK nehmen eine größere Menge an verarbeiteten Produkten zu sich als die VWS-NVEG und VWS-OLV.

4 Verbrauchsberechnung und Angleichung der Lebensmittelgruppen

4.1 Angleichung der Protokolle

Neben der Angleichung der Kohorten der VWS und NVS war es notwendig die in den Protokollen der jeweiligen Studie aufgeführten Lebensmittelgruppen anzugleichen, denn obwohl in beiden Studien sämtliche verzehrten Lebensmittel erfaßt wurden, welche in Lebensmittelgruppen zusammengefaßt protokolliert sind, unterscheiden sie sich in einigen Punkten. Dies sind z.B. unterschiedliche Zuordnung der Lebensmittel zu Lebensmittelgruppen und unterschiedliche Detailliertheit. Beispielsweise weist die VWS lediglich einen Wert über die Gesamtmenge des konsumierten Wassers aus, hingegen differenziert die NVS in zwei Untergruppen einerseits Mineralwasser und andererseits Leitungswasser. Anzumerken ist, daß in der Erhebungsphase der NVS jedes Lebensmittel einzeln protokolliert wurde, lediglich in der veröffentlichten Form wurden die Lebensmittel zu Lebensmittelgruppen zusammengefaßt. Letzere Daten waren für die vorliegende Studie verfügbar. Dies macht es notwendig die Verzehrprotokolle der beiden Studien aneinander anzugleichen um Aussagen über die Umweltauswirkungen der jeweiligen Lebensmittelgruppen treffen zu können. Es wurden in der vorliegenden Arbeit 17 Lebensmittelgruppen gebildet, die die Lebensmittelgruppen der beiden Studien zusammenfassen. Die Lebensmittel wurden den Lebensmittelgruppen so zugeordnet, daß sie jeweils vergleichbar waren. Die Gegenüberstellung der von der NVS und VWS protokollierten Lebensmittel sowie deren Einteilung in die 17 Lebensmittelgruppen befindet sich im folgenden Kapitel in tabellarischer Form.

4.2 Verzehrte und verbrauchte Lebensmittel

Verzehrte Lebensmittel stellen lediglich den tatsächlich verzehrten Anteil dar. Im Haushalt fallen weiterhin Schäl- und Putzreste, nicht verzehrte Mengen von zubereiteten Speisen und verdorbene Lebensmittel an. Verbrauchte Lebensmittel stellen daher die verzehrten Lebensmittel zuzüglich der Mengenveränderungen dar. Mengenzunahmen ergeben sich beim Zubereiten von Reis, Nudeln u.a. Nahrungsmitteln durch Wasseraufnahme des Gargutes. Mengenabnahmen ergeben sich bspw. beim Braten von Fleisch durch Wasserverdunstung. Dies bedingt, daß von den verzehrten Lebensmitteln nicht ohne Einsatz eines Korrekturfaktors auf die tatsächlich vom Haushalt verbrauchte Menge

geschlossen werden kann. Es wurden daher Angaben aus der Literatur für Mengenzu- bzw. -abnahmen ermittelt.

Die kochtechnisch bedingten Veränderungen wurden aus ZACHARIAS (1992) abgeleitet. Die Angaben über Schäl- und Putzreste wurden aus KOK et al. (1993) und GEDRICH (1988) abgeleitet. Angaben über nicht verzehrte Mengen zubereiteter Speisen und Verderb wurden aus der EVS (in GEDRICH 1988) abgeleitet. Über die ermittelten Korrekturfaktoren wurde, ausgehend vom Verzehr, der Verbrauch berechnet, die Tabellen jeweils einer Lebensmittelgruppe werden im folgenden aufgeführt. Es steht KF1 für den Korrekturfaktor zur Ermittlung der Mengenveränderung durch Kochen (Reis, Bohnen, Tee) und KF2 für die restlichen Verluste (Schäl-, Putzverluste, Verderb). Die Korrekturfaktoren gelten für die Lebensmittel beider Studien.

Es ist anzumerken, daß in der vorliegenden Arbeit die Zahlenwerte in den Tabellen einheitlich auf zwei Stellen hinter dem Komma gerundet wurden. Die Darstellung gerundeter Zahlen und Kommawerte dienen der Veranschaulichung. In der Datenbank, die Grundlage der Tabellendarstellung ist, wurde zum Zweck der Rechengenauigkeit mit ungerundeten Werten gerechnet.

Es erfolgt eine Darstellung der 17 Lebensmittelgruppen in tabellarischer Form zusammen mit den in den 7-Tage Protokollen erfaßten Verzehrsmengen, sowie der mittels der Korrekturfaktoren berechneten Verbrauchsmengen.

Der Tab. 4 sind die Lebensmittel, die der Lebensmittelgruppe **Brot und Backwaren** zugeordnet wurden, zu entnehmen. Es ist anzumerken, daß Pizza nur in der VWS als extra Lebensmittelposten aufgeführt wurde. Eine eigene Gruppe für Pizza wurde hier nicht gebildet und kann daher nicht dargestellt werden. Für diesen Sachverhalt wird die Bezeichnung „nicht gesondert erfaßt“ verwendet. Die in der NVS aufgeführte Lebensmittelgruppe Feingebäck und Dauerbackwaren stellt in aggregierter Form die in der VWS aufgeführten Lebensmittelgruppen Torten, Kuchen, Kekse und Salzgebäck dar. In der NVS sind die Knabberprodukte in der Gruppe Brot und Backwaren unter Feingebäck und Dauerbackwaren summiert. Es wurde der Anteil von 4 %, den die Knabberprodukte bei den VWS-KG ausmachen auf die NVS bezogen. Dadurch ergab sich ein Verzehr von 832,2 g/a Knabberprodukte, der von Feingebäck und Dauerbackwaren abgezogen wurde und an dieser Stelle den Knabberprodukten der VWS gegenübergestellt wird.

Tab. 4: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Brot und Backwaren sowie Verbrauchsberechnung (kg/a/Pers.)

VWS*	NVS*	KF1	KF2	Verzehr NVS-MK	Verbrauch NVS-MK	Verzehr VWS-NVEG	Verbrauch VWS-NVEG	Verzehr VWS-OLV	Verbrauch VWS-OLV
Brot, Brötchen									
Vollkornbrot, Vollkornbrötchen	Vollkornbrot, -brötchen	1,00	0,98	9,07	9,30	40,15	41,18	41,82	42,90
Bauernbrot, Graubrot, Graubrötchen	Weißbrot	1,00	0,98	4,16	4,26	2,12	2,17	1,11	1,14
Weißbrot, Weißbrötchen, Toast	sonstiges Brot	1,00	0,98	24,98	25,62	1,64	1,68	0,96	0,99
	Kleingebäck (Brötchen)	1,00	0,98	10,19	10,45	-	-	-	-
Brot, gesamt	Brot, gesamt			48,40	49,64	43,91	45,03	43,89	45,02
Knäckebrötchen									
Vollkornknäckebrötchen, Vollkornzwieback	Knäckebrötchen	1,00	0,89	0,76	0,85	1,04	1,17	1,51	1,70
Knäckebrötchen, Zwieback	-	1,00	0,89	-	-	0,30	0,34	0,06	0,07
Knäckebrötchen, gesamt	Knäckebrötchen, gesamt			0,76	0,85	1,34	1,51	1,57	1,77
Kuchen, Torte									
Vollkornrührkuchen, Vollkornmürbeteigkuchen mit Zucker	Kuchen, Torte, errechnet	1,00	0,98	17,60	18,05	0,61	0,62	0,18	0,18
Vollkornrührkuchen, Vollkornmürbeteigkuchen mit Honig		1,00	0,98	-	-	4,85	4,97	6,21	6,37
Rühr-, Mürbeteigkuchen		1,00	0,98	-	-	3,39	3,47	2,06	2,12
Vollkornbiscuitkuchen, Vollkornhefekuchen mit Zucker		1,00	0,98	-	-	0,16	0,16	0,69	0,71
Vollkornbiscuitkuchen, Vollkornhefekuchen mit Honig, Ursüße		1,00	0,98	-	-	2,74	2,81	3,29	3,37
Biskuit- Hefekuchen		1,00	0,98	-	-	1,64	1,68	0,62	0,64
Vollkornkuchen, mit Zucker		1,00	0,98	-	-	0,05	0,05	0,35	0,36
Vollkornkuchen, mit Honig		1,00	0,98	-	-	1,54	1,58	1,17	1,20
Torte		1,00	0,98	-	-	1,07	1,10	1,09	1,11
Kuchen, Torte, gesamt	Kuchen, Torte, gesamt			17,60	18,05	16,04	16,45	15,66	16,07
Salzgebäck, Popcorn, Reiswaffeln									
Cracker (salzig), Käsegebäck	Salzgebäck, errechnet	1,00	0,98	1,47	1,50	0,14	0,14	0,21	0,21
Erdnußflips, Kartoffelchips		1,00	0,98	-	-	0,10	0,11	0,08	0,09
Salzstangen, -brezeln		1,00	0,98	-	-	0,34	0,35	0,37	0,38
Popcorn, Reiswaffeln		1,00	0,98	-	-	0,21	0,21	0,39	0,40
Salzgebäck, gesamt	Salzgebäck, gesamt			1,47	1,50	0,58	0,60	0,66	0,68
Keks									
Vollkornkeks mit Zucker	Keks, errechnet	1,00	0,98	1,89	1,94	0,22	0,22	0,33	0,34
Vollkornkeks mit Honig, Ursüße		1,00	0,98	-	-	1,11	1,14	1,09	1,12
Keks		1,00	0,98	-	-	0,44	0,45	0,48	0,49
Keks, gesamt	Keks, gesamt			1,89	1,94	1,77	1,81	1,90	1,95
Pizza									
Vollkornpizza mit Fleisch, Wurstwaren		1,00	0,98	-	-	0,41	0,43	0,00	0,00
Vollkornpizza ohne Fleisch, Wurstwaren		1,00	0,98	-	-	2,73	2,80	3,81	3,90

Tab. 4 (Forts.)

VWS*	NVS*	KF1	KF2	Verzehr NVS-MK	Verbrauch NVS-MK	Verzehr VWS-NVEG	Verbrauch VWS-NVEG	Verzehr VWS-OLV	Verbrauch VWS-OLV
Pizza mit Fleisch, Wurstwaren		1,00	0,98	-	-	0,30	0,30	0,00	0,00
Pizza ohne Fleisch, Wurstwaren		1,00	0,98	-	-	1,72	1,76	1,29	1,33
Pizza, gesamt	-			-	-	5,16	5,29	5,10	5,23
BROT, BACKWAREN, gesamt	BROT, BACKWAREN, gesamt			70,11	71,98	68,79	70,69	68,80	70,71

- nicht gesondert erfaßt

* Die Angaben einer Zeile können, aufgrund unterschiedlicher Aggregation der VWS und NVS, verschiedene Lebensmittel enthalten

Die Zuordnung und die Verbrauchsberechnung der Gruppe **Getreideprodukte und Nahrungsmittel** ist Tab. 5 zu entnehmen.

Tab. 5: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Getreideprodukte und Nahrungsmittel, sowie Verbrauchsberechnung (kg/a/Pers.)

VWS*	NVS*	KF1	KF2	Verzehr NVS- MK	Verbrauch NVS-MK	Verzehr VWS- NVEG	Verbrauch VWS-NVEG	Verzehr VWS- OLV	Verbrauch VWS-OLV
Mehl, Grieß, Graupen, Stärkemehl									
Vollkornmehl, Vollkorngrieß	Weizenmehl, -grieß	1,00	0,90	4,10	4,55	1,25	1,39	1,51	1,68
Mehl, Grieß, Graupen	sonstige stärkehaltige Produkte	1,00	0,90	3,32	3,69	0,31	0,34	0,20	0,23
Stärkemehl, Sago	-	1,00	0,90		-	0,03	0,03	0,02	0,02
Fertigmüsli	-	1,00	0,85		-	0,60	0,71	0,75	0,88
Mehl, Grieß, Graupen, Stärkemehl, gesamt	Mehl, Grieß, Graupen, Stärkemehl, gesamt			7,42	8,24	2,19	2,47	2,48	2,80
Haferflocken, Cerealien									
Getreideflocken, z.B. Haferflocken	Erzeugnisse aus Getreide	1,00	0,85	1,24	1,46	0,99	1,17	1,20	1,42
Frühstückserealien, z.B. Cornflakes	-	1,00	0,85		-	0,08	0,10	0,11	0,13
Weizenkleie, -keime	-	1,00	0,85		-	0,08	0,10	0,05	
Haferflocken, Cerealien, gesamt	Haferflocken, Cerealien, gesamt			1,24	1,46	1,16	1,36	1,32	1,55
Vollgetreide, Getreidekeimlinge, Sprossen									
Vollgetreide, erhitzt	Getreidekörner	1,00	0,85	0,20	0,12	13,71	8,07	14,96	8,80
Vollgetreide, unerhitzt Trockengew.		1,00	0,85		-	7,36	8,66	7,33	8,62
Getreidekeimlinge, Sprossen, erhitzt		2,00	0,85		-	0,04	0,02	0,02	0,01
Getreidekeimlinge, Sprossen, unerhitzt, Feuchtgew.		2,00	0,85		-	0,44	0,26	0,71	0,42
Vollgetreide, Getreidekeimlinge, Sprossen, gesamt	Vollgetreide, Getreidekeimlinge, Sprossen, gesamt			0,20	0,12	21,55	17,01	23,02	17,85
Reis									
Naturreis, gegart	Reis	2,00	0,85	1,22	0,72	7,78	4,58	5,41	3,18
Geschälter (weißer) Reis, gegart	-	2,00	0,85		-	0,67	0,39	0,37	0,22
Reis, gesamt	Reis, gesamt			1,22	0,72	8,45	4,97	5,78	3,40
Nudeln									
Vollkornnudeln, gegart	Teigwaren	3,00	0,85	2,23	0,88	7,44	2,92	9,92	3,89
Weißer Nudeln, gegart		3,00	0,85		-	1,05	0,41	1,06	0,41
Nudeln, gesamt	Nudeln, gesamt			2,23	0,88	8,49	3,33	10,98	4,31
Semmelknödel									
Semmelknödel (Fertigprodukt)	-	1,00	0,79	-	-	0,20	0,26	0,13	0,16
GETREIDEPRODUKTE, NÄHRMITTEL, gesamt	GETREIDEPRODUKTE, NÄHRMITTEL, gesamt			12,32	11,42	42,04	29,40	43,71	30,07

- nicht gesondert erfaßt

* s. Fußnote Tab.4

In der Lebensmittelgruppe **Kartoffeln und Kartoffelerzeugnisse** wird zwischen der NVS lediglich in Kartoffeln und Kartoffelerzeugnissen differenziert. Die Kartoffeln werden den Pell- und Salzkartoffeln gegenübergestellt. Diese Einteilung ist auch für die nachfolgende Bilanzierung ausreichend (Tab. 6).

Tab. 6: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Kartoffeln und Kartoffelerzeugnisse, sowie Verbrauchsberechnung (kg/a/Pers.)

VWS*	NVS*	KF1	KF2	Verzehr NVS-MK	Verbrauch NVS-MK	Verzehr VWS-NVEG	Verbrauch VWS-NVEG	Verzehr VWS-OLV	Verbrauch VWS-OLV
Pell-, Salzkartoffeln									
Kartoffeln	Kartoffeln	0,97	0,79	34,58	45,13	24,88	32,47	21,49	28,05
Kartoffelerzeugnisse									
Kartoffelpüree, -klöße (Fertigprodukt)	Kartoffelerzeugnisse	0,97	0,79	0,95	1,24	0,97	1,27	0,29	0,38
Bratkartoffeln, Rösti	-	0,97	0,79	-	-	3,62	4,72	2,55	3,33
Pommes frites, Kroketten, Kartoffelpuffer	-	0,97	0,79	-	-	0,86	1,12	0,29	0,38
Kartoffelerzeugnisse, gesamt	Kartoffelerzeugnisse, gesamt			0,95	1,24	5,45	7,11	3,13	4,08
KARTOFFELN, gesamt	KARTOFFELN, gesamt			35,53	46,36	30,33	39,58	24,62	32,13

- nicht gesondert erfasst

* s. Fußnote Tab. 4

In der Lebensmittelgruppe **Gemüse und Hülsenfrüchte** bestehen sehr große Unterschiede zwischen den Protokollen der beiden Studien, da die Einzellebensmittel unterschiedlich zusammengefaßt wurden. Daher erfolgt hier zunächst eine Einzeldarstellung der Lebensmittel der jeweiligen Studien (Tab. 7 und 8). Aus Tab. 9 ist weiterhin zu entnehmen, wie die Lebensmittel zu Untergruppen zusammengestellt wurden, um eine vergleichende Bilanzierung durchzuführen. Tiefgekühltes Gemüse wird in der VWS nicht gesondert aufgeführt. Lediglich die NVS enthält diese Gruppe. Da die Bilanzierung der Herstellung von Tiefkühlgemüse im Rahmen dieser Studie aufgrund fehlender Daten nicht durchgeführt wurde, wird der Tiefkühlprozeß vernachlässigt. Die Daten der NVS werden als Frischgemüse bilanziert.

Tab. 7: Lebensmittelgruppe Gemüse und Hülsenfrüchte der Gießener Vollwert-Ernährungs-Studie sowie Verbrauchsberechnung (kg/a/Pers.)

Gemüse	KF1	KF2	Verzehr NVEG	Verbrauch NVEG	Verzehr OLV	Verbrauch OLV
Kopf-, Feldsalat, Chicorée, Endivie u.a. Blattsalate	1,00	0,83	15,83	19,08	18,20	21,92
Paprika, Tomate, Zucchini, Kürbis, Salatgurke, Aubergine, roh	1,00	0,81	12,69	24,33	17,32	34,17
Lauch, Fenchel, roh	1,00	0,76	1,72	11,42	1,55	11,64
Möhre, roh	1,00	0,81	11,98	22,37	17,63	29,27
Blumen-, Rosen-, Grün-, China-, Rot-, Weißkohl, Wirsing, Broccoli, Kohlrabi, Stielmus, roh	1,00	0,69	6,43	27,37	9,16	34,07
Milchsauer vergorenes Gemüse, z. B. Sauerkraut, milchsauer vergorene Gurken	1,00	0,80	5,66	8,92	5,33	8,01
Essigsauer eingelegtes Gemüse z.B. essigsauereingelegte Gurken	1,00	0,80	1,44	2,72	1,05	1,78
Schwarzwurzeln, Gemüsemais, Pastinaken, roh	1,00	0,47	0,63	5,44	0,70	5,42
Radieschen, Sellerie, Weiße Rüben, Spargel, Rettich, roh	1,00	0,70	4,22	7,91	5,47	9,81
Rote Rüben, Bambussprossen, Artischocken, Palmherzen, roh	1,00	0,63	3,31	8,51	4,60	9,64
Avocado, Oliven	1,00	0,76	2,15	2,82	2,48	3,26
Spinat, Mangold, Gartenmelde, roh	1,00	0,83	0,12	3,21	0,30	3,16
Pilze	1,00	0,80	0,60	4,19	0,50	4,04
Frische Kräuter, z.B. Petersilie, Schnittlauch	1,00	0,60	0,78	1,55	0,93	1,78
Garten-, Brunnenkresse, Meerrettich	1,00	0,60	0,13	0,26	0,19	0,41
Zwiebel	1,00	0,92	3,18	7,10	3,43	7,15
Knoblauch	1,00	0,92	0,23	0,35	0,24	0,43
Algen	1,00	1,00	0,01	0,01	0,07	0,07
Gemüse, gesamt			71,11	157,56	89,15	186,03
Hülsenfrüchte						
Erbsen, Bohnen, Linsen, Sojabohnen, Azukibohnen, gekeimt, roh	2,17	0,67	1,21	1,80	0,96	0,66
Erbsen, Bohnen, Linsen, Sojabohnen, Azukibohnen, gekeimt, erhitzt	2,17	0,67	1,79	1,23	2,50	1,72
Erbsen, Bohnen, Linsen, Sojabohnen, Azukibohnen, erhitzt	2,17	0,67	4,28	2,94	2,50	1,72
Hülsenfrüchte, gesamt			7,28	5,98	5,96	4,10

Tab. 8: Lebensmittelgruppe Gemüse und Hülsenfrüchte der Nationalen Verzehrsstudie sowie Verbrauchsberechnung (kg/a/Pers.)

Gemüse	KF1	KF2	Verzehr	Verbrauch
Gemüse, unverarbeitet				
Blatt- und Stengelgemüse	1,00	0,69	7,89	11,43
Tomaten	1,00	0,96	8,13	8,47
Gurken	1,00	0,74	4,34	5,87
Möhren	1,00	0,81	3,20	3,95
Blumenkohl	1,00	0,68	1,48	2,18
sonstiger Kohl	1,00	0,68	5,06	7,44
Kräuter	1,00	0,60	0,52	0,86
Zwiebelgemüse	1,00	0,92	5,30	5,76
sonstiges Frischgemüse	1,00	0,80	3,97	4,96
sonstiges frisches Fruchtgemüse	1,00	0,76	2,73	3,59
Gemüse, unverarbeitet, gesamt			42,61	54,51
Gemüse, verarbeitet				
tiefgekühltes Gemüse	1,00	0,85	1,59	1,87
Gemüsekonserven	1,00	0,85	5,28	6,21
Trockengemüse	1,00	0,80	0,02	0,03
Gemüse, verarbeitet, gesamt			6,89	8,11
Hülsenfrüchte				
Hülsenfrüchte, inkl. Konserven	2,17		5,25	6,18

Tab. 9: Zuordnung der Untergruppen zur Lebensmittelgruppe Gemüse und Hülsenfrüchte

VWS	NVS	
Blatt und Stengelgemüse		
Kopf-, Feldsalat, Chicorée, Endivie u.a. Blattsalate	Blatt- und Stengelgemüse	
Spinat, Mangold, Gartenmelde, roh/erhitzt		
Lauch, Fenchel, roh/erhitzt		
Radieschen, Sellerie, Weiße Rüben, Spargel, Rettich, roh/erhitzt		
Tomaten und sonst. Fruchtgemüse, roh/erhitzt		
Paprika, Tomate, Zucchini, Kürbis, Salatgurke, Aubergine, roh/erhitzt		Tomaten
Essigsauer eingelegtes Gemüse z.B. essigsauereingelegte Gurken		Gurken Sonstiges frisches Fruchtgemüse (Auberginen, Kürbis, Paprika, Zucchini)
Möhre		
Möhre, roh/erhitzt	Möhren	
Kohlgemüse		
Blumen-, Rosen-, Grün-, China-, Rot-, Weißkohl, Wirsing, Broccoli, Kohlrabi, Stielmus, roh/erhitzt	Blumenkohl	
Milchsauer vergorenes Gemüse, z. B. Sauerkraut, milchsauer vergorene Gurken	Sonstiger Kohl	
Zwiebelgemüse		
Zwiebel roh/erhitzt	Zwiebelgemüse	
Knoblauch roh/erhitzt		
Sonstiges Gemüse		
Schwarzwurzeln, Gemüsemais, Pastinaken, roh/erhitzt	Sonstiges Frischgemüse (Kohlrabi, Gemüsemischungen, Meerrettich, Schwarzwurzeln, Pilze)	
Rote Rüben, Bambussprossen, Artischocken, Palmherzen, roh/erhitzt	Tiefgekühltes Gemüse	
Pilze roh/erhitzt	Gemüsekonserven	
Avocado, Oliven	Trockengemüse	
Algen		
Kräuter		
Frische Kräuter, z.B. Petersilie, Schnittlauch roh/erhitzt	Kräuter	
Garten-, Brunnenkresse, Meerrettich roh/erhitzt		
Hülsenfrüchte		
Erbsen, Bohnen, Linsen, Sojabohnen, Azukibohnen, gekeimt, roh/erhitzt	Hülsenfrüchte, inkl. Konserven	
Erbsen, Bohnen, Linsen, Sojabohnen, Azukibohnen, erhitzt		

Unter **Sojaprodukte** fallen Sojamilch, Tofu, Sojamehl u.a.. Eine differenzierte Verzehrsdarstellung erfolgt nur in der VWS. Es ist jedoch notwendig den Anteil an den drei Gruppen zu ermitteln, da die Herstellungsweise und dadurch die nachfolgende Bilanz sehr differiert. Daher wurde in diesem Fall die prozentuale Verteilung des Verzehrs der VWS-KG auf die NVS-MK übertragen. Die so ermittelten Prozentwerte wurden auf den Gesamtverzehr der NVS-MK bezogen. Die berechneten Werte sind jeweils bei den Gesamtsummen (grau schattierter Bereich) aufgeführt (Tab. 10).

Tab. 10: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Sojaprodukte sowie Verbrauchsberechnung (kg/a/Pers.)

VWS*	NVS*	KF1	KF2	Verzehr NVS-MK	Verbrauch NVS-MK	Verzehr VWS-NVEG	Verbrauch VWS-NVEG	Verzehr VWS-OLV	Verbrauch VWS-OLV
Sojamehl, -nudeln									
Sojamehl		1,00	0,70			0,04	0,05	0,06	0,09
Sojanudeln, gegart		3,00	0,70			0,25	0,12	0,00	0,00
Sojamehl, -nudeln, gesamt	Sojamehl, -nudeln, gesamt, errechnet *		0,70	0,03	0,05	0,28	0,17	0,06	0,09
Tofu Tempeh, Sojafleisch									
Tofu, Tempeh, Sojakäse, Sojaquark		1,00	0,70			1,42	2,02	2,26	3,23
Sojafleisch, TVP (Textures Veget. Protein)		1,00	0,70			0,35	0,51	0,40	0,58
Tofu Tempeh, Sojafleisch, gesamt	Tofu Tempeh, Sojafleisch, gesamt, errechnet*		0,70	0,21	0,30	1,77	2,53	2,66	3,80
Sojamilch, -soße									
Sojamilch		1,00	0,70		0,08	1,38	1,97	2,37	3,39
Sojasoße, Miso, Shoyu		1,00	0,70			0,19	0,28	0,15	0,21
Sojamilch, -soße, gesamt	Sojamilch, -soße, gesamt, errechnet*		0,70	0,19	0,27	1,57	2,24	2,52	3,60
SOJAPRODUKTE, gesamt	SOJAPRODUKTE, gesamt			0,43	0,61	3,62	4,94	5,25	7,49

* berechnet aus Sojagesamtverzehr der NVS

* s. Fußnote Tab. 4

In der Lebensmittelgruppe **Obst und Obstprodukte** erfolgt die Berechnung in mehreren Schritten. Zunächst wird die Verbrauchsberechnung für Obst der VWS (Tab.11) sowie NVS (Tab. 12) dargestellt. Nachfolgend ist die Zuordnung der Lebensmittel zur Lebensmittelgruppe aufgeführt (Tab. 13). Für Beerenobst der VWS besteht in der NVS nur die Entsprechung Erdbeere. Die anderen Beeren sind in der NVS unter sonstige Früchte gruppiert. Ihr Anteil ist nicht ermittelbar. Hieraus entstehen Ungenauigkeiten, die jedoch nicht umgangen werden können. Die Obstprodukte sind in Tab. 14 aufgeführt.

Tab. 11: Lebensmittelgruppe Obst der Gießener Vollwert-Ernährungs-Studie sowie Verbrauchsberechnung (kg/a/Pers.)

Obst	KF1	KF2	Verzehr NVEG	Verbrauch NVEG	Verzehr OLV	Verbrauch OLV
Apfel, Birne, Quitte	1,00	0,90	53,40	59,34	65,34	72,60
Banane	1,00	0,67	23,14	34,53	24,06	35,91
Grapefruit, Apfelsine	1,00	0,69	7,04	10,21	9,75	14,13
Mandarinen, Zitronen	1,00	0,65	7,20	11,17	8,05	12,49
Kirschen, Pflaumen, Trauben, Pfirsich	1,00	0,93	12,11	13,02	16,88	18,15
Beerenobst, z.B. Erdbeeren, Himbeeren	1,00	0,99	1,44	1,46	0,62	0,62
Exotische Früchte, z.B. Kiwi, Mango, Papaya, Feigen frisch	1,00	0,82	7,90	9,63	9,19	11,21
Melone	1,00	0,44	0,94	2,15	0,58	1,32
Summe			113,18	141,50	134,47	166,43

Tab. 12: Lebensmittelgruppe Obst der Nationalen Verzehrsstudie sowie Verbrauchsberechnung (kg/a/Pers.)

Obst	KF1	KF2	Verzehr NVS	Verbrauch NVS
Äpfel	1,00	0,92	15,02	16,33
Bananen	1,00	0,67	6,31	9,42
Orangen	1,00	0,72	5,43	7,55
Mandarinen	1,00	0,65	1,08	1,67
Kirschen	1,00	0,88	0,60	0,68
Pfirsich	1,00	0,92	2,34	2,54
Erdbeeren	1,00	0,97	1,48	1,53
Weintrauben	1,00	0,96	2,18	2,27
sonstiges Frischobst	1,00	0,76	3,68	4,85
sonstige Südfrüchte	1,00	0,64	2,33	3,64
Summe			40,46	50,46

Tab. 13: Zuordnung der Untergruppen zur Lebensmittelgruppe Obst

Kernobst	
Apfel, Birne, Quitte	Äpfel sonstiges Frischobst
Steinobst	
Kirschen, Pflaumen, Trauben, Pfirsich	Kirschen Pfirsich Weintrauben
Beerenobst	
Beerenobst, z.B. Erdbeeren, Himbeeren	Erdbeeren
Südf Früchte	
Banane	Bananen
Grapefruit, Apfelsine	Orangen
Mandarinen, Zitronen	Mandarinen
Exotische Früchte, z.B. Kiwi, Mango, Papaya, Feigen frisch	
Melone	

Tab. 14: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Obstprodukte sowie Verbrauchsberechnung (kg/a/Pers.)

VWS*	NVS*	KF1	KF2	Verzehr NVS-MK	Verbrauch NVS-MK	Verzehr VWS-NVEG	Verbrauch VWS-NVEG	Verzehr VWS-OLV	Verbrauch VWS-OLV
Tiefkühl Obst									
-	Tiefkühl Obst	1,00	0,85	0,14	0,17				
Obstkompost									
Obstkompost, Obst gedünstet, Obstkonserven gesüßt	Naßkonserven	1,00	0,85	1,61	1,90	2,66	3,13	2,57	3,03
Obstkompost, Obst gedünstet, Obstkonserven ungesüßt	-	1,00	0,85			4,88	5,75	4,23	4,98
Obstkompost, gesamt	Obstkompost, gesamt			1,61	1,90	7,54	8,87	6,80	8,00
Trockenobst									
Trockenfrüchte, z.B. Rosinen, Trockenpflaumen	Trockenobst	1,00	0,98	0,31	0,32	3,05	3,11	3,01	3,07
OBSTPRODUKTE, gesamt	OBSTPRODUKTE, gesamt			2,07	2,39	10,59	11,98	9,82	11,08

* s. Fußnote Tab. 4

Der Gruppe **Nüsse und Samen** sind in der NVS die Schalenfrüchte gegenübergestellt, die sich aus Nüssen und Samen zusammensetzen (Tab. 15). Es erfolgt an dieser Stelle keine weitere Differenzierung nach Nußarten, da zum Zwecke der späteren Bilanzierung diese nicht nötig ist.

Tab. 15: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Nüsse und Samen sowie Verbrauchsberechnung (kg/a/Pers.)

VWS*	NVS*	KF1	KF2	Verzehr NVS-MK	Verbrauch NVS-MK	Verzehr VWS-NVEG	Verbrauch VWS-NVEG	Verzehr VWS-OLV	Verbrauch VWS-OLV
Hasel-, Wal-, Para-, Erdnüsse, Cashewkerne, Mandeln, Pistazien	Schalenfrüchte	1,00	0,54	0,67	1,25	3,74	6,92	4,17	7,72
Sonnenblumerkerne, Leinsamen, Sesam, Kokosflocken, Kürbiskerne	-	1,00	0,54	-	-	2,09	3,87	3,39	6,28
Samenkeimlinge, -sprossen, z.B. Alfalfa-, Senf-, Kürbiskernkeimlinge erhitzt	-	1,00	0,54	-	-	0,07	0,12	0,07	0,12
Samenkeimlinge, -sprossen, z.B. Alfalfa-, Senf-, Kürbiskernkeimlinge unerhitzt	-	1,00	0,54	-	-	0,47	0,87	0,71	1,31
NÜSSE, SAMEN, gesamt	NÜSSE, SAMEN, gesamt	1,00		0,67	1,25	6,36	11,78	8,34	15,44

- nicht gesondert erfaßt

* s. Fußnote Tab.4

Zur Bilanzierung der **Milch und Milchprodukte** wurden sechs Gruppen gebildet. Die Gruppen orientieren sich an der Unterteilung der NVS. Bei der Lebensmittelgruppe Joghurt, Dickmilch, Buttermilch, Kefir, mind. 3,5 % Fett wurde der KF2 0,92 verwandt, da in dieser Gruppe die Buttermilch subsumiert ist, die nicht bei der NVS aufgeführt ist, bei der jedoch ein anderer Korrekturfaktor ermittelt wurde. Die Ergebnisse sind in Tab. 16 aufgeführt.

Tab. 16: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Milch und Milchprodukte sowie Verbrauchsberechnung (kg/a/Pers.)

VWS*	NVS*	KF1	KF2	Verzehr NVS-MK	Verbrauch NVS-MK	Verzehr VWS-NVEG	Verbrauch VWS-NVEG	Verzehr VWS-OLV	Verbrauch VWS-OLV
Milch									
Milch 0,5%-1,5% Fett	Frisch- und Buttermilch	1,00	0,67	25,46	38,00	3,07	4,59	2,59	3,87
Milch mind. 3,5% Fett	Milch, ultrahocherhitzt und sterilisiert	1,00	0,67	2,27	3,38	34,37	51,30	26,70	39,85
Milch, gesamt	Milch, gesamt			27,73	41,38	37,45	55,89	29,29	43,72
Kakaogetränke, Milchmixgetränke									
Kakaogetränke, Milchmixgetränke	Kakaogetränke, Milchmixgetränke	1,00	0,67	2,01	2,99	1,72	2,56	0,85	1,26
Molke, Brottrunk									
Molke, Brottrunk	-	1,00	0,67	-	-	3,67	5,47	5,07	7,57
sonstige Milcherzeugnisse									
Joghurt, Dick-, Buttermilch, Kefir, 0,3%-1,8% Fett	Joghurt, Dickmilch, Kefir	1,00	0,99*	12,98	13,11	6,76	6,83	5,74	5,80
Joghurt, Dick-, Buttermilch, Kefir, mind. 3,5% Fett ^a	sonstige Milcherzeugnisse	1,00	0,99*	4,01	4,36	12,87	13,00	10,13	10,23
Fruchtjoghurt, -dickmilch, -buttermilch, -kefir, 0,3%-1,8% Fett	-	1,00	0,92	-	-	0,36	0,36	0,23	0,24
Fruchtjoghurt, -dickmilch, -buttermilch, -kefir, mind. 3,5% Fett	-	1,00	0,92	-	-	2,11	2,13	1,07	1,08
sonstige Milcherzeugnisse, gesamt	sonstige Milcherzeugnisse, gesamt			16,99	17,47	22,10	22,32	17,18	17,35
Sahne, Creme fraiche, Schmand									
Saure Sahne (10% Fett)	Sahne	1,00	0,61	3,69	6,05	1,90	3,11	1,68	2,75
Creme fraiche, Schmand	-	1,00	0,61			0,97	1,59	1,07	1,75
Schlagsahne (flüssig)	-	1,00	0,61			3,61	5,91	3,47	5,69
Sahne, Creme fraiche, Schmand, gesamt	Sahne, Creme fraiche, Schmand, gesamt			3,69	6,05	6,48	10,62	6,21	10,19
Kondensmilch									
Kondensmilch, Kaffeerahm	Kondensmilch	1,00	0,97	2,89	2,98	0,67	0,69	0,56	0,57
MILCH, MILCHPRODUKTE, gesamt	MILCH, MILCHPRODUKTE, gesamt			53,30	70,87	72,08	97,56	59,15	80,66

- nicht gesondert erfaßt

^a für die VWS KF 0,92

* s. Fußnote Tab. 4

Die Gegenüberstellung der Gruppe **Käse, Quark und Eier** erfolgt in Tab. 17.

Tab. 17: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Käse, Quark und Eier sowie Verbrauchsberechnung (kg/a/Pers.)

VWS*	NVS*	KF1	KF2	Verzehr NVS-MK	Verbrauch NVS-MK	Verzehr VWS-NVEG	Verbrauch VWS-NVEG	Verzehr VWS-OLV	Verbrauch VWS-OLV
Käse									
Käse mager bis 40% Fett	Käse (<40% Fett i. Tr.)	1,00	0,73	0,92	1,26	3,21	4,40	3,29	4,51
Käse fett ab 45% Fett	Käse (40-50% Fett i. Tr.)	1,00	0,73	6,58	9,01	11,30	15,47	9,28	12,71
-	Käse (>50% Fett i.Tr.)	1,00	0,73	0,75	1,02	-	-	-	-
Käse, gesamt	Käse, gesamt			8,25	11,30	14,51	19,88	12,57	17,22
Quark									
Quark, Hüttenkäse bis 20% Fett	Quark, Frischkäsezubereitungen	1,00	0,92	6,42	6,97	4,84	5,26	5,47	5,95
Quark (ab 30 %Fett)	-	1,00	0,92	-	-	3,12	3,39	1,71	1,86
Fruchtquark bis 20% Fett	-	1,00	0,92	-	-	0,35	0,38	0,39	0,43
Fruchtquark ab 20% Fett	-	1,00	0,92	-	-	0,57	0,62	0,04	0,05
Quark, gesamt	Quark, gesamt			6,42	6,97	8,88	9,65	7,63	8,29
Eier									
Eier	Eier	1,00	0,88	10,57	12,01	4,68	5,32	2,80	3,19
KÄSE, QUARK, EIER, gesamt	KÄSE, QUARK, EIER, gesamt			25,24	30,29	28,07	34,85	23,00	28,70

- nicht gesondert erfaßt

* s. Fußnote Tab. 4

In der Gruppe **Fleisch, Fleischwaren und Wurst** wird der Fleischverzehr in der VWS lediglich nach magerem und fettem Fleisch unterteilt, nicht jedoch nach der Fleisch- oder Tierart. Daher werden die Angaben der NVS herangezogen, um die prozentuale Verteilung nach Fleischarten für die VWS zu ermitteln. In der NVS wird nach Rind-, Kalb-, Schweine-, Geflügelfleisch sowie Innereien, Hackfleisch, Wild und Wildgeflügel und sonstigem Fleisch differenziert. Für die Bilanzierung wurden die Gruppen Rind-, Schweine- und Geflügelfleisch gebildet. Hierzu wurde Hackfleisch zu je 50 % dem Rind- und Schweinefleisch zugerechnet, da üblicherweise Hackfleisch mit dieser Zusammensetzung verkauft wird. Innereien und sonstiges Fleisch wurden zu je 1/3 auf Rind-, Kalb- und Schweinefleisch bezogen. Wild und Wildgeflügel wurde dem Geflügel hinzugerechnet. Die Angaben bezüglich Fleischwaren und Wurst sind Tab. 18 zu entnehmen. Die Angaben zur Lebensmittelgruppe Fleisch sind in Tab. 19 aufgeführt.

Tab. 18: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Fleischwaren und Wurst sowie Verbrauchsberechnung (kg/a/Pers.)

VWS*	NVS*	KF1	KF2	Verzehr NVS-MK	Verbrauch NVS-MK	Verzehr VWS-NVEG	Verbrauch VWS-NVEG	Verzehr VWS-OLV	Verbrauch VWS-OLV
Schinken									
Schinken, z.B. Knochenschinken, Lachsschinken ohne Fettrand	Schinken	1,00	0,87	3,84	4,42	0,61	0,70	0,00	0,00
wie gewachsen	-	1,00	0,87	-	-	0,27	0,31	0,00	0,00
Schinken, gesamt	Schinken, gesamt			3,84	4,42	0,88	1,01	0,00	0,00
Wurst									
Wurst mager bis 30% Fett	Wurst und Wurstwaren	1,00	0,98	16,59	16,93	0,54	0,55	0,00	0,00
fett mehr als 30% Fett	-	1,00	0,98	-	-	0,61	0,63	0,00	0,00
Würstchen, Bratwurst	-	1,00	0,98	-	-	1,21	1,23	0,00	0,00
Wurst, gesamt	Wurst, gesamt			16,59	16,93	1,15	1,18	0,00	0,00
FLEISCHWAREN, WURST, gesamt	FLEISCHWAREN, WURST, gesamt			20,43	21,34	2,03	2,19	0,00	0,00

- nicht gesondert erfasst

* s. Fußnote Tab.4

Tab. 19: Lebensmittelgruppe Fleisch sowie Verbrauchsberechnung (kg/a/Pers.)

Fleischverzehr	KF1	KF2	Verzehr VWS-NVEG	Verbrauch VWS-NVEG	Verzehr NVS	Verbrauch NVS
Rindfleisch	0,76	0,74	1,58	2,81	8,41	14,95
Kalbfleisch	0,76	0,79	0,19	0,32	0,99	1,65
Schweinefleisch	0,76	0,69	2,39	4,56	12,72	24,26
Geflügelfleisch	0,68	0,77	2,65	5,06	5,18	9,89

Die Zuordnung der Lebensmittel zur Gruppe **Fische, Meeresfrüchte** ist Tab. 20 zu entnehmen. Die Differenzierung der VWS in magere und fette Fische ist zum Zwecke der nachfolgenden Bilanzierung nicht notwendig, ebenfalls nicht die detailliertere Darstellung der NVS bei den Fischkonserven.

Tab. 20: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Fische und Meeresfrüchte sowie Verbrauchsberechnung (kg/a/Pers.)

VWS*	NVS*	KF1	KF2	Verzehr NVS-MK	Verbrauch NVS-MK	Verzehr VWS-NVEG	Verbrauch VWS-NVEG	Verzehr VWS-OLV	Verbrauch VWS-OLV
Frischfisch und tiefgefrorener Fisch									
Süß-, Salzwasserrfisch (mager)	Frischfisch und tiefgefrorener Fisch	0,84	0,42	4,10	11,63	3,16	8,95	0,00	0,00
Süß-, Salzwasserrfisch (fett)	-	0,84	0,42	-	-	1,08	3,06	0,00	0,00
Frischfisch und tiefgefrorener Fisch, gesamt	Frischfisch und tiefgefrorener Fisch, gesamt			4,10	11,63	4,23	12,00	0,00	0,00
Fischkonserve									
-	Fischerzeugnisse und -gerichte	1,00	0,48	0,93	1,94	-	-	-	-
Fischkonserve	geräucherter Fettfisch, Fischkonserven in Öl	1,00	0,86	0,57	0,66	0,77	0,89	0,00	0,00
Fischkonserve, gesamt	Fischkonserve, gesamt			1,50	2,61	0,77	0,89	0,00	0,00
Meeresfrüchte									
Muscheln, Krabben u.a.	Muscheln, Krabben u.a.	1,00	0,48	0,27	0,57	0,68	1,42	0,00	0,00
FISCHE, MEERESFRÜCHTE, gesamt	FISCHE, MEERESFRÜCHTE, gesamt			5,88	14,80	5,68	14,31	0,00	0,00

- nicht gesondert erfaßt

* s. Fußnote Tab.4

Die Zuordnung der Lebensmittel zur Gruppe **Fette und Öle** ist Tab. 21 zu entnehmen. Die Unterteilung der VWS in ungehärtete, gehärtete und Halbfettmargarine, sowie die Unterscheidung in raffiniertes und unraffiniertes Speiseöl, ist für die nachfolgende Bilanzierung nicht notwendig, die Gesamtsummen reichen dementsprechend aus und es wird keine weitere Angleichung vorgenommen.

Tab. 21: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Fette und Öle sowie Verbrauchsberechnung (kg/a/Pers.)

VWS*	NVS*	KF1	KF2	Verzehr NVS-MK	Verbrauch NVS-MK	Verzehr VWS-NVEG	Verbrauch VWS-NVEG	Verzehr VWS-OLV	Verbrauch VWS-OLV
Butter									
Butter	Butter	1,00	0,65	6,64	10,21	3,91	6,01	4,22	6,49
Margarine									
Margarine, ungehärtet	Margarine	1,00	0,65	3,45	5,30	0,76	1,17	0,58	0,88
Margarine, gehärtet	-	1,00	0,65	-	-	0,04	0,06	0,02	0,03
Halbfettmargarine	-	1,00	0,65	-	-	0,09	0,13	0,09	0,13
Margarine, gesamt	Margarine, gesamt			3,45	5,30	0,88	1,36	0,68	1,05
Speiseöle									
Kaltgepresstes, nicht raffiniertes Speiseöl	Speiseöle	1,00	0,82	2,05	2,50	2,40	2,92	2,91	3,55
Raffiniertes Speiseöl	-	1,00	0,82	-	-	0,16	0,19	0,13	0,15
Speiseöle, gesamt	Speiseöle, gesamt			2,05	2,50	2,55	3,12	3,04	3,71
sonstige pflanzl. Fette									
Plattenfett, z.B. Kokosfett	Sonstige pflanzliche Fette	1,00	0,65	0,62	0,96	0,28	0,43	0,20	0,30
tierische Fette									
Schmalz, Speck	Tierische Fette ohne Butter	1,00	0,66	0,49	0,74	0,06	0,09	0,00	0,00
	Speck, mager und fett	1,00	0,66	0,81	1,23	-	-	-	-
tierische Fette, gesamt	tierische Fette, gesamt			1,30	1,97	0,06	0,09	0,00	0,00
FETTE, ÖLE, gesamt	FETTE, ÖLE, gesamt			14,05	20,94	7,68	11,00	8,14	11,55

- nicht gesondert erfaßt

* s. Fußnote Tab. 4

Lediglich die VWS führt die Lebensmittelgruppe der **Suppen, Soßen, Dressings, Feinkostsalate und Fertigprodukte** auf (mit Ausnahme der Mayonnaise, die auch in der NVS enthalten ist). Dies bedeutet, daß die NVS diese Lebensmittel zu anderen Gruppen zugeordnet hat, jedoch diese Zuordnung im nachhinein nicht mehr ersichtlich ist. Die Berechnung der Verzehrsmengen ist Tab. 22 zu entnehmen.

Tab. 22: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Suppen, Soßen, Feinkostsalate und Fertigprodukte sowie Verbrauchsberechnung (kg/a/Pers.)

VWS*	NVS*	KF1	KF2	Verzehr NVS-MK	Verbrauch NVS-MK	Verzehr VWS- NVEG	Verbrauch VWS- NVEG	Verzehr VWS-OLV	Verbrauch VWS-OLV
Suppe, Eintopf	-			-	-				
Suppe ohne Fleisch, Wurstwaren	-	1,00	0,85	-	-	9,84	11,58	7,69	9,04
mit Fleisch, Wurstwaren	-	1,00	0,85	-	-	0,54	0,63	0,00	0,00
Eintopf ohne Fleisch, Wurstwaren	-	1,00	0,85	-	-	6,70	7,88	5,09	5,99
mit Fleisch, Wurstwaren	-	1,00	0,85	-	-	0,80	0,94	0,00	0,00
Suppe, Eintopf, gesamt	-			-	-	7,50	8,83	5,09	5,99
Soße				-	-				
Soße klar	-	1,00	0,85	-	-	0,17	0,20	0,11	0,13
gebunden	-	1,00	0,85	-	-	0,86	1,02	0,20	0,24
Soße, gesamt	-			-	-	1,03	1,22	0,31	0,37
Feinkostsalat				-	-				
Feinkostsalat ohne Fleisch, Wurstwaren	-	1,00	0,80	-	-	0,33	0,41	0,39	0,49
mit Fleisch, Wurstwaren	-	1,00	0,80	-	-	0,14	0,18	0,00	0,00
Feinkostsalat, gesamt	-			-	-	0,47	0,59	0,39	0,49
Tomatenmark				-	-				
Tomatenmark	-	1,00	0,85	-	-	0,15	0,18	0,20	0,24
Tomatenketchup, Grillsoße	-			-	-				
Tomatenketchup, Grillsoße u. a.	-	1,00	0,82	-	-	0,16	0,19	0,13	0,16
Salatdressing				-	-				
Salatdressing	-	1,00	0,85	-	-	0,76	0,89	0,80	0,94
Mayonnaise				-	-				
Mayonnaise	Mayonnaise	1,00	0,85	0,22	0,26	0,08	0,10	0,09	0,10
SUPPEN, SOSSEN, DRESSING, FEINKOSTSALATE, FERTIGPRODUKTE, gesamt	SUPPEN, SOSSEN, DRESSING, FEINKOSTSALATE, FERTIGPRODUKTE, gesamt			0,22	0,26	10,16	11,99	7,02	8,29

- nicht gesondert erfaßt

* s. Fußnote Tab. 4

Bei den **Brotaufstrichen** weist die NVS lediglich Marmelade aus. Die differenziertere Darstellung der VWS ist dem gegenübergestellt (Tab. 23). Für die nachfolgende Bilanzierung ist die Differenzierung der VWS jedoch unerheblich.

Tab. 23: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Brotaufstriche sowie Verbrauchsberechnung (kg/a/Pers.)

VWS*	NVS*	KF1	KF2	Verzehr NVS-MK	Verbrauch NVS-MK	Verzehr VWS-NVEG	Verbrauch VWS-NVEG	Verzehr VWS-OLV	Verbrauch VWS-OLV
Konfitüre, Marmelade, Gelee									
Konfitüre, Marmelade, Gelee mit Zucker	Marmelade mit Zucker	1,00	0,98	3,16	3,23	0,49	0,50	0,48	0,49
Konfitüre, Marmelade, Gelee mit Honig, Ursüße u. a.	Marmelade mit Süßstoff	1,00	0,98	0,07	0,07	0,41	0,41	0,40	0,41
Konfitüre, Marmelade, Gelee, gesamt	Konfitüre, Marmelade, Gelee, gesamt			3,23	3,30	0,89	0,91	0,89	0,91
Nuß-Nougat-Creme, Nußmus									
Nuß-Nougat-Creme, Nußcreme	-	1,00	0,98	-	-	0,05	0,05	0,14	0,15
Nußmus, z.B. Erdnußmus	-	1,00	0,98	-	-	0,23	0,23	0,36	0,37
Nuß-Nougat-Creme, Nußmus, gesamt	-			-	-	0,28	0,28	0,51	0,52
Vegetarische Brotaufstriche									
Vegetarische Brotaufstriche	-	1,00	0,98	-	-	0,53	0,54	1,03	1,05
BROTAUFSTRICHE, gesamt	BROTAUFSTRICHE, gesamt			3,23	3,30	1,70	1,74	2,42	2,47

- nicht gesondert erfaßt

* s. Fußnote Tab. 4

In der VWS wird zwischen verschiedenen **Süßungsmitteln** differenziert, im Gegensatz zur NVS die lediglich zwischen Zucker, Honig und Süßstoff unterscheidet. In der VWS wird Süßstoff nicht erfaßt, daher wird der prozentuale Anteil des Süßstoffs der NVS am Gesamtverzehr auf die VWS bezogen. Die Gegenüberstellung der unterschiedlichen Süßungsmitteln inklusive Verbrauchsberechnung ist Tab. 24 zu entnehmen.

Tab. 24: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Süßungsmittel sowie Verbrauchsberechnung (kg/a/Pers.)

VWS*	NVS*	KF1	KF2	Verzehr NVS-MK	Verbrauch NVS-MK	Verzehr VWS- NVEG	Verbrauch VWS- NVEG	Verzehr VWS-OLV	Verbrauch VWS-OLV
Zucker									
Haushaltszucker	Zucker	1,00	0,95	2,73	2,87	0,19	0,20	0,03	0,04
Diätzucker, Milchzucker, Zuckeraustauschstoffe, z.B. Fructose, Sorbit	-	1,00	0,95	-	-	0,02	0,02	0,04	0,04
Roh(rohr)zucker, Brauner Zucker, Sucanat	-	1,00	0,95	-	-	0,19	0,20	0,15	0,15
Zucker, gesamt	Zucker, gesamt			2,73	2,87	0,40	0,42	0,22	0,23
Honig, Ahornsirup, Melasse etc.									
Honig	Honig	1,00	0,90	1,29	1,43	1,29	1,43	1,35	1,50
Ahornsirup, Melasse, Apfel-, Birnenstücksaft	-	1,00	0,90	-	-	0,42	0,47	0,37	0,42
Honig, Ahornsirup, Melasse etc., gesamt	Honig, Ahornsirup, Melasse etc., gesamt			1,29	1,43	1,71	1,90	1,73	1,92
Süßstoff errechnet	Süßstoff	1,00	0,95	0,25	0,26	0,09	0,10	0,05	0,05
SÜSSUNGSMITTEL, gesamt	SÜSSUNGSMITTEL, gesamt			4,27	4,57	2,20	2,41	1,99	2,20

- nicht gesondert erfasst

* s. Fußnote Tab. 4

In der NVS sind lediglich Zuckerwaren ausgewiesen. Diese Position wird den **Süßspeisen**-Verzehrmengen der VWS gegenübergestellt, abzüglich der Anteile für Kekse und Müsliriegel (Tab. 25). Die beiden Gruppen Kekse und Müsliriegel finden sich in der Lebensmittelgruppe „Brot und Backwaren“, da diese in der NVS ebenfalls dort aufgeführt sind und die Gegenüberstellung an dieser Stelle sinnvoller ist.

Tab. 25: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Süßspeisen sowie Verbrauchsberechnung (kg/a/Pers.)

VWS*	NVS*	KF1	KF2	Verzehr NVS-MK	Verbrauch NVS-MK	Verzehr VWS-NVEG	Verbrauch VWS-NVEG	Verzehr VWS-OLV	Verbrauch VWS-OLV
Zuckerwaren									
pudding, Creme, Vanillesoße mit Zucker	Zuckerwaren	1,00	0,98	0,78		0,23	0,24	0,11	0,12
pudding, Creme, Vanillesoße mit Honig, Ursüße		1,00	0,98			0,40	0,41	0,15	0,15
Müsliriegel, Fruchtschnitte mit Zucker		1,00	0,98			0,09	0,09	0,02	0,02
Müsliriegel, Fruchtschnitte mit Zucker mit Honig, Ursüße		1,00	0,98			0,21	0,21	0,61	0,62
Carobsüßigkeiten, z.B. Carobschokolade		1,00	0,98			0,12	0,12	0,23	0,23
Praline, Marzipan mit Zucker		1,00	0,98			0,25	0,26	0,32	0,33
Praline, Marzipan mit Honig, Ursüße		1,00	0,98			0,15	0,16	0,04	0,05
Negerkuß, Baiser		1,00	0,98			0,07	0,07	0,02	0,02
Bonbons, Gummibonbons, Lakritz		1,00	0,98			0,40	0,41	0,24	0,25
Zuckerwaren, gesamt	Zuckerwaren, gesamt			0,78	0,80	1,92	3,78	1,75	3,75
Schokoladenerzeugnisse									
Schokoladenriegel	Schokolade, Schokoladenerzeugnisse	1,00	0,98	2,85	2,92	0,41	0,42	0,18	0,18
Schokolade, Kakaopulver	-	1,00	0,98	-	-	1,04	1,07	0,84	0,86
Schokoladenerzeugnisse, gesamt	Schokoladenerzeugnisse, gesamt			2,85	2,92	1,45	1,49	1,02	1,04
Speiseeis									
Speiseeis	Speiseeis	1,00	0,92	1,66	1,80	1,17	1,27	0,70	0,76
SÜSSSPEISEN, gesamt	SÜSSSPEISEN, gesamt			5,29	5,53	4,54	6,54	3,46	5,55

- nicht gesondert erfaßt

* s. Fußnote Tab. 4

In der Gruppe **Getränke** (Tab. 26) sind einige Lebensmittel in der NVS differenzierter aufgeführt als in der VWS, daher wird in diesen Fällen die prozentuale Verteilung der Gruppe der NVS auf die VWS übertragen. So wird beispielsweise die Gruppe Wasser in der NVS in Leitungswasser und Mineralwasser unterteilt. Diese Unterteilung wurde prozentual auf die Verzehrsmengen der VWS übertragen. Das gleiche gilt für Kaffee und Tee, hier wurden genauso die prozentualen Anteile der NVS auf die VWS bezogen. In beiden Fällen ist dies in der Tab. 26 mit dem Zusatz „berechnet“ ausgewiesen. Weiterhin ist anzumerken, daß bei der Berechnung dieser Verbrauchsmengen der Wasseranteil abgezogen wurde (KF2), um die Menge Teeblätter bzw. Kaffeepulver zu ermitteln, die weiter in der Bilanzierung von Interesse sind (SINASS 1999, KAFFEEVERBAND 1999). Für Obst- und Gemüsesäfte wurde eine weitere Differenzierung in Untergruppen gewählt. Diese ist Tab. 27 zu entnehmen. Da in der NVS lediglich Obst- und Gemüsesäfte gesamt angegeben sind, unter denen sowohl Säfte als auch Fruchtsaftgetränke und Fruchtnektar subsumiert sind, wurde das Verzehrsmuster prozentual ermittelt. Hierzu wurden Angaben des Vereins deutscher Fruchtsafthersteller (VdF 1998) herangezogen.

Tab. 26: Zuordnung zur Lebensmittelgruppe Getränke sowie Verbrauchsberechnung (kg/a/Pers.)

VWS*	NVS*	KF1	KF2	Verzehr NVS-MK	Verbrauch NVS-MK	Verzehr VWS-NVEG	Verbrauch VWS-NVEG	Verzehr VWS-OLV	Verbrauch VWS-OLV
Leitungswasser									
Leitungswasser berechnet	Wasser	1,00	0,75	38,19	50,93	60,01	80,01	71,61	95,48
Mineralwasser									
Mineralwasser berechnet	Mineralwasser	1,00	0,75	66,17	88,23	103,95	138,60	124,06	165,42
Obst- und Gemüsesaft									
Fruchtsaft	Obst- und Gemüsesäfte	1,00	0,77	23,70	30,77	20,66	26,83	18,50	24,03
Fruchtnektar, Fruchtsaftgetränk	-	1,00	0,77	-	-	2,14	2,78	0,83	1,08
Multivitaminsaft, vitaminierter Fruchtsaft	-	1,00	0,77	-	-	1,80	2,33	0,63	0,82
Multivitamin-Fruchtnektar, vitaminierter Fruchtnektar	-	1,00	0,77	-	-	0,00	0,00	0,66	0,85
Diätnektar, -fruchtsaftgetränk	-	1,00	0,77	-	-	0,67	0,87	0,85	1,10
Gemüsesaft	-	1,00	0,77	-	-	1,80	2,33	4,56	5,92
Milchsaurer Gemüsesaft	-	1,00	0,77	-	-	1,09	1,42	0,94	1,22
Obst- und Gemüsesaft, gesamt	Obst- und Gemüsesaft, gesamt			23,70	30,77	28,16	36,58	26,97	35,02
Limonaden, coffeinhaltige, kalorienreduzierte Erfrischungsgetränke									
Limonade, Cola-Getränke	Limonaden und sonstige Saftgetränke	1,00	0,75	14,74	19,65	0,24	0,32	0,09	0,13
Kalorienreduzierte Erfrischungsgetränke	coffeinhaltige Erfrischungsgetränke	1,00	0,75	9,29	12,39	0,16	0,21	2,91	3,88
Sportlergetränk, z.B. Isostar	-	1,00	0,75	-	-	0,59	0,79	0,00	0,00
Limonaden, coffeinhaltige, kalorienreduzierte Erfrischungsgetränke, gesamt	Limonaden, coffeinhaltige, kalorienreduzierte Erfrischungsgetränke, gesamt			24,03	32,04	0,99	1,32	3,01	4,01
Kaffe									
Kaffee berechnet ^a	Kaffee ^a	21,41	0,75	147,60	9,19	106,03	6,60	72,64	4,52
Tee									
Tee berechnet	Tee	66,67	0,75	29,91	0,60	21,57	0,43	14,78	0,30
Früchte-, Kräutertee, Malzkaffee	Kaffeersatz, Kräutertee	66,67	0,75	21,05	0,42	132,56	2,65	176,70	3,53
Tee, gesamt ^a	Tee, gesamt ^a			50,96	1,02	154,13	3,08	191,49	3,83
Bier, Apfelwein, Malzbier, alkoholfreies Bier									
Malzbier	Bier	1,00	0,95	34,51	36,32	0,12	0,12	0,00	0,00
Alkoholfreies Bier	-	1,00	0,95	-	-	1,58	1,66	1,60	1,68
Bier, Apfelwein	-	1,00	0,95	-	-	7,95	8,36	4,30	4,52
Bier, Apfelwein, Malzbier, alkoholfreies Bier, gesamt	Bier, Apfelwein, Malzbier, alkoholfreies Bier, gesamt			34,51	36,32	9,64	10,15	5,90	6,21
Wein, Sekt									
Wein, Sekt	Wein, Sekt	1,00	0,80	21,92	27,40	15,99	19,99	10,00	12,50
Spirituosen									
Spirituosen, z.B. Schnaps, Likör	Spirituosen	1,00	0,99	1,23	1,24	0,54	0,55	0,08	0,08
Bowle, Longdrink, Cocktail	-	1,00	0,99	-	-	0,08	0,08	0,05	0,05
Spirituosen, gesamt	Spirituosen, gesamt			1,23	1,24	0,62	0,63	0,12	0,12

Tab. 26 (Forts.)

VWS*	NVS*	KF1	KF2	Verzehr NVS-MK	Verbrauch NVS-MK	Verzehr VWS-NVEG	Verbrauch VWS-NVEG	Verzehr VWS-OLV	Verbrauch VWS-OLV
GETRÄNKE, gesamt	GETRÄNKE, gesamt			408,30	277,14	479,53	296,96	505,79	327,11

- nicht gesondert erfaßt

^a Verbrauch bezieht sich auf Trockengewicht Teeblätter bzw. Kaffeepulver

* s. Fußnote Tab.4

Tab. 27: Zuordnung zu den Untergruppen Obst- und Gemüsesäfte

Obstsäfte

Fruchtsaft

Multivitaminensaft, vitaminierter Fruchtsaft

Fruchtnektar/Fruktnektargetränk

Fruchtnektar, Fruchtsaftgetränk

Diätnektar, -fruchtsaftgetränk

Multivitamin-Fruktnektar, vitaminierter Fruktnektar

Gemüsesäfte

Gemüsesaft

Milchsaurer Gemüsesaft

5 Bilanzierung des Ernährungssystems

5.1 Allgemeine Systemannahmen

5.1.1 Festlegung des Untersuchungsrahmens

Die Summe der Aktivitäten, die notwendig sind, um Menschen in Deutschland mit Nahrung zu versorgen, sind zu komplex, um sie alle in einer Bilanz berechnen zu können. Deshalb wurde ein Modell gebildet, das die Komplexität auf ein berechenbares Maß reduziert. In der vorliegenden Arbeit wurde der Terminus „Ernährungssystem“ für sämtliche Prozesse von der landwirtschaftlichen Erzeugung bis zum Verzehr, bezogen auf Deutschland, gewählt. Es wird in der vorliegenden Arbeit in folgende Bereiche unterteilt: Die **landwirtschaftliche Erzeugung**, die **Verarbeitung** zu den Lebensmitteln, die in den Verzehrprotokollen angegeben sind, der **Transport**, die **Verpackung** und die **Haushaltsphase**, die den Einkauf, die Kühllagerung und Zubereitung umfaßt.

Auf der Ebene des Landbaus wird zwischen einer ökologischen und einer konventionellen Produktionsvariante ausgegangen. Die Landbauvarianten wurden aufgrund entsprechender Maßgaben des ökologischen Landbaus und der guten landwirtschaftlichen Praxis für den konventionellen Landbau festgelegt (FAUSTZAHLEN 1993, LBL 1998). In den Fällen in denen es nicht möglich war eine ökologische Variante in der Erzeugung zu ermitteln, wurde die konventionelle Variante verwendet.

Auf der Ebene der Verpackung wird zwischen einer ökologischen und einer konventionellen Variante ausgegangen. Die Verpackungsvarianten wurden durch eigene Recherchen sowie Hinweise aus der Literatur (AGÖL 1996) ermittelt.

Als geographische Grenze wurde Deutschland gewählt. Eine Ausnahme bilden die Lebensmitteltransporte. Hier wurde eine Grobabschätzung der gesamten ernährungsrelevanten Transporte Deutschlands vorgenommen. Es ist anzumerken, daß die Bereiche Verpackung, Transport und Haushaltsphase (Einkauf, Kühlung, Zubereitung) nicht, wie z.B. in einer Ökobilanz, den Lebensmitteln einzeln zugeordnet werden, sondern den Lebensmittelgruppen (Verpackung) oder dem Ernährungssystem als gesamten (Transport, Haushaltsphase), da die Datenverfügbarkeit eine detailliertere

Zuordnung, auch wenn diese in Einzelfällen (z.B. für ein Lebensmittel) möglich gewesen wäre, über sämtliche Lebensmittel hinweg nicht zuließ.

5.1.2 Endpunkt der Bilanzierung

Zum Verständnis soll hier darauf hingewiesen werden, daß der Endpunkt der Bilanzierung bei einer Ökobilanz „funktionelle Einheit“ genannt wird (DIN-NAGUS 1997). Es stellt sich als nicht sinnvoll dar, die Ernährungsweisen hier begrifflich einer „funktionellen Einheit“ gleichzusetzen, denn obwohl sie strenggenommen beide die „Funktion“ Ernährung erfüllen, wird der Begriff funktionelle Einheit üblicherweise mit dem Durchführen einer Ökobilanz verknüpft und meist auf *ein* Produkt bzw. Lebensmittel bezogen. Es könnte somit zu Mißverständnissen führen.

Die vorliegende Arbeit ist nur in Teilen an die Erstellung einer Ökobilanz angelehnt, da es aufgrund der Systemgröße und der Datenverfügbarkeit nicht möglich war, eine Analyse konform zu den Anforderungen des DIN-NAGUS (1997) zu erstellen. Es wird festgestellt, daß nach Angleichung der Datenbasen der beiden verwendeten Studien auf gleiche Personenauswahl und Zeit (je Person, je Jahr) die Ernährungsweisen vergleichbar sind, da sie die gleiche Funktion erfüllen (Funktion: Ernährung einer Durchschnittsperson über ein Jahr hinweg) und daher Gegenstand eines Vergleichs, d.h. Endpunkt einer Bilanzierung sein können.

5.1.3 Datenbasis und Datenqualität

Es war im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht möglich für jedes einzelne Lebensmittel sowie dessen Verarbeitung eine eigene Untersuchung durchzuführen. Es wurde daher soweit wie möglich auf vorhandene Studien zurückgegriffen. Trotzdem mußte aus Mangel an belastbaren Daten in vielen Fällen eine eigene Bilanzierung vorgenommen werden. Die jeweilige Vorgehensweise wird im entsprechenden Kapitel beschrieben. Es wurde darauf geachtet, daß die Bilanzierung der Lebensmittelzusammensetzung in Übereinstimmung mit den Vorschriften des LEBENSMITTEL UND BEDARFSGEGENSTÄNDE GESETZES (LMBG 1993) bzw. des DEUTSCHEN LEBENSMITTELBUCHS (1994) erfolgte.

Sämtliche Daten zur Bereitstellung der **Nutzenergie** (Strom, Heizöl, Diesel und Gas) wurden GEMIS entnommen (Version 3.1 und 3.x). Zur Berechnung des **kumulierten Energieaufwandes** wurden Daten aus GEMIS 3.x verwendet. In der Weiterverarbeitung der Lebensmittel auftretende Prozesse (z.B. Dampferzeugung, Gaskesselfeuerung usw.)

wurden GEMIS 3.1 entnommen, sofern sie in der Originalquelle nicht weiter spezifiziert wurden. Die Daten zur Energiebereitstellung in Deutschland weisen eine hohe Qualität auf, da sie meist über lange Zeit hinweg bei unterschiedlichen Energiebereitstellern ermittelt und bei technischen Neuerungen angepaßt wurden (FRITSCHKE et al. 1998).

Daten zur **Düngemittelherstellung** wurden von PATYK UND REINHARD (1997) veröffentlicht. Aufgrund des Umfangs, der Tiefe, der Genauigkeit und der ausführlichen Dokumentation wird die Datenqualität als hoch eingeschätzt. Es handelt sich um die derzeit genaueste Analyse der Bereitstellung von Stickstoff-, Phosphor-, Kaliumdünger sowie Kalk. Es werden in der vorliegenden Arbeit ausschließlich diese Daten bezüglich der Düngemittel verwendet.

Alle Daten zur **landwirtschaftlichen Erzeugung pflanzlicher Lebensmittel** sind aus Gründen der Vergleichbarkeit der Produkte untereinander und zwischen konventioneller und ökologischer Anbauweise sowie aus Gründen der Aktualität aus einer einzigen Quelle entnommen worden (LBL 1998). Diese Quelle stellte die zum Zeitpunkt der Erstellung der Arbeit aktuellste und umfassende Zusammenstellung von sowohl konventioneller als auch ökologischer Anbauweise dar. **Daten zur Tierproduktion** wurden anhand der Untersuchungen von ABEL (1996, 1997, 1998) und aufgrund eigener Recherchen ermittelt. Eine detaillierte Darstellung findet sich in Klausch (1999).

Diese Vorgehensweise wurde aus Mangel an Veröffentlichungen über praxisübliche Anbau- und Tierproduktionssysteme in Deutschland gewählt. Prinzipiell wäre es wünschenswert gewesen, wenn eine Untersuchung über die tatsächliche landwirtschaftliche Praxis (sowohl ökologisch als auch konventionell) in Deutschland vorgelegen hätte. Ökobilanzen zu einzelnen Lebensmitteln waren für die vorliegende Arbeit unzureichend, da es notwendig war sämtliche lebensmittelrelevanten Getreide-, Obst- und Gemüsearten vergleichbar zu bilanzieren. Dies wurde mit der gewählten Vorgehensweise umgangen, da es sich um allgemeine Anbauempfehlungen handelt, die bodenunabhängig sind und der guten landwirtschaftlichen Praxis entsprechen. Da sämtliche pflanzliche Lebensmittel auf Basis dieser Angaben bilanziert wurden, gewährleistet dies auch eine Unabhängigkeit von Einzelfallbetrachtungen und eine Einheitlichkeit der landbaulichen Praxis über Getreide, Obst und Gemüse hinweg. Nachteil dieser Vorgehensweise ist, daß möglicherweise die real praktizierten Anbauweisen erheblich differieren und dadurch Ungenauigkeiten resultieren.

Beispielhaft soll hier die konventionelle Anbauweise von Getreide genannt werden. Die verwendeten Daten gehen von einer ausschließlich mineralischen Düngung der Felder aus. Dies entspricht möglicherweise nicht immer der Praxis im konventionellen Landbau.

Einerseits ist zu vermuten, daß gerade in Betrieben mit Tierhaltung eine Kombination von Hofdünger und Mineraldünger erfolgt. Andererseits ist ebenfalls zu vermuten, daß in manchen Fällen die Ausbringung von Tierdung (Gülle, Stapelmist etc.) auch der Entsorgung von Überschüssen dient (beispielsweise in Gebieten mit Massentierhaltung) und dadurch eine Unterschätzung der Emissionen der konventionellen Anbauweise erfolgt (GEIER 1999). Es wäre daher wünschenswert gerade in diesem Bereich genauere Angaben vorliegen zu haben. Die Datenqualität der landwirtschaftlichen Produktion weist aufgrund dessen, daß sämtliche Bilanzen basierend auf den angegebenen Quellen selbst berechnet werden, im Rahmen der genannten Systemgrenzen, eine gute Qualität auf.

Die Datenbasis der **Betriebsmittel der landwirtschaftlichen Erzeugung**, insbesondere Traktorenarten bzw. Schlepper und deren Dieserverbrauch bei unterschiedlichen Belastungen (Leerfahrt, Pflügen, Eggen usw.), wurde KALTSCHMITT UND REINHARDT (1997) entnommen. Sie ermittelten anhand verschiedener Untersuchungen und Praxistests belastbare Rechenwerte.

Bilanzen zur **industriellen Verarbeitung** wurden aus verschiedenen Quellen ermittelt. Daten hoher Qualität zur Raffination von Ölsaaten wurden einer umfangreichen Studie von KALTSCHMITT UND REINHARDT (1997) entnommen. Produktionsspezifische Daten wurden weiterhin aus verschiedenen Umwelterklärungen und Nachfragen direkt bei Herstellern ermittelt. Die Qualität kann hier ebenfalls als hoch eingestuft werden, da es sich um tatsächliche Produktionsdaten handelt. Konnten keine herstellungsspezifischen Daten aus erster Hand ermittelt werden, wurden diese von Verbänden (z.B. Verband der Fleischwarenindustrie, Verband der Fruchtsaftindustrie usw.) erfragt bzw. im Gespräch mit Fachleuten ermittelt. War dies nicht möglich, wurden Angaben aus der Lebensmitteltechnologie verwendet.

Da diese Daten nicht direkt aus dem Produktionsprozeß abgeleitet werden konnten und eine gewisse Unsicherheit nicht ausgeschlossen werden kann, muß die Datenqualität hier als gering eingeschätzt werden. Es wäre wünschenswert gewesen, die verschiedenen Branchen der Lebensmittelindustrie in Form eines „benchmarking“ anzugeben, beispielsweise im Bereich der Milchverarbeitung die Anlage mit der höchsten Energieeffizienz zu vergleichen mit derjenigen der geringsten. Würde dies über sämtliche Zweige der Lebensmittelindustrie erstellt, wäre eine genaue Aussage über das Einsparpotential allein durch Verwendung der sog. „best technology“ möglich. Dies ist allerdings zum heutigen Zeitpunkt aus Mangel an Untersuchungen noch nicht möglich.

Daten zur Herstellung der **Lebensmittelverpackungen** wurden einer Studie des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) entnommen (BUWAL 1998). Es

handelt sich hierbei um eine detaillierte Studie sämtlicher Verpackungsarten, die für den Lebensmittelbereich relevant sind. Die Mengen und Gewichte der jeweiligen Verpackungen wurden in einer eigenen Untersuchung selbst ermittelt. Es ist anzumerken, daß hier nur die Herstellungsdaten nicht jedoch die Transportaufwendungen enthalten sind. D.h. es fehlt z.B. die Transportstrecke zur Lieferung der Etiketten, der Druckfarben usw. Es wäre nicht möglich gewesen, diese für jede Lebensmittelverpackung und deren Variation zu ermitteln. Es fehlen weiterhin Transportstrecken für die Verpackungen an sich (z.B. Glasflaschen zur Saftabfüllanlage) sowie die für Recyclingfahrten und eine aus der Praxis ermittelte Angabe der Umlaufzahlen z.B. von Recyclingflaschen. Dadurch ist die Angabe des Verpackungsaufwandes recht grob. Es ist davon auszugehen, daß gerade die Transporte im Recyclingbereich, aber auch diejenigen der Verpackung selbst, zum Verpackungs- bzw. Abfüllort nicht unerheblich sind. Es ist daher zu vermuten, daß die Aufwendungen in diesem Bereich eher unterschätzt werden.

Sämtliche Angaben über den Bereich **Transport** wurden anhand einer umfangreichen statistischen Analyse ermittelt. Aufgrund der Gegebenheiten der statistischen Erhebung ist eine Zuordnung der Transporte zu den einzelnen Lebensmittelgruppen bzw. Lebensmitteln äußerst schwierig und mit Unsicherheiten behaftet. Die Statistiken aggregieren die Lebensmittel zu unterschiedlichen Gruppen und Kategorien, so daß ein Gruppenvergleich nicht durchgehend auf der gleichen Datenbasis durchgeführt werden kann. Dies ist auch der Grund dafür, daß der Transport nicht auf einzelne Lebensmittel bezogen werden kann. Am genauesten kann hier die Aussage über den Gesamttransportaufwand gewertet werden. Da es sich in diesem Bereich um aus Statistiken abgeleitete Zahlen handelt, kann die Datenqualität lediglich als ausreichend angesehen werden. Aufgrund der genannten Gründe wird hier eine Abweichung vom realen Transportaufwand vermutet. Wünschenswert wäre daher eine umfangreiche Gesamtanalyse gewesen. Diese war jedoch im Rahmen der Studie nicht durchführbar. Ebenfalls existierte keine solche Analyse zum Zeitpunkt des Entstehens der Arbeit.

Die Daten der **Haushaltsphase** (Einkaufsfahrten, Kühlagerung und Zubereitung der Lebensmittel) wurden nach Angaben des VDEW (1997) berechnet. Eine Analyse anhand Rückrechnung der Daten des KTBL über die Haushaltsphase scheiterte aufgrund der fehlenden Verfügbarkeit der Primärdaten. Es wurde daher auf den Datenkatalog zum Haushaltsstromverbrauch 1997 (VDEW 1997) zurückgegriffen.

5.1.4 Allokation

Eine Schwierigkeit stellt die Allokation der Umwelteinflüsse auf die verschiedenen Produkte in einem multifunktionalen System dar. So fällt beispielsweise bei der Herstellung von Rapsöl anteilig Rapsölextraktionsschrot an, das als Futtermittel Verwendung findet, und die Milchviehhaltung geht mit der Kälberproduktion einher. Unterschiedliche Ansätze können zur Aufteilung der Aufwendungen für die beiden Produkte angewendet werden. Es kann nach physikalischen (Masse, Stoffmenge), energetischen (Heizwert, Brennwert) oder ökonomischen (Marktpreis) Größen bewertet werden (AUDSLEY et al. 1997, KALTSCHMITT UND REINHARDT 1997).

Prinzipiell wurde versucht, eine Allokation soweit wie möglich zu vermeiden und die Aufwendungen den Produkten voll zuzurechnen. Beispielsweise erfolgte keine Allokation zwischen Stroh und Getreide, da eine Unterscheidung für die Betrachtung nicht notwendig war. Weiterhin war es nicht möglich, eine Betrachtung der Allokation der Nährstoffe innerhalb von Fruchtfolgen zu berücksichtigen, da die Bilanzierung der landwirtschaftlichen Erzeugung hiervon unabhängig erfolgte. In den Fällen, in denen eine Allokation nicht zu umgehen war, wurde jeweils im Einzelfall abgewogen, welche Aufteilung sinnvollerweise Anwendung finden sollte.

Im Bereich pflanzlicher Lebensmittel wurden **Verluste** durch Ernterückstände berücksichtigt, indem die Bilanzierung auf die verkaufsfähige Menge des Erntegutes berechnet wurde. D.h. Erntereste, die auf dem Feld verbleiben und Reinigungsreste (z.B. bei Getreide) sind in den Bilanzen der Erzeugung enthalten. Ebenso wurde im Bereich der Tierproduktion vorgegangen. Die für die jeweilige Tierart übliche Verlustrate (Tod bei Aufzucht und Mast/Nutzung) wurde jeweils entsprechend der Haltungsform eingerechnet indem die Bilanzierung auf die verkaufsfähigen Tiere bezogen wurde. Die Verlustrate bei der Schlachtung (z.B. Konfiskate) konnte nicht ermittelt werden und ist deshalb in den Berechnungen nicht berücksichtigt. Im Bereich der Lebensmittelverarbeitung wurden die Verluste im jeweiligen Verarbeitungsprozeß miteinbezogen.

Es wird vom Einbezug der Marktverluste abgesehen, da es nicht möglich ist für den kompletten Ernährungsbereich entsprechende Verlustraten zu ermitteln. Dies liegt darin begründet, daß sich die vom Bundesministerium für Landwirtschaft (BML) ermittelten Marktverluste mit den bereits dargestellten Verbrauchsmengenberechnungen überschneiden. Da vom BML einerseits Ernteverluste und der Verderb im Handel, andererseits die Abfälle im Haushalt wie beispielsweise Kartoffelschalen, Putzreste von Kohlgemüse und Gemüseabfall, andererseits Verluste in der Industrie wie beispielsweise

Schälverluste bei der Kartoffelverarbeitung, zusammengefaßt werden (DONAT 2000). Es sind weiterhin keine Angaben über Marktverluste der Ölsaaten verfügbar (WEBER 1999).

5.2 Landwirtschaftliche Erzeugung

In folgenden sollen zunächst die Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumverluste der Landwirtschaft betrachtet werden, danach werden Bilanzen für die einzelnen landwirtschaftlichen Produkte erstellt. Dieses Vorgehen wird gewählt, weil die o.g. Verluste anhand einer Makroanalyse (top-down) ermittelt werden, die nachfolgenden Bilanzen hingegen eine bottom-up-Analyse darstellen.

5.2.1 Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumverluste der Landwirtschaft

Zur Analyse der Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumverluste anhand von Makrodaten wird die Übersichtsarbeit von BRÄUTIGAM et al. (1996) herangezogen sowie eine weitere Übersichtsarbeit von FLAIG und MOHR (1996) zum Stickstoffaustrag. Sie bewegt sich im selben Größenbereich (1 Mio. t). Da die Untersuchung von BRÄUTIGAM (1996) detaillierter die Ableitung der Daten angibt und FLAIG und MOHR (1996) die Emissionen der Landwirtschaft prozentual gerundet vom Gesamtaustrag angeben, werden die Daten von BRÄUTIGAM (1996) gewählt. In der Studie von BRÄUTIGAM (1996) ist die Angabe des NH_3 -Stickstoff nicht eindeutig dokumentiert. Da die Studie von FLAIG und MOHR (1996) in derselben Größenordnung liegt und den NH_3 -Stickstoff mit 486000 t/a angibt, wird davon ausgegangen, daß die 483000 t/a entsprechend sind.

Die Anteile der einzelnen Stickstoffverbindungen sowie deren Bewertung mit Äquivalenzfaktoren sind Tab. 28 zu entnehmen. Es wird hier deutlich, welchen hohen Stellenwert die Lachgasemissionen der Landwirtschaft haben, da sie, wie aus der Bewertung mit dem Äquivalenzfaktor hervorgeht, einen erheblichen Beitrag zum Treibhauspotential haben. Der Phosphorausstrag beträgt 48000 t/a und der Kaliumausstrag 15000 t/a. Für beide ist kein Äquivalenzfaktor vorhanden.

Tab. 28: Zusammensetzung des Stickstoffaustrags der landwirtschaftlichen Erzeugung (nach BRÄUTIGAM et al. 1996)

	Stickstoffaustrag 1000t/a	Bewertet mit Äquivalenzfaktor
NH ₃ -Stickstoff	483	908 ^c
N ₂ O-Stickstoff	28	8680 ^d
NO ₃ ⁻ -Stickstoff	365 ^a	e
Summe	876 ^b	f

^a Schwankungsbreite 300–480 (min./max. Austrag)

^b Schwankungsbreite 811–991 (min./max. Austrag)

^c Versauerungspotential (SO₂-Äquivalent)

^d Treibhauspotential (CO₂-Äquivalent)

^e kein Äquivalenzfaktor vorhanden

^f keine sinnvolle Angabe möglich

In der landwirtschaftlichen Erzeugung wird zwischen ökologischer und konventioneller Variante unterschieden. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurde für die Produktion pflanzlicher Lebensmittel (Getreide, Leguminosen, Futtermittel, Obst und Gemüse) eine Quelle verwendet, die beide Landbauformen gegenüberstellt und den Angaben der guten landwirtschaftlichen Praxis entspricht (LBL 1998). Obwohl es sich nicht um eine deutsche Quelle handelt, wurde sie verwendet, da sie zum Zeitpunkt der Erstellung der Arbeit die aktuellste und vollständigste Zusammenfassung auf diesem Gebiet darstellte. In einigen Fällen (z.B. Reis) mußte auf andere Quellen zurückgegriffen werden, deren Angaben dann nach dem gleichen Schema und mit den gleichen Basisdaten bilanziert wurden. Diese Quellen werden jeweils vor der entsprechenden Bilanzierung aufgeführt.

Im folgenden werden zunächst die Daten dargestellt, die als Basis der Berechnung für sämtliche landwirtschaftliche Produkte verwendet wurden. Danach erfolgt die Darstellung der Bilanzierungsergebnisse für die spezifischen Energieaufwendungen und Emissionen der landwirtschaftlichen Erzeugung, unterschieden nach ökologischer und konventioneller Variante, bezogen auf den verkaufsfähigen Ertrag. In manchen Fällen war für die konventionelle Variante nur die Berechnung der integrierten Produktion (IP) möglich, da die gewählte Datenbasis keine konventionelle Variante beinhaltete (LBL 1998). In diesen Fällen wird die IP anstelle konventionellen Erzeugung eingesetzt. Dies ist in den entsprechenden Tabellen gesondert gekennzeichnet.

Basisdaten

Die hier aufgeführten Daten stellen die Berechnungsgrundlage der nachfolgenden Bilanzen dar. Sämtliche CO₂- und SO₂-Äquivalenzwerte aus den Publikationen von PATYK UND REINHARDT (1997) sowie KALTSCHMITT UND REINHARDT (1997) wurden auf die in Tab. 2 angegebenen Äquivalenzfaktoren umgerechnet, da diese nach IPCC (1995) die aktuelleren Äquivalenzfaktoren darstellen, als die in den o.g. Quellen verwendeten. Für das Saatgut wurde jeweils eine Anbauperiode der jeweiligen Frucht berechnet und anteilig in die Bilanz eingesetzt. Heizwerte wurden aus GEMIS übernommen (Tab. 29). Die Bilanzen der Düngemittelbereitstellung (Tab. 30) sind PATYK UND REINHARDT 1997 entnommen und mit GEMIS 3.1 an die o.g. Äquivalenzfaktoren angepaßt worden. Die Emissionen des Schleppereinsatzes sind KALTSCHMITT UND REINHARDT (1997) entnommen und mit GEMIS 3.1. angepaßt worden. Es ergab sich ein Primärenergieeinsatz für eine Schlepperstunde von 268,3 MJ, 18,7 kg CO₂-Äquivalente sowie 144,6 g SO₂-Äquivalente.

Der Energieeinsatz und die Emissionen der Pflanzenbehandlung bezogen auf 1 kg Wirkstoff ergaben 267,0 MJ Primärenergieeinsatz, 5,4 kg CO₂-Äquivalente und 22,7 g SO₂-Äquivalente (KALTSCHMITT UND REINHARDT 1997, GEMIS 3.1). Da keine detaillierte Literaturquelle zur Einsatzmenge und Bilanz von Beizmitteln vorhanden war, wurde ein Minimalwert angenommen. Dabei wurde von 100 g Beizmittel/dt Saatgut entsprechend 50 g Wirkstoff/dt Saatgut ausgegangen. Da Beizmittel ebenso wie Pflanzenschutzmittel Wirkstoffe zur Schädlingsbekämpfung enthalten, wurden die Werte der Pflanzenschutzmittel ebenfalls für die Beizmittel eingesetzt.

Tab. 29: Heizwerte verschiedener Energieträger (GEMIS 3.1)

Energieträger	Einheit	Heizwert
Öl leicht	MJ/kg	42,6
Öl schwer	MJ/kg	40,7
Erdgas	NM/m ³	33,8
Diesel	MJ/kg	42,6

Tab. 30: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Düngemittelbereitstellung (berechnet nach PATYK UND REINHARDT 1997, GEMIS 3.1)

Dünger	Bezug	Primärenergieeinsatz (GJ)	CO ₂ -Äquivalente (dt)	SO ₂ -Äquivalente (kg)
Stickstoff	1t N	49,1	76,7	22,9
Phosphat	1t P ₂ O ₅	17,7	11,7	18,0
Kalium	1t K ₂ O	10,5	6,6	1,2
Düngekalk	1t CaO	2,4	3,0	0,5

5.2.2 Bilanzierung Landbau und Tierproduktion

Zur Bilanzierung der landwirtschaftlichen Produktion wurde auf eine einheitliche Datenquelle zurückgegriffen, die der guten landwirtschaftlichen Praxis entspricht und sowohl Angaben zur konventionellen, als auch zur ökologischen Landbauweise enthält (LBL 1998). Nur in den Fällen, in denen diese Quelle keinen Aufschluß über die Anbauweise gab, wurden andere Quellen hinzugezogen. Diese sind jeweils bei der Bilanzierung angegeben. Für die Bilanzierung der konventionellen Landbauweise wurden folgende Angaben aus den Tabellen von LBL (1998) herangezogen: Ertrag, Saatgut oder Pflanzgut (gebeizt/ungebeizt), Zugkraftstunden, Düngereinsatz und Pflanzenbehandlung.

Für die Bilanzierung der ökologischen Landbauweise wurden folgende Angaben herangezogen: Ertrag, Saatgut oder Pflanzgut (ungebeizt) sowie Zugkraftstunden. Beispielhaft soll hier die Vorgehensweise zur Bilanzierung eines konventionellen Getreides genannt werden. Zur Bilanzierung der Erzeugung wurden die Angaben aus LBL (1998), die sich auf den Ertrag eines Hektars beziehen, auf 1kg Ertrag umgerechnet. Danach wurden die Zugkraftstunden mit dem Primärenergieeinsatz und den Emissionswerten einer Schlepperstunde multipliziert, der Saatgut- und Düngereinsatz sowie die Pflanzenbehandlung wurden ebenfalls mit den entsprechenden Werten von Primärenergieeinsatz und Emissionen multipliziert, weiterhin wurde die Wirkstoffmenge zur Beizung des Saatgutes ermittelt und mit den entsprechenden Werten multipliziert. Zuletzt wurde die Summe des Primärenergieeinsatzes und der Emissionen von Saatgut, Zugkrafteinsatz, Düngereinsatz und Pflanzenbehandlung gebildet um die Gesamtwerte bezogen auf 1kg zu erhalten. Im folgenden werden die einzelnen landbaulichen Produkte geordnet nach Gattungen aufgeführt.

Getreideproduktion

Die Gruppe Getreide setzt sich zusammen aus Pflanzen, die gemeinsam von der Wildform bestimmter Gräser, den *Poaceae* abstammen (BELITZ UND GROSCH 1995). Die Emissionen für 1 kg Ertrag sind Tab. 31 zu entnehmen. Obwohl Reis nicht in Deutschland angebaut wird, wird er doch bilanziert, da er in relativ großen Mengen in den beiden Studien verzehrt wird.

Zur Bilanzierung wurden Daten von HEYER (1994) über die Methanbilanz herangezogen. Es wurden die Angaben des Weizenanbaus bezüglich Schlepperstunden, Pflanzenschutz und Düngung übernommen. Saatgut und Saatgutbehandlung wurden vernachlässigt, da nicht angegeben war, wie die verschiedenen Reisanbauländer dies handhaben. Diese Daten wurden auf 1 ha der in HEYER (1994) angegebenen Weltanbaumenge bezogen. Die Methanemissionen beziehen sich nicht auf ein bestimmtes Land, sondern auf die globalen Methanemissionen. Es konnte keine ökologische Variante ermittelt werden.

Tab. 31: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Getreideproduktion bezogen auf 1 kg Ertrag (berechnet nach LBL 1998, GEMIS 3.1, KALTSCHMITT UND REINHARDT 1997, PATYK UND REINHARDT 1997, HEYER 1994)

	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Weizen konv.	2,02	230,67	1,04
Weizen ökol.	1,39	101,45	0,74
Roggen konv.	1,77	184,27	0,92
Roggen ökol.	1,38	100,56	0,75
Gerste konv.	1,77	193,06	0,92
Gerste ökol.	1,25	87,01	0,68
Hafer konv.	1,98	203,62	1,00
Hafer ökol.	1,25	87,65	0,68
Mais konv.	1,20	131,83	0,62
Mais ökol.	0,87	60,87	0,47
Reis konv.	3,57	4136,43	1,84

Leguminosenproduktion

Unter der Bezeichnung Leguminosen werden reife Samen von Pflanzen aus der Familie *Fabaceae* zusammengefaßt. Obwohl halbreife Erbsen und Bohnen zum Gemüse gezählt werden (BELITZ UND GROSCH 1995), sind sie aus Gründen der Vereinfachung in dieser Gruppe mit bilanziert. Die Bilanzergebnisse sind Tab. 32 zu entnehmen.

Tab. 32: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Leguminosenproduktion bezogen auf 1 kg Ertrag (berechnet nach LBL 1998, GEMIS 3.1, KALTSCHMITT UND REINHARDT 1997, PATYK UND REINHARDT 1997)

	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Bohnen konv.	1,26	83,08	0,66
Bohnen ökol.	2,27	184,54	1,33
Erbsen konv.	1,18	77,17	0,59
Erbsen ökol.	1,06	77,86	0,57
Soja konv.	1,77	112,14	0,91
Soja ökol.	1,72	119,36	0,93

Gemüseproduktion

Unter Gemüse werden alle Pflanzenteile einjähriger Pflanzen zusammengefaßt, die im frischen Zustand, roh, gekocht oder konserviert, direkt der menschlichen Ernährung dienen, mit Ausnahme von trockenen Samen (BELITZ UND GROSCH 1995). Aufgrund fehlender Angaben in LBL (1998) wurden Lauch und Kopfsalat nach KTBL (1991) und KTBL (1994) bilanziert. Die Bilanzergebnisse sind Tab. 33 zu entnehmen.

Die Tomatenproduktion wurde nach LBL (1998) sowie MÜLLER UND HANSELMANN (1993) bilanziert. Es wurde in die Gruppe auch die Zuckerrübe mit aufgenommen, die üblicherweise nicht als Gemüse, sondern in verarbeiteter Form als Zucker verzehrt wird, jedoch im Anbau mit anderen Hackfrüchten wie beispielsweise der Roten Bete vergleichbar ist. Da auf das verkaufsfähige Produkt hin bilanziert wurde, wurden die Lagerverluste durch Kartoffelatmung bis zum Verkauf (üblicherweise nach vier Monaten) mitberechnet. Kopfsalat wurde stellvertretend für sämtliche Blattsalate, die in den beiden Studien verzehrt wurden, bilanziert. Unter der Gruppe Gemüsekohl werden Weiß-, Rot-, Blumenkohl und Broccoli in Tab. 34 zusammengefaßt.

Da die Tomatenproduktion auf unterschiedliche Weisen geschehen kann, wurde diese in Tab. 35 extra aufgeführt. Für Spinat konnte keine ökologische Variante ermittelt werden, jedoch ähnelt der Anbau sehr dem Kopfsalatanbau, so daß hier die Daten des ökologischen Kopfsalatanbaus eingesetzt werden können. Angaben zum Anbau von Zucchini, Paprika, Kürbis, Aubergine und Pilzen waren in LBL (1998) und KTBL (1994)

nicht enthalten, weshalb sie anderen Produkten zugeordnet wurden. Die Zuordnung stellt keine Bilanzierung dar und erfolgt daher nicht an dieser Stelle.

Tab. 33: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Gemüseproduktion bezogen auf 1 kg Ertrag (berechnet nach LBL 1998, GEMIS 3.1, KALTSCHMITT UND REINHARDT 1997, PATYK UND REINHARDT 1997, KTBL 1991, KTBL 1994)

	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Karotten konv. *	0,78	69,55	0,39
Karotten ökol.	0,50	34,99	0,27
Rote Bete konv. *	0,42	29,79	0,22
Rote Bete ökol.	0,37	25,86	0,19
Spargel konv. *	5,93	427,29	3,03
Spargel ökol.	4,07	295,29	2,19
Zwiebel konv. *	1,18	86,34	0,57
Zwiebel ökol.	1,53	107,16	0,82
Lauch konv.	2,49	189,46	1,26
Lauch ökol.	1,98	182,57	1,19
Kopfsalat konv.	2,03	168,46	1,04
Kopfsalat ökol.	1,62	113,46	0,88
Kartoffeln konv.	0,64	54,40	0,311
Kartoffeln ökol.	0,68	43,01	0,33
Zuckerrüben konv.	0,27	24,38	0,14
Spinat konv.	1,36	108,95	0,40
Spinat ökol.	1,62	113,46	0,88
Sellerie konv. *	1,15	82,61	0,56
Sellerie ökol.	0,97	67,92	0,52

* Daten entstammen der IP, Daten für die konventionelle Erzeugung waren in LBL (1998) nicht verfügbar

Tab. 34: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Gemüsekohlproduktion bezogen auf 1 kg Ertrag (berechnet nach LBL 1998, GEMIS 3.1, KALTSCHMITT UND REINHARDT 1997, PATYK UND REINHARDT 1997)

	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Blumenkohl konv. *	2,06	176,86	1,08
Blumenkohl ökol.	1,57	133,79	0,92
Broccoli konv. *	1,40	119,19	0,81
Broccoli ökol.	2,54	220,26	1,51
Weißkohl konv. *	0,59	44,23	0,31
Weißkohl ökol.	0,50	35,52	0,27
Rotkohl konv. *	0,68	51,03	0,36
Rotkohl ökol.	0,69	48,48	0,37

* Daten entstammen der IP, Daten für die konventionelle Erzeugung waren in LBL (1998) nicht verfügbar

Tab. 35: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Tomatenproduktion bezogen auf 1 kg Ertrag (berechnet nach LBL 1998, GEMIS 3.1, KALTSCHMITT UND REINHARDT 1997, PATYK UND REINHARDT 1997, MÜLLER UND HANSELMANN 1993)

Tomaten	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ - Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Tomaten Freiland konv.	0,52	85,70	0,30
Tomaten Freiland ökol.	0,07	34,06	0,12
Tomaten Tunnel kalt konv.	0,43	98,46	0,34
Tomaten Tunnel kalt ökol.	0,10	63,36	0,21
Tomaten Tunnel warm konv.	101,61	9305,16	18,01
Tomaten Tunnel warm ökol.	101,30	9271,22	17,88
Tomaten Treibhaus konv.	16,97	1567,27	3,08
Tomaten Treibhaus ökol.	16,72	1538,54	2,98
Tomaten Hors-sol*	25,22	2334,37	4,60

* Anbau „ohne Boden“ auf Steinwolle

Obstproduktion

Als Obst werden die Früchte bzw. Scheinfrüchte mehrjähriger Pflanzen bezeichnet (BELITZ UND GROSCH 1995). Zur Bilanzierung wurde eine Auswahl, der am häufigsten verzehrten Obstarten, getroffen. Die Apfelproduktion steht für das Kernobst, wobei zwei Varianten der ökologischen Anbauweise zu bilanzieren waren. Die anfällige Variante, die pflegeintensiver ist, jedoch höhere Erträge liefert und die tolerante Variante, die geringere Pflege erfordert und geringere Erträge liefert. Es wird daher der Mittelwert beider Anbauvarianten berechnet (Tab. 36).

Die Orangenproduktion findet außerhalb der gewählten Systemgrenzen statt. Da Orangensaft jedoch der am zweithäufigsten getrunkene Saft (VDF 1997) ist, wurde die MIPS-Bilanz von KRANENDONK UND BRINGEZU (1993) über die Orangenproduktion herangezogen. Weiterhin ist es im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht möglich gewesen, andere Südfrüchte zu bilanzieren (beispielsweise Papayas, Ananas, Avocados etc.). Aus diesem Grund wurde der Orangenanbau für sämtlichen Verzehr von Südfrüchten eingesetzt.

Tab. 36: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Kernobst- und Orangenproduktion bezogen auf 1 kg Ertrag (berechnet nach LBL 1998, GEMIS 3.1, KALTSCHMITT UND REINHARDT 1997, PATYK UND REINHARDT 1997, KRANENDONK UND BRINGEZU 1993)

	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Äpfel tolerant ökol.	0,91	63,60	0,48
Äpfel anfällig ^a ökol.	0,90	63,15	0,48
Mittelwert ökol	0,91	63,38	0,48
Äpfel konv. ^b	0,75	56,89	0,37
Orangen konv.	2,63	183,27	1,44

a Tafeläpfel anfällig haben geringere Emissionen, da sie höheren Ertrag liefern (2,6 t /ha anfällig vs 2,2 t/ha tolerant)

b Daten entstammen der IP, Daten für die konventionelle Erzeugung waren in LBL (1998) nicht verfügbar

Steinobst

In der Gruppe Steinobst werden Kirschen, Zwetschgen und Trauben bilanziert, obwohl die Trauben nach BELITZ UND GROSCH (1995) nicht zum Steinobst, sondern zum Beerenobst gezählt werden. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, um mit dem Protokoll der VWS konform zu gehen. Dort sind die Trauben dem Steinobst zugeordnet und

können nicht zum Beerenobst umgruppiert werden. Die Bilanzergebnisse sind Tab. 37 zu entnehmen.

Tab. 37: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Steinobstproduktion bezogen auf 1 kg Ertrag (berechnet nach LBL 1998, GEMIS 3.1, KALTSCHMITT UND REINHARDT 1997, PATYK UND REINHARDT 1997)

	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Kirschen konv. *	2,78	205,46	1,44
Zwetschgen Spindel konv. *	1,23	92,40	0,62
Zwetschgen Hecke konv. *	1,64	121,26	0,83
Weintrauben ökol.	2,36	164,31	1,27
Weintrauben konv. *	2,42	178,79	1,16

* Daten entstammen der IP, Daten für die konventionelle Erzeugung waren in LBL (1998) nicht verfügbar

Beerenobst

Unter dieser Gruppe sind Erd-, Brom-, Him- und Johannisbeeren summiert. Lediglich die Erdbeere wird in LBL (1998) in zwei Anbauvarianten dokumentiert (konventionell und ökologisch). Sie wird daher beispielhaft für das Beerenobst bilanziert (Tab. 38).

Tab. 38: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Beerenobstproduktion bezogen auf 1 kg Ertrag (berechnet nach LBL 1998, GEMIS 3.1, KALTSCHMITT UND REINHARDT 1997, PATYK UND REINHARDT 1997)

	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Erdbeeren ökol.	1,67	112,96	0,86
Erdbeeren konv. *	1,58	114,76	0,77

* Daten entstammen der IP, Daten für die konventionelle Erzeugung waren in LBL (1998) nicht verfügbar

Ölsaaten

Zu den Ölsaaten werden fettreiche Pflanzensamen gezählt. Sie dienen einerseits der menschlichen Ernährung in Form von Öl, andererseits der tierischen Ernährung in Form von Preßrückständen aus der Ölproduktion (BELITZ UND GROSCH 1995). Da die Produktion primär der menschlichen Ernährung dient, werden die Ölsaaten nicht unter der Futtermittelproduktion aufgeführt, sondern an dieser Stelle. Die Ergebnisse sind Tab. 39 zu entnehmen.

Tab. 39: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Ölsaatenproduktion bezogen auf 1 kg Ertrag (berechnet nach LBL 1998, HUGGER 1989, KTBL 1988, GEMIS 3.1, KALTSCHMITT UND REINHARDT 1997, PATYK UND REINHARDT 1997)

	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Sonnenblumen konv.	3,80	335,00	1,82
Raps konv.	3,86	419,38	1,88
Raps ökol.	2,35	164,01	1,27

Aufgrund fehlender Angaben in LBL (1998) wurde die Sonnenblumenbilanzierung aus STREHLER (1993), HUGGER (1989) und KTBL (1988) abgeschätzt. Es wurde von einem Saatguteinsatz von 25 kg/ha (STREHLER 1993) ausgegangen. Die Berechnung der Beizung und der Saatgutherstellung erfolgte entsprechend den Angaben für die Ölsaat Raps. Die Düngung wurde analog KTBL (Ertragsniveau II) und STREHLER (mittlerer Ertrag) festgesetzt. Es konnte lediglich eine konventionelle Variante ermittelt werden.

Futtermittel

Im folgenden sind die Bilanzergebnisse für Futtermittel aufgeführt (Tab. 40). Die Werte für Raps finden sich bei der Gruppe Ölsaaten, da er auch der menschlichen Ernährung dient. Dasselbe gilt für Ackerbohnen, Soja und Erbsen, die den Bilanzen der Leguminosen zu entnehmen sind. Es werden hier nur diejenigen Futtermittel aufgeführt, die in den Bilanzen der Tierproduktion Verwendung fanden. Von Triticale und Kleegras wurden nur ökol. Varianten berechnet, da sie nur in der ökologischen Erzeugung zum Einsatz kamen. Corn Cob Mix und Silomais wurden allein in der konventionellen Variante berechnet, da sie nur in der konventionellen Erzeugung Einsatz fanden.

Tab. 40: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Futtermittelproduktion bezogen auf 1 kg Ertrag (berechnet nach LBL 1998, GEMIS 3.1, KALTSCHMITT UND REINHARDT 1997, PATYK UND REINHARDT 1997)

	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Weide konv.	1,21	109,14	0,58
Weide ökol.	0,75	52,75	0,41
Heu konv.	1,16	105,63	0,55
Heu ökol.	0,69	48,35	0,37
Grassilage konv.	0,79	79,62	0,35
Grassilage ökol.	0,23	16,51	0,13
Silomais konv.	1,18	103,00	0,60
Corn Cob Mix konv.	0,75	81,87	0,40
Triticale ökol.	1,25	87,65	0,68
Kleegras ökol.	1,00	69,93	0,54

Tiererzeugung

Ursprünglich war für die Bilanzierung der Tiererzeugung der Rückgriff auf Daten zu Standardverfahren in Deutschland geplant. Eine Recherche ergab jedoch, daß keine solche Zusammenstellung veröffentlicht ist. Die Erzeugung wurde daher in Anlehnung an die Daten von ABEL (1996, 1997, 1998) bilanziert. Hierfür wurden anhand der Angaben über den Primärenergieeinsatz mit Hilfe von GEMIS 3.1 die die CO₂- und SO₂-Äquivalente berechnet. Für die ökologischen Varianten wurden mangels Angaben über „Standardproduktionsverfahren in Deutschland“ eigene Annahmen getroffen. Diese wurden neben der Überlegung, ob die sie repräsentativ für den Ökolandbau gelten, auch von Überlegungen der Datenverfügbarkeit beeinflusst. Eine detaillierte Darstellung befindet sich in Klausch (1999).

Gerade im Bereich der ökologischen Erzeugung war die Datenlage nicht so ausführlich, wie gewünscht. Es wurden übliche Haltungsformen für die jeweiligen Produktionsvarianten ermittelt. Weiterhin wurden übliche Futtermischungen, Mastzeiten und Mastendgewichte je Tierart, je Variante (konventionell, ökologisch) ermittelt. Die

Schlachtung konnte für Rind und Schwein berechnet werden. Lediglich zur Geflügelschlachtung, die üblicherweise maschinell in speziellen Schlachtstraßen durchgeführt wird, konnten keine Angaben ermittelt werden. Daher wurde hierfür ein Mittelwert aus Rind- und Schweineschlachtung berechnet (Tab. 41).

Tab. 41: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Schlachtung von Rind, Schwein und Geflügel bezogen auf 1 kg Fleisch (berechnet nach STIEBING et al. 1981, GEMIS 3.1)

	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Rindfleisch	3,45	260,02	0,35
Schweinefleisch	4,15	306,17	0,42
Geflügelfleisch	3,80	283,10	0,39

Fleisch

Es wurden die in Tab. 42 aufgeführten Tierarten bilanziert, wobei sich Rindfleisch aus 1:1 Bullen- und Färsenfleisch zusammensetzt. Unter Mastgeflügel wurde die Erzeugung von Hähnchen, Pute und Puter jeweils 1:1:1 zusammengefaßt. Für Mastgeflügel konnte keine ökologische Variante berechnet werden. Dies hat seine Gründe darin, daß die Tiersterblichkeit in der Mastgeflügelproduktion sehr hoch ist und im konventionellen Betrieb üblicherweise durch Antibiotikagaben in der ersten Entwicklungszeit der Tiere überbrückt wird. Fehlen diese, so ist der Tierverlust so hoch, daß eine wirtschaftliche Produktion schwer möglich ist. Derzeit erfolgt die Rück- bzw. Neuzüchtung von Geflügelrassen, die geringere Anfälligkeit aufweisen, als die in der konventionellen Mast auf Fleischleistung gezüchteten Tiere geschieht, so daß zum Zeitpunkt der Erstellung der vorliegenden Arbeit keine nennenswerte ökologische Erzeugung in diesem Bereich zu verzeichnen ist und deshalb auch nicht bilanziert werden kann. Das Verfahren konventionell aufgezogenes Geflügel (bspw. Puten) zuzukaufen und dann bis zur Schlachtreife zu mästen wird hier nicht als ökologische Variante in Betracht gezogen, da es nicht den Kriterien des ökologischen Landbaus entspricht. Eine ähnliche Situation ergibt sich in der Fischzucht. Als Konsequenz hieraus werden die konventionellen Varianten bei der Bilanzierung beider Verzehrsvarianten (konventionell wie ökologisch) eingesetzt.

Fisch, Fischkonserven und Meeresfrüchte

In der Lebensmittelgruppe Fisch, Fischkonserven und Meeresfrüchte war lediglich die Bilanzierung von Zuchtforelle möglich. Aufgrund fehlender Referenzuntersuchungen wurde eine eigene Abschätzung getroffen (Klausch 1999). Aus Mangel an Daten und Veröffentlichungen zur Bilanzierung von Fisch, insbesondere Hochseefisch, fiel die Wahl auf die Bilanzierung der Forelle. Diese stellt den Referenzfisch für den Gesamtfischverzehr inklusive Meeresfrüchten dar. Da in den Ernährungserhebungen der beiden Studien (VWS und NVS) nicht zwischen Frischfisch und tiefgekühltem Fisch unterschieden wurde, wurde lediglich Frischfisch bilanziert. Weiterhin ist die Zuchtfischproduktion unüblich in der ökologischen Produktionsweise. Daher konnten weder entsprechende Futtermischungen noch Haltungsbedingungen ermittelt werden. Resultierend hieraus wurde lediglich die konventionelle Variante berechnet.

Tab. 42: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Fleischproduktion bezogen auf 1 kg Fleisch (berechnet nach GEMIS 3.1, ABEL 1996, ABEL 1997, ABEL 1998, Klausch 1999)

	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Rind ökol.	25,50	10161,01	113,73
Rind konv.	56,35	10693,58	92,13
Kalb ökol.	18,69	1326,35	20,86
Kalb konv.	51,41	4543,37	35,43
Kuh ökol. *	25,85	13761,17	100,15
Kuh konv. *	75,58	18549,34	117,27
Schwein ökol.	17,56	15134,21	45,48
Schwein konv.	31,66	3124,13	47,80
Mastgeflügel konv.	30,02	2921,50	25,82
Fisch konv.	15,60	1252,70	3,04

* ohne Schlachtung

Eier

Zur Eierproduktion wurden die Legehennen konventionell aus den Haltungsformen Käfig- und Volierenhaltung in der Zusammensetzung 90:10 nach Angaben aus BLV (1994) bilanziert. Für die Berechnung der Energie zur Herstellung der industriellen Futtermischungen in der konventionellen Produktionsweise wurden in Anlehnung an die Daten von ABEL (1998), 1 MJ Energieinput je 100 g Ei einberechnet. Die Haltungsformen der ökologischen Produktionsweise setzen sich aus 1:1:1 Boden-, Freiland- und Volierenhaltung zusammen (Tab. 43). Die Bilanz der Milchproduktion (Tab. 44) bezieht sich auf die Milchproduktion des landwirtschaftlichen Betriebes. Die Weiterverarbeitung durch die Molkerei (Pasteurisierung etc.) wird im folgenden Kapitel aufgeführt.

Tab. 43: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Eierproduktion bezogen auf 1 kg Ei (berechnet nach GEMIS 3.1, ABEL 1998, BLV 1994)

	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Ei konv.	24,98	2472,39	20,63
Ei ökol.	16,73	1627,47	20,18

Tab. 44: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Milchproduktion bezogen auf 1 kg Milch (berechnet nach GEMIS 3.1, ABEL 1998)

	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Milch konv.	2,18	610,65	3,98
Milch ökol.	0,74	538,09	3,92

5.3 Lebensmittelverarbeitung

In diesem Kapitel erfolgt die Bilanzierung der industriellen Produktion der verzehrten Lebensmittel nach den 17 Lebensmittelgruppen und den im vorangehenden Kapitel aufgeführten Lebensmitteln. Die Zusammenstellung der 17 Lebensmittelgruppen und die Bilanzen der Lebensmittel waren notwendigerweise vorangestellt, da sich die Bilanzierung der Lebensmittel nach diesen Gruppen richtet. Hierdurch ist einerseits die

Zusammensetzung der Lebensmittelgruppen als auch die Bewertung je Kilogramm Lebensmittel ersichtlich.

Brot und Backwaren

Zur Herstellung von Brot und Backwaren wurden die Prozesse Mühle und Bäckerei benötigt. Sie wurden nach der Veröffentlichung von LÖRCHER (1996) berechnet und mit Daten von SEIBEL UND SPICHER (1996) ergänzt um die verschiedenen Backprozesse (Brot, Knäcke, Kräcker etc.) differenzieren zu können (Tab. 45). Die Verluste, die durch den Mahlvorgang zu Vollkornmehl entstehen betragen 2 % des eingesetzten Getreides. In der vorliegenden Arbeit wird ausschließlich Vollkornmehl bewertet, um eine Berechnung der Allokation und dadurch Ungenauigkeiten in der Gesamtbilanz von Brot zu vermeiden.

Tab. 45: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Prozesse Mühle und Bäckerei bezogen auf 1kg Produkt (berechnet nach LÖRCHER 1996, SEIBEL UND SPICHER 1996, GEMIS 3.1)

Prozeß	Primärenergie (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Mühle	0,88	51,64	0,14
Bäckerei	3,15	290,07	0,41

Für Brot gibt LÖRCHER (1996) bei einer Einsatzmenge von 1 kg Mehl 1,4 kg Brotoutput an. Dieser Wert wurde für Brot und Brötchen angenommen. Für Knäcke und Kekse, die geringere Endwassergehalte haben, wurde eine Outputmenge von 1,1 kg aus Angaben des DEUTSCHEN LEBENSMITTELBUCHES (1994) ermittelt. Für Roggenbrot wurde ein Mischroggenbrot mit der Zusammensetzung 2:3 Weizen:Roggen angenommen, für Weizenbrot und Kekse 100 % Weizen, für Knäcke 1:1 Weizen:Roggen.

Bei den Verzehrsmengen der Knabberprodukte (ausschließlich von VWS erfaßt) fällt auf, daß der größte Anteil auf Salzgebäck, gefolgt von Käsegebäck, entfällt. Aus diesem Grund wurden die angegebenen Mengen mit dem Herstellungsverfahren „Kräcker“ von SEIBEL UND SPICHER (1996) verglichen. Es stellte sich heraus, daß die Energieaufwendungen denen der Brotherstellung entsprechen. Daher wurde diese Gruppe anhand der Backprozeßdaten von Brot berechnet. Ebenfalls wurden Brötchen mit diesen Daten berechnet. Für Knäcke ist der vierfache Energieeinsatz notwendig (SEIBEL UND SPICHER 1996), daher wurden die Daten aus Tab. 46 hierfür mit dem Faktor vier multipliziert. Für Kuchen werden 57 % des Backenergieeinsatzes von Brot, für Kekse

67 % benötigt (SEIBEL und SPICHER 1996). Dies wurde entsprechend in den Bilanzen berücksichtigt.

Pizza wurde lediglich in der VWS gesondert erfaßt. Es wurde für die nicht-vegetarische Variante der Pizza eine Zusammensetzung von Käse 15 %; Tomate und Zwiebel 36 %; Weizenmehl 36 % und Salami 13 % gewählt. Die vegetarische Variante wurde mit 15 % Käse, 49 % Tomate und Zwiebel, sowie 36 % Weizenmehl berechnet (HAARER UND MENNE 1992). Als Herstellungsverfahren wurde „Backen“ aus der Brotbilanz gewählt (Tab. 48). Für Kuchen aus Rühr-, Mürb-, Hefe- und Biskuitteig (Tab. 47) wurde eine Rezeptur anteilig aus Grundrezepten erstellt (Mehl 44 %, Zucker 14 %, Ei 13 %, Milchprodukte 29 % davon Butter 17 %, Milch 12 %). Für Torte wurde mit einer durchschnittlichen Zusammensetzung von Mehl 30 %, Zucker 9 %, Ei 11 % und Milchprodukten 50 % (davon Butter 33,5 %, Milch 66,5 %) berechnet. Kekse wurden in einer Zusammensetzung von Mehl 50 %, Zucker 25 % und Butter 25 % berechnet (HAARER UND MENNE 1992). Salzgebäck wurde, aufgrund der Ähnlichkeit der Herstellung, analog der Knäckebrotherstellung berechnet. Die Verwendung von Honig und Ursüße zum Ersatz von Zucker als Süßungsmittel, wurde aufgrund des geringen Anteils und des Fehlens von belastbaren Daten zur Herstellung alternativer Süßungsmittel in der gesamten Arbeit vernachlässigt, stattdessen wurde Zucker eingesetzt. Es wurde ausschließlich Weizenmehl einbezogen.

Tab. 46: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Brot, Knäckebrot, Salzgebäck und Keks bezogen auf 1 kg Produkt (berechnet nach LÖRCHER 1996, SEIBEL UND SPICHER 1996, HAARER UND MENNE 1992, GEMIS 3.1)

Variante Input	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Weizenbrot						
Weizen	1,47	167,18	0,75	1,01	73,50	0,54
Mühle	0,62	36,66	0,10	0,62	36,66	0,10
Bäckerei	3,95	290,07	0,41	3,95	290,07	0,41
Summe	6,04	493,91	1,26	5,58	400,23	1,04
Roggenbrot						
Weizen/Roggen	1,36	146,97	0,70	1,01	73,11	0,54
Mühle	0,62	36,66	0,10	0,62	36,66	0,10
Bäckerei	3,95	290,07	0,41	3,95	290,07	0,41
Summe	5,93	473,70	1,21	5,58	399,84	1,05
Knäckebrot						
Weizen/Roggen	1,77	192,48	0,91	1,29	93,69	0,69
Mühle	0,88	51,64	0,14	0,88	51,64	0,14

Tab. 46 (Forts.)

Variante	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Bäckerei	15,79	1160,27	1,63	15,79	1160,27	1,63
Summe	18,44	1404,39	2,68	17,96	1305,60	2,46
Salzgebäck						
Weizen	1,88	214,04	0,96	1,29	94,10	0,69
Mühle	0,88	51,64	0,14	0,88	51,64	0,14
Bäckerei	15,79	1160,27	1,63	15,79	1160,27	1,63
Summe	18,55	1425,95	2,73	17,96	1306,01	2,46
Keks						
Weizen	0,94	107,02	0,48	0,65	47,05	0,34
Mühle	0,44	25,82	0,07	0,44	25,82	0,07
Zucker	3,81	328,62	1,16	3,81	328,62	1,16
Butter	0,13	29,67	0,18	0,06	26,37	0,18
Bäckerei	2,65	194,34	0,27	2,65	194,34	0,27
Summe	7,96	685,47	2,16	7,60	622,20	2,03

Tab. 47: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Kuchen und Torte bezogen auf 1 kg Produkt (berechnet nach LÖRCHER 1996, SEIBEL UND SPICHER 1996, HAARER UND MENNE 1992, GEMIS 3.1)

Variante	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Kuchen						
Weizen	0,65	73,56	0,33	0,44	32,34	0,24
Mühle	0,39	22,72	0,06	0,39	22,72	0,06
Zucker	2,13	184,03	0,65	2,13	184,03	0,65
Bäckerei	2,25	165,34	0,23	2,25	165,34	0,23
Milch	0,25	57,84	0,36	0,12	51,41	0,35
Butter	0,09	20,17	0,12	0,04	17,93	0,12
Eier	3,25	321,41	2,68	2,18	211,57	2,62
Summe	9,00	845,07	4,44	7,56	685,34	4,28
Torte						
Weizen	0,44	50,15	0,23	0,30	22,05	0,16
Mühle	0,26	15,49	0,04	0,26	15,49	0,04
Zucker	1,37	118,30	0,42	1,37	118,30	0,42
Bäckerei	2,25	165,34	0,23	2,25	165,34	0,23
Milch	1,38	320,51	1,98	0,68	284,89	1,95
Butter	0,17	39,76	0,25	0,08	35,34	0,24
Eier	2,75	271,96	2,27	1,84	179,02	2,22
Summe	8,63	981,51	5,41	6,79	820,43	5,26

Tab. 48: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Pizza bezogen auf 1 kg Produkt (berechnet nach LÖRCHER 1996, SEIBEL UND SPICHER 1996, HAARER UND MENNE 1992, GEMIS 3.1)

Variante Input	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Pizza vegetarisch						
Weizen	0,53	60,19	0,27	0,36	26,46	0,19
Mühle	0,32	18,59	0,05	0,32	18,59	0,05
Käse	0,04	9,66	0,06	0,02	8,59	0,06
Tomate	7,29	670,99	1,42	1,70	159,92	0,34
Zwiebel	0,29	21,15	0,14	0,38	26,25	0,20
Bäckerei	2,75	271,96	2,27	1,84	179,02	2,22
Summe	11,22	1052,54	4,21	4,61	418,84	3,06
Pizza nicht-vegetarisch						
Weizen	0,53	60,19	0,27	0,36	26,46	0,19
Mühle	0,32	18,59	0,05	0,32	18,59	0,05
Käse	0,04	9,66	0,06	0,02	8,59	0,06
Tomate	5,36	492,97	1,04	1,25	117,49	0,25
Zwiebel	0,21	15,54	0,10	0,28	19,29	0,15
Salami	10,35	1311,45	8,98	7,08	836,74	7,48
Bäckerei	2,75	271,96	2,27	1,84	179,02	2,22
Summe	19,55	2180,36	12,78	11,14	1206,18	10,40

Getreideprodukte und Nahrungsmittel

In dieser Gruppe wurden Mehl, Grieß, Graupen und Stärkemehl wegen des vergleichbaren Herstellungsverfahrens in der Mühle zusammengefaßt als Mehl bilanziert. Haferflocken und Frühstückscerealien wurden ebenfalls aufgrund des vergleichbaren Herstellungsverfahrens gemeinsam nach Angaben von GANBMANN (1996) bilanziert. Es wird nach dieser Quelle von einer Ausbeute von 65 %, bezogen auf den Rohhafer, ausgegangen. Nudeln wurden nach ERNST-DE GROE (1996) berechnet. Die Verluste bei der Teigwarenproduktion sind nicht angegeben und werden daher für diese Arbeit auf 5 % geschätzt. Vollgetreide, Getreidekeimlinge und Sprossen wurden sämtlich als Weizengetreidekörner bilanziert.

Abweichend von den anderen Getreiden wird Reis mit einem Wassergehalt von 23 % geerntet und auf max. 14 % getrocknet (GARLOFF 1996). Deshalb wurde die Reistrocknung berechnet. Weiterhin wird Reis, ebenfalls abweichend zu den anderen Getreidesorten, üblicherweise in Reismühlen verarbeitet, bevor er in den Handel gelangt,

da die nach dem Drusch vorliegenden bespelzten Körner, der sog. Paddyreis, in diesem Zustand kaum genießbar sind (FRANKE 1997). Es wurde dementsprechend die Reismühle mitberechnet und der Anteil von unverwertbarem Braun- und Bruchreis abgezogen. Obwohl Bruchreis in einer Menge von 3-50 % (je nach Verkaufsprodukt) anfällt, wurde der Verlust mit 5 % berechnet, da er üblicherweise Speisereis mit niedriger Handelsklassifikation zugesetzt wird und letztlich doch dem menschlichen Verzehr gilt. Tab. 49 ist der Primärenergieeinsatz und die Emissionen der Herstellung von Getreideprodukten und Nahrungsmitteln zu entnehmen.

Tab. 49: Bilanz der Getreideprodukte und Nahrungsmittel, bezogen auf 1 kg Produkt (verändert nach LÖRCHER 1996, SEIBEL UND SPICHER 1996, HAARER UND MENNE 1992, GRANBMANN 1996, ERNST-DE GROE 1996, GEMIS 3.1)

Variante	Konventionell			Ökologisch		
	Input Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Weizenmehl						
Weizen	2,03	230,76	1,04	1,40	101,45	0,74
Mühle	0,88	51,64	0,14	0,88	51,64	0,14
Summe	2,91	282,40	1,18	2,27	153,09	0,88
Haferflocken						
Hafer	3,06	313,37	1,53	1,94	134,89	1,04
Verarbeitung	1,32	92,72	0,22	1,32	92,72	0,22
Summe	4,38	406,09	1,75	3,26	227,61	1,26
Vollgetreide						
Weizen	2,03	230,76	1,04	1,40	101,45	0,74
Reis						
Reis	4,83	5584,18	2,48	-	-	-
Verarbeitung	22,00	5641,76	7,69	-	-	-
Summe	26,82	11225,94	10,17	-	-	-
Teigwaren						
Weizen	1,88	214,04	0,96	1,29	94,10	0,69
Mühle	0,88	51,64	0,14	0,88	51,64	0,14
Verarbeitung	1,32	94,68	0,22	1,32	94,68	0,22
Summe	4,08	360,36	1,33	3,49	240,43	1,05

- keine ökologische Variante berechenbar

Kartoffeln und Kartoffelerzeugnisse

Die zu Pell- und Salzkartoffeln benötigten Kartoffeln sind den jeweiligen Lebensmittelbilanzen zu entnehmen und daher hier nicht extra aufgeführt. Die Zubereitungsart Garen wird in der Haushaltsphase erfaßt. Für die Kartoffelerzeugnisse wurde aufgrund

mangelnder Daten in diesem Bereich ein Verfahren gewählt, das den Kartoffelerzeugnissen am ehesten nahe kommt. Es wurde nach SCHEFFEL (1996) Kartoffelpüree bilanziert. Eine Ausbeute von 16 % wird angegeben und ist miteinberechnet. Die Bilanzergebnisse sind Tab. 50 zu entnehmen.

Tab. 50: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Kartoffelerzeugnisse bezogen auf 1 kg Produkt (berechnet nach SCHEFFEL 1996, GEMIS 3.1)

Variante	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Kartoffeln	10,33	870,42	4,98	10,88	686,56	5,32
Verarbeitung	20,01	1632,13	2,20	20,01	1632,13	2,20
Summe	30,34	2502,56	7,19	30,89	2318,69	7,53

Gemüse und Hülsenfrüchte

Unter den verarbeiteten Produkten in dieser Gruppe sind Sauerkraut, essigsauer eingelegtes Gemüse sowie Konservengemüse aufgeführt. Lediglich die NVS führt die Gruppe tiefgekühltes Gemüse auf. Da jedoch die Bilanzierung der Herstellung von Tiefkühlgemüse im Rahmen dieser Studie aufgrund fehlender Daten hierzu nicht durchgeführt wurde, wird dieser Posten dem Konservengemüse zugeordnet. Für die Berechnung des Tiefkühlgemüses der NVS wurde als Gemüsemischung zu gleichen Teilen einbezogen: Lauch, Sellerie, Spargel, Spinat, Tomaten, Blumenkohl, Broccoli, Rotkohl, Weißkohl, Zwiebeln, Rote Bete, Möhre.

Bei der Herstellung von Sauerkraut fällt Sauerkrautsaft an. Daher wurde hier die Allokation berücksichtigt (55:45 Kraut zu Saft). Die Zeile „Sauerkraut vor Allokation“ in Tab. 51 dient der Nachvollziehbarkeit. Verwendet wurden jedoch für die vorliegende Arbeit nur die Werte der Zeile „Sauerkraut nach Allokation“, die 55 % der Summe von „Sauerkraut vor Allokation“ betragen. Essigsauer eingelegtes Gemüse wurde ebenfalls nach SCHMIDT (1996) berechnet. Aufgrund mangelnder Daten und der Ähnlichkeit des Gurkenanbaus mit dem Tomatenanbau wurden die Daten des Tomatenanbaus für das Sauergemüse eingesetzt. Der Prozeß der Gemüsekonserverherstellung entspricht dem der Obstkonserver und ist daher hier nicht extra aufgeführt.

Tab. 51: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Sauerkraut und Sauergemüse bezogen auf 1 kg Produkt (berechnet nach SCHMIDT 1996, GEMIS 3.1)

Variante Input	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Sauerkraut vor Allokation						
Weißkohl	0,60	44,23	0,31	0,51	35,52	0,27
Verarbeitung	2,11	140,63	0,22	2,11	140,63	0,22
Summe	2,71	184,86	0,53	2,62	176,15	0,49
Sauerkraut nach Allokation						
Summe	1,49	101,67	0,29	1,44	96,88	0,27
Sauergemüse						
Gemüse	31,34	2883,87	6,09	7,29	687,33	1,45
Verarbeitung	0,32	21,09	0,03	0,32	21,09	0,03
Summe	31,65	2904,97	6,13	7,60	708,43	1,48

Sojaprodukte

Unter Sojaprodukte fallen Sojamilch, Tofu, Sojamehl u.a.. Für diese Arbeit wurde aufgrund des Fehlens detaillierter Untersuchungen der verschiedenen Herstellungsverfahren vereinfachend für sämtliche Produkte das Herstellungsverfahren von Sojamilch angenommen (Tab. 52). Dies scheint gerechtfertigt, da die Herstellungsverfahren für die beiden am häufigsten verzehrten Lebensmittel Sojamilch und Tofu sich bis auf einen Schritt ähneln, vorausgesetzt Tofu wird aus Sojamilch hergestellt (FANGAUF 1996). Die Ausbeute beträgt 5 kg Sojamilch je 100 kg Soja.

Tab. 52: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Sojaprodukten bezogen auf 1 kg Produkt (berechnet nach FANGAUF 1996, GEMIS 3.1)

Variante Input	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Soja	35,42	2,25	0,02	34,45	2,39	0,02
Verarbeitung	0,91	5263,98	20,82	0,91	5263,98	20,82
Summe	36,33	5266,23	20,84	35,36	5266,37	20,84

Obst und Obstprodukte

In dieser Lebensmittelgruppe wird zwischen Obst, Tiefkühlobst, Obstkompott und Trockenobst unterschieden. Wobei bei Obst von Frischobst ausgegangen wird, auf das hier nicht weiter eingegangen wird. Tiefkühlobst der NVS (in der VWS nicht erfaßt), wird dem Obstkompott zugerechnet, da keine Angaben über die Tiefkühlung einbezogen werden konnten. Die Naßkonserven der NVS werden dem Obstkompott der VWS gleichgesetzt. Der Obstkompott der VWS wurde zuungunsten der VWS als Konserven-dosenobst bilanziert, da keine Angaben über die Erhitzungsart aufgeführt waren. Die Konservenherstellung wurde nach KJER (1994) berechnet. Zur Berechnung der Obst-mischung von Obstkompott wurden Äpfel, Kirschen, Trauben, Zwetschgen sowie Erdbeeren eingesetzt. Für das Trockenobst wurde die gleiche Mischung, jedoch ohne Erdbeeren, die üblicherweise nicht als Trockenfrüchte verzehrt werden, berechnet (Tab. 53).

Tab. 53: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Obstkompott und Trockenobst bezogen auf 1 kg Produkt (berechnet nach KJER 1994, GEMIS 3.1)

Variante Input	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Trockenobst						
Obstmix	8,57	634,28	4,18	8,72	619,47	4,59
Verarbeitung	17,66	1704,23	6,89	17,66	1704,23	6,89
Summe	26,23	2338,51	11,07	26,38	2323,70	11,48
Obstkompott						
Obstmix	3,68	318,15	1,11	3,71	316,19	1,17
Verarbeitung	1,88	185,60	0,21	1,88	1,88	0,21
Summe	5,56	503,75	1,32	5,59	318,07	1,39

Nüsse und Samen

Die in der NVS angegebenen Schalenfrüchte wurden den Nüssen und Samen der VWS gleichgesetzt. Obwohl die VWS zwischen den Nußarten differenziert, war es nicht möglich, Daten zur Produktion von Nüssen zu ermitteln. Lediglich zum Anbau der Sonnenblume (und damit auch von Sonnenblumenkernen) konnten Angaben ermittelt werden. Aus diesem Grund wurde diese Bilanz auf die Gesamtverzehrsmengen beider Studien bezogen. Die Angaben entsprechen der Bilanz der Sonnenblumenkerne und sind daher hier nicht aufgeführt.

Milch und Milchprodukte

Für die Bilanzierung der Milch und Milchprodukte wurden die Daten der Umwelterklärung einer Molkerei eingesetzt (SCHEITZ 1997), die die gesamte Palette der in den Verzehrprotokollen enthaltenen Milchprodukte herstellt. Diese Quelle unterscheidet nicht die einzelnen Energieaufwände für unterschiedliche Produkte, sondern gibt nur die Summe der hierfür aufgewendeten Energie, sowie die Zusammensetzung der Produktpalette an. Aus diesem Grund mußte eine Allokation der einzelnen Produkte nach einem Kriterium erfolgen, daß den unterschiedlichen Energieeinsatz bei der Herstellung berücksichtigt. Dies und die Bilanzierung ist im nachfolgenden beschrieben.

Es wurde zunächst die Gesamtproduktion bilanziert (Tab. 54). Diese besteht einerseits aus der eingesetzten Milchmenge (konventionell und ökologisch produziert) inklusive einer Verlustrate von 16 % (SCHEITZ 1997) und andererseits aus dem gesamten Energieeinsatz der Molkerei.

Um den erhöhten Einsatz von Milch beispielsweise zur Käse- oder Buttergewinnung Rechnung zu tragen, erfolgte eine Allokation nach dem Preis der Produkte. Dieser spiegelt die wesentlich größere Menge an eingesetzter Milch für bestimmte Produkte wider. Der Preis entspricht somit einem Aufwandsfaktor, der den unterschiedlich hohen Milcheinsatz und damit Energieaufwand widerspiegelt. Der Preis oder Aufwandsfaktor für die Produkte wurde anhand einer Marktanalyse abgeschätzt.

Um nun den Anteil der Produkte an der Gesamtemission eines Jahres zu berechnen, muß sowohl die produzierte Menge, als auch der Aufwandsfaktor berücksichtigt werden (Tab. 55). Durch die Multiplikation beider Werte ergeben sich Faktoren („Anteil an Emissionen nicht normiert“), die es erlauben die Gesamtemissionen aufzuteilen und den einzelnen Produkten zuzuordnen. Hierzu müssen diese Faktoren auf 100 % normiert werden. Diese normierten Werte sind in der Spalte „Anteil an Emissionen mit Normierung auf 100 %“ zu finden (Rechenweg der Normierung: Summe der Faktoren entspricht 141,12; „Anteil an Emissionen normiert auf 100%“ = „Anteil an Emissionen nicht normiert“ / 1,4112).

Um die Emissionen für ein Kilogramm des jeweiligen Produktes zu berechnen, muß vom prozentualen Anteil des Produktes, auf ein Kilogramm des Produktes hochgerechnet werden. So beträgt der Anteil des produzierten Käses an der Gesamtproduktion 1 %. Für ein Kilogramm der Gesamtproduktion sind dies also nur 10 Gramm. Die hierfür

eingesetzte Energiemenge muß daher um den Faktor 100 erhöht werden. Ebenso wird mit den anderen Produkten verfahren.

Tab. 54: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Gesamtproduktion der Milchprodukte bezogen auf 1 kg Produkt (berechnet nach SCHEITZ 1997, GEMIS 3.1)

Variante	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Milch	2,60	727,16	4,74	0,88	640,76	4,66
Verarbeitung	0,76	50,40	0,06	0,76	50,40	0,06
Summe	3,36	777,56	4,79	1,64	691,16	4,72

Tab. 55: Allokation der Milchprodukte

	Gewicht (%)	Aufwandsfaktor (DM/kg)	Anteil an Emissionen nicht normiert	Anteil an Emissionen normiert auf 100%
Milch	87,1	1,00	87,10	61,98
Joghurt, Dickmilch, Kefir, sonst.	7,2	1,60	11,52	8,17
Sahne, Creme fraiche, Schmand, Kondensmilch	1,3	5,00	6,50	4,49
Käse	1,0	12,00	12,00	8,28
Quark	0,8	3,00	2,40	1,81
Butter	2,7	8,00	21,60	15,26

Tab. 56: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Milchprodukte bezogen auf 1 kg Produkt (berechnet nach SCHEITZ 1997, GEMIS 3.1)

Variante	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Milch	2,39	553,54	3,41	1,17	492,03	3,36
Joghurt, Dickmilch, Kefir, sonst.	3,82	885,66	5,46	1,87	787,24	5,38
Sahne, Creme fraiche, Schmand, Kondensmilch	11,94	2767,68	17,06	5,85	2460,14	16,80
Käse	28,66	6642,43	40,96	14,03	5904,33	40,33
Quark	7,17	1660,61	10,24	3,51	1476,08	10,08
Butter	19,11	4428,29	27,30	9,35	3936,22	26,89

Käse, Quark und Eier

Diese Gruppe besteht einerseits aus den Milchprodukten Käse und Quark, die in der vorangegangenen Lebensmittelgruppe mitbilanziert wurden, andererseits aus Eiern, deren Bilanz bereits erfolgte (Tab. 43). Daher sind die Ergebnisse hier nicht extra aufgeführt.

Fleisch, Fleischwaren und Wurst

Fleisch der Tierarten Rind, Schwein und Geflügel wurden bereits berechnet (Tab. 42). Wurst und Schinken wurden nach Angaben von NEUHÄUSER 1996, STIEBING et al. 1991 sowie PRÄNDL et al. 1988 bilanziert (Tab. 57). Die Wurst wird zu einem Mittelwert zusammengefaßt, der aus den drei Wurstarten: Brüh-, Koch- und Rohwurst zu gleichen Teilen besteht.

Tab. 57: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Fleisch, Fleischwaren und Wurst bezogen auf 1 kg Produkt (berechnet nach NEUHÄUSER 1996, STIEBING et al. 1981, PRÄNDL et al. 1988, GEMIS 3.1)

Variante Input	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Brühwurst	51,43	9101,31	65,36	25,01	5438,63	51,66
Kochwurst	47,26	6975,79	64,02	22,32	1823,13	46,40
Rohwurst	140,07	14187,18	77,91	116,04	12047,58	74,67
Wurst Mittelwert	79,59	10088,09	69,10	54,46	6436,45	57,58
Schinken	82,27	6425,55	52,99	68,14	4812,63	51,09

Fische und Meeresfrüchte

Für die Verarbeitung von Fisch zu Fischkonserven wurde mangels genauerer Daten das Herstellungsverfahren aus KJER et al. (1994) gewählt, das pauschal die Energieeinsätze der Konservenherstellung angibt (Tab. 58). Fisch wurde bereits bilanziert (Tab. 42). Da für Fisch, wie bereits beschrieben, keine ökologische Variante berechnet wird, ist an dieser Stelle nur die konventionelle Variante aufgeführt.

Tab. 58: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Fischkonserven, konventionelle Variante bezogen auf 1 kg Produkt (berechnet nach KJER et al. 1994, GEMIS 3.1)

	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Fisch	15,60	1252,70	3,04
Produktion	1,03	79,82	0,33
Summe	16,63	1332,52	3,37

Fette und Öle

In dieser Lebensmittelgruppe wurden Butter, Margarine, Speiseöl und tierische Fette verzehrt. Die Gruppe sonstige pflanzliche Fette wird analog der Margarine bilanziert. Tierische Fette werden entsprechend der Primärproduktion von Fleisch bilanziert, da z.B. Speck in der Menge des verzehrbaren Anteils nach der Schlachtung enthalten ist. Auf eine gesonderte Darstellung der Herstellung von Schmalz wurde verzichtet. Butter wurde unter der Lebensmittelgruppe Milchprodukte bilanziert und daher hier nicht aufgeführt. Aufgrund der gut dokumentierten Bilanz aus KALTSCHMITT UND REINHARDT (1997) für Rapsöl und aufgrund der Tatsache, daß Sonnenblumenöl lediglich in konventioneller Anbauweise bilanziert werden konnte, wird zum Zwecke der Bilanzierung lediglich Rapsöl in den beiden Anbauweisen bilanziert und als pflanzliches Öl eingesetzt. Dies scheint unter den Voraussetzungen, daß einerseits der Ertrag beim Raps- und Sonnenblumenanbau gleich hoch ist und andererseits die Emissionen sich im gleichen Bereich bewegen (Tab. 39) gerechtfertigt. Da das Extraktionsschrot der Ölpresse als Futtermittel in der Tierproduktion verwendet wird, erfolgt eine Allokation. Die Emissionen und Primärenergieeinsätze der Produktion sind Tab. 59 zu entnehmen. Die Allokation wird analog zu KALTSCHMITT UND REINHARDT (1997) nach dem Heizwert berechnet (Tab. 60). Danach entfallen 61 % des Heizwertes auf das Öl und 39 % auf das Extraktionsschrot.

Basierend auf der Bilanz von Rapsöl wird die Margarineherstellung berechnet. Margarine besteht nach BELITZ UND GROSCH (1995) zu 80 % aus Speiseöl und 20 % aus Wasser (der Anteil Emulgatoren wurde vernachlässigt). Die Bilanzierung des Wassers wurde vernachlässigt, ein Verlust von 5 % Öl wurde eingerechnet. Die Bilanzergebnisse sind Tab. 61 zu entnehmen.

Tab. 59: Primärenergieeinsatz und Emissionen im Prozeß Speiseölherstellung am Beispiel der Rapsölherstellung bezogen auf 1 kg Produkt (berechnet nach KALTSCHMITT UND REINHARDT 1997, GEMIS 3.1)

Variante	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Raps	3,87	419,38	1,88	2,35	164,00	1,27
Verarbeitung	2,14	121,36	0,18	2,14	121,36	0,18
Summe	6,01	540,74	2,07	4,49	285,36	1,45

Tab. 60: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Rapsöl und –schrot nach Allokation bezogen auf 1 kg Produkt (berechnet nach KALTSCHMITT UND REINHARDT 1997, GEMIS 3.1)

Variante	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Rapsöl	3,66	329,85	1,26	2,74	174,07	0,88
Schrot	2,34	210,89	0,81	1,75	111,29	0,57

Tab. 61: Primärenergieeinsatz und Emissionen im Prozeß Margarineherstellung bezogen auf 1 kg Produkt (berechnet nach KALTSCHMITT UND REINHARDT 1997, GEMIS 3.1)

Variante	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Öl	4,15	277,77	1,06	2,31	146,59	0,74
Verarbeitung	1,07	76,82	0,21	1,07	76,82	0,21
Summe	5,22	354,59	1,27	3,38	223,41	0,96

Suppen, Soßen, Dressing, Feinkostsalate, Fertigprodukte

Diese Lebensmittelgruppe wurde fast ausschließlich in der VWS extra erfaßt. Lediglich Mayonnaise wird in der NVS ausgewiesen. Um zu vermeiden, daß die Verzehrsmengen, die in der VWS den anderen Lebensmittelgruppen zugewiesen wurden, vernachlässigt werden, wurden Rezepte mit prozentualen Anteilen an typischen Suppenzutaten erstellt. Suppe ohne Fleisch wurde mit 18 % Gemüse, 2 % Fett, 4 % Karotte, 3 % Zwiebel sowie 73 % Wasser berechnet, wobei die Bilanzierung von Wasser in dieser und den folgenden

Rezepturen vernachlässigt wurde. Die Suppe mit Fleisch wurde mit 17 % Fleisch, 4 % Karotte, 4 % Zwiebel sowie 75 % Wasser berechnet. Für Soße wurde eine helle Grundsoße bestehend aus: 5 % Fett, 13 % Mehl sowie 82 % Wasser berechnet.

Eintopf wurde in der nicht-vegetarischen Variante mit 22 % Hülsenfrüchten (je zur Hälfte Bohnen und Erbsen), 22 % Kartoffeln, 5 % Zwiebeln, 7 % Fleisch sowie 44 % Wasser und in der vegetarischen mit 23 % Hülsenfrüchten (je zur Hälfte Bohnen und Erbsen), 23 % Kartoffeln, 7 % Zwiebeln sowie 47 % Wasser berechnet (HAARER UND MENNE 1992). Der Mayonnaiseanteil von Feinkostsalat wurde auf 17 % gesetzt. Der Fleischanteil bzw. Gemüseanteil von Feinkostsalat auf 83 %. Ketchup wurde mit 80 % Tomaten und 20 % Zucker nach ANDERSSON (1998) bilanziert, Grillsoße, und Tomatenmark wurden mangels genauerer Daten analog berechnet.

Der Ölanteil des Salatdressings (es wurden 50 % angenommen) wurde analog der Gruppe pflanzliche Öle berechnet, für den Essiganteil (50 %) wurde vereinfachend Apfelsaft eingesetzt. Mayonnaise ist eine „Öl in Wasser“ Emulsion. Die Bilanz wurde berechnet mit einem Anteil von 80 % Speiseöl, 10 % Ei und 10 % Essig (vereinfachend ersetzt durch Apfelsaft). Aufgrund mangelnder Daten über die Mayonnaiseherstellung wurden Daten der Margarineherstellung eingesetzt. Wegen der fehlenden Umesterung in der Produktion wurde 2/3 des Energiebedarfs der Margarineherstellung veranschlagt (Tab. 62).

Tab. 62: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Suppe, Eintopf, Feinkostsalat, Salatdressing und Mayonnaise bezogen auf 1 kg Produkt (berechnet nach KALTSCHMITT UND REINHARDT 1997, HAARER UND MENNE 1992, ANDERSEN 1996, GEMIS 3.1)

Variante Input	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Suppe ohne Fleisch						
Gemüse	0,25	19,90	0,13	0,25	20,66	0,14
Fett	0,01	2,37	0,01	0,01	2,11	0,01
Karotte	0,03	2,78	0,02	0,02	1,40	0,01
Zwiebel	0,04	2,59	0,02	0,05	3,21	0,02
Summe	0,33	27,65	0,18	0,32	27,38	0,19
Suppe mit Fleisch						
Wurstmix	13,53	1714,98	11,75	9,26	1094,20	9,79
Karotte	0,03	2,78	0,02	0,02	1,40	0,01
Zwiebel	0,05	3,45	0,02	0,06	4,29	0,03
Summe	13,61	1721,21	11,79	9,34	1099,88	9,83

Tab. 62 (Forts.)

Variante Input	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Eintopf ohne Fleisch						
Hülsenfrüchte	0,28	18,43	0,14	0,37	30,18	0,22
Kartoffeln	0,15	12,51	0,07	0,16	9,87	0,08
Zwiebel	0,08	6,04	0,04	0,11	7,50	0,06
Summe	0,51	36,98	0,26	0,64	47,55	0,35
Eintopf mit Fleisch						
Hülsenfrüchte	0,27	17,63	0,14	0,36	28,86	0,21
Kartoffeln	0,14	11,97	0,07	0,15	9,44	0,07
Zwiebel	0,06	4,32	0,03	0,08	5,36	0,04
Wurstmix	5,57	706,17	4,84	3,81	450,55	4,03
Summe	6,04	740,08	5,07	4,40	494,21	4,35
Soße						
Fett	0,19	40,26	0,15	0,33	21,24	0,11
Mehl	0,38	36,71	0,15	0,30	19,90	0,11
Summe	0,57	76,97	0,31	0,63	41,15	0,22
Feinkostsalat ohne Fleisch						
Mayonnaise	3,07	250,52	0,96	2,63	184,59	0,83
Gemüse	1,16	91,77	0,61	1,15	95,25	0,66
Summe	4,23	342,29	1,57	3,78	279,84	1,49
Feinkostsalat mit Fleisch						
Mayonnaise	3,07	250,52	0,96	2,63	184,59	0,83
Wurst	66,06	8373,12	57,35	45,20	5342,25	47,79
Summe	69,13	8623,64	58,31	47,83	5526,84	48,61
Salatdressing						
Öl	4,47	402,55	1,54	3,35	212,44	1,08
Apfelsaft	1,37	140,87	0,63	1,47	145,25	0,71
Summe	5,84	543,42	2,17	4,82	357,69	1,78
Mayonnaise						
Öl	7,15	644,09	2,46	5,35	339,90	1,73
Ei	2,50	247,24	2,06	1,67	162,75	2,02
Apfelsaft	0,27	28,17	0,13	0,29	29,05	0,14
Verarbeitung	8,15	554,15	0,97	8,15	554,15	0,97
Summe	18,07	1473,65	5,62	15,47	1085,85	4,85

Brotaufstriche

In dieser Gruppe wurde lediglich Marmelade (Tab. 63) bilanziert, obwohl die Daten der VWS eine weitere Differenzierung zugelassen hätten. Da jedoch Produktionsdaten zu Nüssen und Herstellung von Nußmusen nicht ermittelbar waren, wurde diese Gruppe der Marmelade hinzugerechnet. Für Marmelade wurde ein Anteil von 55 % Zucker und 45 % Frucht gewählt. Der Fruchtanteil wurde durch den Faktor 1,1607 nach oben korrigiert, um den Anteil Wasser auszugleichen, der während des Kochprozesses aus dem Obst entweicht (BELITZ UND GROSCH 1995). Primärproduktionsdaten für den Fruchtanteil wurden zu jeweils gleichen Teilen von Äpfeln, Zwetschgen, Kirschen und Erdbeeren (jeweils konventionell oder ökologisch) eingesetzt. Die Produktion wurde nach ANDERSEN (1996) berechnet.

Tab. 63: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Marmelade bezogen auf 1 kg Produkt (berechnet nach ANDERSEN 1996, GEMIS 3.1)

Variante	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Obst	0,94	69,19	0,47	0,95	68,17	0,50
Zucker	8,38	722,96	2,55	8,38	722,96	2,55
Verarbeitung	5,40	368,71	0,66	5,40	368,71	0,66
Summe	14,72	1160,85	3,67	14,73	1159,83	3,70

Süßungsmittel

Alternative Süßungsmittel, wie Ahornsirup, Dicksäfte oder Honig sowie Süßstoff konnten aus Datenmangel nicht bilanziert werden. Es wurden die Verzehrsmengen der gesamten Gruppe dem Zucker zugeordnet (Tab. 64). Angaben zum Energiebedarf der Zuckerherstellung aus Zuckerrüben wurden REINEFELD (1996) entnommen. Die Bilanzierung der Zuckerrübenproduktion erfolgte bereits (Tab. 33). Es konnte keine ökologische Variante des Zuckerrübenanbaus aus LBL (1998) oder aus Veröffentlichungen des KTBL ermittelt werden, daher wird die konventionelle Variante für beide Ernährungsweisen verwendet.

Bei der Zuckerherstellung fallen Melasse sowie Zuckerrübenschnitzel an. Beide werden zur Tierfütterung verwendet und werden daher mitbilanziert. Es erfolgt eine Allokation nach Masse, wobei 6 % der Zuckerherstellung der Melasse und 11 % den Zuckerrübenschnitzeln zugerechnet werden. Für letztere wurde weiterhin noch die

Trocknung berechnet, da sie, wegen zu schnellem Verderb, nicht so wie die Melasse direkt verwendet werden können. Die unter „Summe mit Allokation“ angegebenen Werte bei Raffinadezucker sind demnach um 17 % geringer, als diejenigen von „Summe ohne Allokation“. Die Werte von Melasse betragen 6 %, die Werte der Rübenschnitzel 11 % der „Summe ohne Allokation“.

Tab. 64: Primärenergieeinsatz und Emissionen im Prozeß Zuckerherstellung bezogen auf 1 kg Produkt (berechnet nach REINEFELD 1996, GEMIS 3.1)

Input	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Raffinadezucker			
Zuckerrüben	1,98	177,26	1,05
Raffinerie	16,38	1406,44	4,53
Summe ohne Allokation	18,36	1583,69	5,58
Summe mit Allokation	15,24	1314,46	4,63
Melasse	1,10	95,02	0,33
Rübenschnitzel			
Zuckerrüben	2,02	174,21	0,61
Trocknung	6,83	548,40	1,45
Summe	8,85	722,61	2,07

Süßspeisen

In Anlehnung an BELITZ UND GROSCH (1995) wurde eine typische Zusammensetzung von Speiseeis ermittelt. Diese besteht aus 16 % Zucker, 21 % Milch und Sahne, 63 % Wasser. Ein durchschnittlicher Herstellungsaufwand konnte nach DIESTEL (1996) ermittelt werden. Da Milch in zwei Landbauvarianten ermittelt wurde, können zwei Eisvarianten (konventionell, ökologisch) angegeben werden. Zuckerwaren wurden nach dem Herstellungsverfahren von Hartkaramellen (ANDERSEN 1996) bilanziert. Es wurde vereinfachend eine Zusammensetzung von 100 % Zucker angenommen. Da Zucker lediglich in der konventionellen Variante bilanziert wurde, kann bei diesen nur diese Variante berechnet werden (Tab. 65).

Tab. 65: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Süßwaren bezogen auf 1 kg Produkt
(berechnet nach ANDERSEN 1996, DIESTEL 1996, GEMIS 3.1)

Variante	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Eis						
Milch	0,46	106,54	0,66	0,23	94,70	0,65
Zucker	2,57	221,38	0,78	2,57	221,38	0,78
Verarbeitung	5,28	351,58	540,00	5,28	351,58	540,00
Summe	8,31	679,50	541,44	8,07	667,66	541,43
Hartkaramellen						
Zucker	16,04	1383,65	4,87	-	-	-
Verarbeitung	2,25	149,62	0,23	-	-	-
Summe	18,29	1533,26	5,10	-	-	-

- keine ökologische Variante berechenbar

Getränke

Für Obst- und Gemüsesäfte wurde die Unterteilung in Säfte und Nektare/Fruchtsaftgetränke gewählt. Für Fruchtnektare sind bis zu 50 % Fruchtsaftanteil und für Fruchtsaftgetränke bis zu 30 % gesetzlich festgelegt (BELITZ UND GROSCH 1995, FRUCHTNEKTARVERORDNUNG 1982), diese werden, sowie der Zuckeranteil von 20 % bilanziert. Da die Verbrauchsanteile an Fruchtnektaren und Fruchtsaftgetränken in den Ernährungsstudien nicht dokumentiert sind, wurde von einer Verbrauchsverteilung von 55 % Fruchtnektar und 45 % Fruchtsaft, ermittelt nach FRIEDEL (1998), ausgegangen. Zusammengefaßt ergibt sich demnach ein Wert von 41 % Saftanteil je kg Fruchtnektar/Fruchtsaft.

Es wurden jeweils übliche Obst- und Gemüsemischungen, ausgehend von Daten des VDF (1997) über die meistverkauften Saftarten (und dadurch Obst und Gemüsesorten) bilanziert. Die gewählte Verteilung der Saftarten aus Obst beträgt: Apfelsaft 52,5 %, Orangensaft 42,6 % sowie Traubensaft 4,9 % für Saft. Für Gemüsesaft wurden Anteile von 50 % Tomaten und 50 % sonstige Gemüse gewählt, wobei unter sonstige Gemüse zu gleichen Teilen die Säfte von Karotte, Rote-Bete, Sellerie und Sauerkraut eingehen. Für Multivitaminsaft wurde die Verteilung 70 % Zitrusfrüchte, exotische Früchte, 25 % Kernobst, 5 % Trauben gewählt. Hierbei werden Zitrusfrüchte als Orangen- und Kernobst als Apfelsaft bilanziert. Für Tomatensaft beider Varianten wurden Tomaten allein aus Freilandanbau eingesetzt, da Saftbetriebe Kampagnebetriebe sind, die aus ökonomischen Gründen die Freilandtomaten in der Erntezeit zu günstigen Preisen einkaufen und

versaften. Die in Tab. 66 angegebenen Limonaden bestehen üblicherweise aus Wasser, Aromastoffen, Genußsäuren (Zitronensäure, Milchsäure u.a.) und Zucker. Limonaden mit Fruchtanteil enthalten einen Fruchtsaftanteil von mindestens 3 % bis maximal 15 % (DEUTSCHES LEBENSMITTELBUCH 1994). Es wurde eine Referenzlimonade mit der Zusammensetzung 15 % Fruchtsaft und 20 % Zucker (Rest Wasser) und einem in dieser Studie vernachlässigten Anteil von Aromastoffen gewählt. Aus Mangel an Daten zu Zuckerersatzstoffen wurden die kalorienreduzierten Limonaden wie zuckerhaltige behandelt. Ebenfalls wurde der Zusatz an Koffein in der Bilanzierung vernachlässigt. Es wurde der maximale Fruchtsaftanteil gewählt, weil die anderen Zusatzstoffe mangels Datenverfügbarkeit vernachlässigt werden mußten.

Die Kaffeeröstung wurde nach GARLOFF et al.(1996) berechnet. Daten zur Teeproduktion waren nicht ermittelbar. Daher wurde die Menge an Energie auf $\frac{1}{4}$ der Energie der Kaffeeherstellung festgesetzt. Dies scheint gerechtfertigt, da die Fermentation bei geringer Wärmezufuhr (etwa 50 °C) und die Trocknung ebenfalls bei – in Relation zur Kaffeeröstung – geringen Temperaturen (etwa 80 °C bei Tee im Vergleich zu etwa 200°C bei Kaffee) erfolgt (BELITZ UND GROSCH 1995). Daten zum Anbau von Tee oder Kaffee waren nicht verfügbar. Als exotische Plantagengewächse sind sie in dem hier bilanzierten System am ehesten den Orangen zuzuordnen, die Zuordnung wurde dementsprechend gewählt. Die Posten Kaffee-Ersatz und Kräutertee wurden analog dem Tee bilanziert.

Bei den Alkoholika werden Bier, Wein und Sekt sowie Spirituosen unterschieden. Es wird Bier repräsentativ für die anderen Getränke dieser Gruppe bilanziert (DORTMUNDER BRAU UNION 1997). Es wurden für Hopfen mangels Anbaudaten die Daten von Winterweizen (konventionell und ökologisch) eingesetzt. Malz wurde mit den Anbaudaten von Gerste (konventionell und ökologisch) berechnet. Für Wein und Sekt wurden, aufgrund des Fehlens von genaueren Daten diejenigen der Saffherstellung verwendet (Traubensaft). Die Herstellung von Spirituosen wurde nach MISSELHORN (1996) und NORDHAUSEN (1997) ermittelt. Es wurde vereinfachend davon ausgegangen, daß lediglich aus Weizen (konventionell) destilliert wurde (zu Kornfeindestillat). Die Bilanz der Verarbeitung von Kornfeindestillat ist aufgrund der Übersichtlichkeit nicht in Tab. 66 aufgeführt (die Angaben dort enthalten den Input von Weizen und dessen Verarbeitung bereits aufsummiert). Daher soll sie an dieser Stelle zum Zwecke der Vollständigkeit erwähnt werden. Die Verarbeitung allein beträgt für den Primärenergieeinsatz 12,58 MJ/kg, für die CO₂- und SO₂-Äquivalente 849,05 g/l und 0,78 g/l.

Für Leitungswasser wurde keine Herstellungsenergie berechnet. Mineralwasser wurde nach SPIELMANN (1997) berechnet, da außer der Herstellungsenergie kein Input berechnet wurde, ist nur der Prozeß an sich angegeben, eine Aufsummierung entfällt hierdurch.

Tab. 66: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Getränken bezogen auf 1 kg Produkt (berechnet nach SPIELMANN 1997, MISSELHORN 1996, NORDHAUSEN 1997, DORTMUNDER BRAU UNION 1997, GARLOFF et al. 1996, GEMIS 3.1)

Variante	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Obstsaft						
Obstmix	2,92	205,75	1,53	3,02	209,38	1,61
Verarbeitung	1,71	204,89	0,76	1,71	204,89	0,76
Summe	4,63	410,65	2,29	4,73	414,27	2,37
Multivitaminsaft						
Obstmix	4,03	281,85	2,14	4,08	283,11	2,18
Verarbeitung	1,71	204,89	0,76	1,71	204,89	0,76
Summe	5,74	486,89	2,09	5,79	488,15	2,95
Gemüsesaft						
Gemüsemix	0,73	89,87	0,39	0,37	48,85	0,24
Verarbeitung	3,23	333,07	0,40	3,32	333,07	0,40
Summe	4,02	427,46	0,82	3,65	385,58	0,66
Fruchtsaftgetränk, Nektar						
Obstsaft	1,90	168,36	0,94	1,94	169,85	0,97
Zucker	3,05	262,89	0,93	3,05	262,89	0,93
Summe	4,94	431,26	1,86	4,99	432,74	1,90
Multivitaminnektar						
Obstsaft	2,87	243,44	1,45	2,89	244,07	1,47
Zucker	3,05	262,89	0,93	3,05	262,89	0,93
Summe	5,92	506,34	2,38	5,94	506,97	2,40
Diätnektar – fruchtsaftgetränk						
Obstsaft	1,90	168,36	0,94	1,94	169,85	0,97
Zucker	1,83	157,74	0,56	1,83	157,74	0,56
Summe	3,73	326,10	1,49	3,77	327,59	1,53
Limonade						
Fruchtsaft	0,69	61,60	0,34	0,71	62,14	0,36
Zucker	3,05	262,89	0,93	3,05	262,89	0,93
Summe	3,74	324,49	1,27	3,76	325,03	1,28
Wein, Sekt						
Traubensaft	4,81	431,50	2,25	4,72	412,81	2,39
Bier						
Malz	0,77	69,96	0,31	0,67	51,52	0,27
Hopfen	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00
Verarbeitung	44,50	3839,58	14,65	44,50	3839,58	14,65
Summe	45,27	3909,56	14,96	45,18	3891,12	14,92

Tab. 66 (Forts.)

Variante Input	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Spirituosen						
Weizen	0,28	0,03	0,14	0,19	0,01	0,10
Kornfeindestillat	15,66	1300,21	3,34	15,66	1300,21	3,34
Verarbeitung	2,52	1472,03	3,54	2,52	1136,61	2,78
Summe	18,46	2772,27	7,03	18,37	2436,84	6,22
Mineralwasser						
Verarbeitung	0,68	45,28	0,05	-	-	-
Kaffee						
Anbau	2,03	230,76	1,04	-	-	-
Verarbeitung	1,51	126,05	0,45	-	-	-
Summe	3,54	356,81	1,48	-	-	-
Tee						
Anbau	2,03	230,76	1,04	-	-	-
Verarbeitung	0,38	31,51	0,11	-	-	-
Summe	2,41	262,27	1,15	-	-	-

- keine ökologische Variante berechenbar

Es werden im folgenden beispielhaft die Primärenergiewerte verschiedener Prozesse der industriellen Verarbeitung aufgeführt. Die weiteren Indikatoren verhalten sich proportional, da es sich lediglich um Prozesse der Energieumwandlung handelt. Von den untersuchten Prozessen stellt die Bierherstellung den größten Beitrag. Es entfallen, bezogen auf den Primärenergieeinsatz, etwa 45 MJ auf ein Kilogramm Produkt (Bier). Danach folgen die Kartoffelpüreeherstellung, Obsttrocknung und Knäckebrotherstellung mit jeweils etwa 20 MJ/kg Produkt.

Diesen Prozessen ist gemeinsam, daß jeweils das in den Produkten enthaltene Wasser zum großen Teil verdunstet werden muß, dadurch muß einerseits Energie zur Wasserverdunstung eingesetzt werden, andererseits sinkt die Ausbeute an Produkt. Hierdurch wird die ungünstige Bilanz in der Bierproduktion verständlich, da diese eine Reihe von Erhitzungs- und Verdampfungsprozessen kombiniert. Die Margarineherstellung liegt bei etwa 10 MJ/kg Produkt, die Marmeladeherstellung bei etwa 5 MJ/kg Produkt, die Konservenherstellung folgt mit etwa 2 MJ/kg, womit diese Produkte bezogen auf den Primärenergieeinsatz im unteren Bereich liegen.

5.4 Lebensmittelverpackungen im Ernährungssystem

5.4.1 Verpackungsaufkommen im Lebensmittelsektor

Um die Relevanz der Verpackung im Lebensmittelbereich beurteilen zu können, ist zunächst eine Grobabschätzung für den Bereich Ernährung erforderlich. Hierbei ist zu beachten, daß strenggenommen nicht nur die Endverpackungen der Lebensmittel, sondern auch sämtliche Vor- und Zwischenverpackungen mit einbezogen werden müßten. Es konnten jedoch keine statistischen Angaben über diese Verpackungen ermittelt werden. Sie fallen in den jeweiligen Zwischenverarbeitungsbetrieben an und wären dort direkt zu bilanzieren. Dies würde eine repräsentative Befragung der lebensmittelverarbeitenden Betriebe erfordern, die im Rahmen dieser Arbeit nicht erfolgte.

Eine Analyse der Literatur zum Thema Verpackung ergab, daß statistisch keine Daten über den Anteil der Lebensmittelverpackungen in Deutschland direkt ausgewiesen werden. Eine Untersuchung von UTZ et al. (1991) gibt die Menge der Verpackungen, zusammengesetzt aus Nahrungs- und Genußmittelverpackungen an. Die Autoren weisen jedoch daraufhin, daß in ihren Berechnungen aufgrund der Summierung unterschiedlicher Maßeinheiten der Statistiken in diesem Bereich (Tonnen und Liter) der Fehler entsprechend groß ist. Die Umrechnung der in UTZ et al. (1991) angegebenen Mengen auf Nahrungsmittelverpackungen ergab 5,4 Mio. t für Deutschland (bezogen auf die alten Bundesländer). Pro Person sind dies 90 kg Lebensmittelverpackung jährlich. In Kjer et al. (1994) wurde eine Grobabschätzung vorgenommen, es werden in dieser Studie jedoch keine Angaben zur Vorgehensweise der Analyse und zur Ermittlung der Menge und Zusammensetzung der Verpackung gemacht. Eine Analyse von Sturm (1992), vergleicht die drei Verpackungssysteme Tetrabrik, Mehrweg- und Einwegglas. Ergebnis ist eine Punktbewertung von sehr gut bis sehr schlecht, wobei als bestes Verpackungssystem Tetrabrik gefolgt von Mehrweg- und Einwegglas hervorgeht.

Auf internationaler Ebene bietet KOK et al. (1993) eine Gesamtabeschätzung des Primärenergieeinsatzes von Nahrungsmitteln. Im Rahmen eines Energie-Analyse-Programmes der Niederlande wurde jeweils der Verpackungsanteil einzelner Lebensmittel ermittelt. Hier wird im Unterschied zu KJER et al. (1994) zwar die Menge und Art der Verpackung angegeben, jedoch lediglich bezogen auf den Primärenergieeinsatz je Verpackung pro kg Lebensmittel. Diese Daten erlauben keine direkte Übertragung auf deutsche Verhältnisse,

da die Primärenergie bezogen auf die Niederlande berechnet wurde. Lediglich die Angabe der Endenergie hätte eine Rückrechnung auf deutsche Verhältnisse ermöglicht. Diese war jedoch nicht in der Studie enthalten. Weiterhin ist auch die Art der Verpackung für eine detailliertere Betrachtung, insbesondere den Unterschied zwischen eher ökologischen und eher konventionellen Verpackungen, nicht geeignet. Da hierfür beispielsweise Recyclingpapier mit gebleichtem Papier verglichen werden muß. KOK et al. (1993) geben jedoch nur „Papier“ als Material an. Das gleiche gilt für Kunststoffe, die nicht in einzelne Untergruppen unterteilt wurden wie PE, PP, PET. Es wurde lediglich „Kunststoff“ angegeben.

Nach mehrmaliger Überarbeitung enthält die BUWAL Studie, die 1998 publiziert wurde, die aktuellsten und umfangreichsten Daten zu Verpackungen. Daher wurde eine eigene Analyse basierend auf BUWAL (1998) und GEMIS 3.1 erstellt.

5.4.2 Verpackung der Lebensmittel

Zur Berechnung der für die Ernährungsweisen notwendigen Endverpackungen wurden eigene Untersuchungen durchgeführt. Hierzu wurden zunächst Verpackungen aus dem konventionellen und dem ökologischen Verkauf gesammelt, abgewogen und den Lebensmittelgruppen zugeordnet. Weiterhin wurden übliche Verpackungsmengen festgesetzt, da die Protokolle keine Auskunft darüber gaben, ob beispielsweise ein Apfel mit einer Tüte oder fünf Äpfel mit einer Tüte verpackt wurden. Es wurde von handelsüblichen Füllmengen ausgegangen (1kg Tüte für 1kg Lebensmittel). Für den ökologischen Bereich war es einfacher Standardverpackungen zu ermitteln, als für den konventionellen, da bei letzterem zahlreiche Verpackungsvarianten für ein Lebensmittel verwendet wurden. Auch die Füllmengen differierten in letzterem mehr. Daher wurde von der üblichsten Verpackung ausgegangen und Varianten, insbesondere aufwendige Geschenkverpackungen (z.B. Pralinen), vernachlässigt.

Datenbasis der Untersuchung war die Studie des BUWAL (1998), in der sämtliche marktüblichen Verpackungen bilanziert wurden. Diese Daten wurden auf die besonderen Belange der Lebensmittelverpackungen hin angepaßt. D.h. es wurden die Daten der Primärproduktion der Verpackungsgrundstoffe (z.B. Papier, Stahl oder Aluminium) mit den Daten der Verarbeitung (z.B. Tüten- oder Dosenherstellung) entsprechend den ermittelten Verpackungsarten verknüpft. Da die Verarbeitungsdaten nur in der Form der Endenergieträger angegeben waren, wurden diese anhand der bereits beschriebenen Vorgehensweise auf die Primärenergie bezogen. Die CO₂- und SO₂-Äquivalenzwerte wurden ebenfalls anhand der beschriebenen Äquivalenzfaktoren und unter Verwendung von GEMIS 3.1 berechnet (Tab. 2).

Die sich hieraus ergebenden Inventare für Lebensmittelverpackungen sind Tab. 67 bis Tab. 70 zu entnehmen. Die Emissionen der Verpackungen bezogen auf eine Person pro Jahr ergibt sich aus der Verknüpfung der Inventare mit den ermittelten Verpackungsmengen und –arten. Sie erfolgt im Kap. 6.2 Verpackung.

Tab. 67: Primärenergieeinsatz und Emissionen für Papier, Karton und beschichtetes Papier und beschichteten Karton bezogen auf 1 t Packstoff (berechnet nach BUWAL 1998, GEMIS 3.1)

Verpackungsart	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Kraftpapier, gebleicht (Tüten)	58807,11	1143029,34	7655,94
Kraftpapier, gebleicht (Etikette)	54950,00	963437,00	7188,28
Recyclingpapier ohne Deinking (Tüten)	14549,38	794111,82	1609,86
Recyclingpapier mit Deinking (Tüten)	25446,29	560270,58	4894,13
Kraftpapier/Aluminium	102019,23	3955237,44	28569,71
Kraftpapier/PE	54257,84	1551320,81	9572,74
Zellstoffkarton	58017,01	981537,07	8373,56
Liquid Packaging Board/PE mit Kartonverarbeitung	46713,62	1528029,90	8739,76
Liquid Packaging Board/PE/Aluminium mit Kartonverarbeitung	56692,09	1951120,40	11472,55

Tab. 68: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Kunststoffverpackungen bezogen auf 1 t Packstoff (berechnet nach BUWAL 1998, GEMIS 3.1)

Verpackungsart	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
PP-Folie	40821,79	2419169,51	19183,64
PE-Folie	46737,79	2844400,37	15835,92
PE-Schlauchfolie	43350,28	2623118,31	15662,06
PS-Becher	55242,60	3814242,58	20941,20
PP-Becher	47502,60	2854797,58	19554,25
PE-Becher	53302,60	3271690,58	16272,17
PS-Schaumstoff	106799,41	9150145,03	64480,89
PET-Flasche	74741,92	4750980,87	43543,81

Tab. 69: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Metallverpackungen bezogen auf 1 t Packstoff (berechnet nach BUWAL 1998, GEMIS 3.1)

Verpackungsart	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Weißblechdosen 1l ^a	39952,13	3602885,51	10365,32
Weißblechdosen 1/2l ^a	39908,89	3607324,09	10324,80
ECCS-Stahl-Verschlüsse	43484,02	3812949,23	11917,09
Aluminiumdosen 85% ^b	44643,87	2033932,34	15129,05
Aluminiumverpackung 25% ^b	140643,87	6205085,84	50474,00
Aluminiumfolie	193190,00	8612167,00	69085,50

a Füllgut

b Recyclinganteil

Tab. 70: Primärenergieeinsatz und Emissionen von Glasverpackungen bezogen auf 1 t Packstoff (berechnet nach BUWAL 1998, GEMIS 3.1)

Verpackungsart	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Glas, weiß	12730,00	765033,40	4438,57
Glas, braun	12920,00	780534,30	3603,14
Glas, grün	11170,00	595879,80	2921,47

Zur Erläuterung der Ergebnisse werden im folgenden Unterschiede anhand der Primärenergie dargestellt, die Äquivalenzwerte verhalten sich entsprechend. Bei der Verpackung fallen zunächst die hohen Werte, bezogen auf ein Kilogramm Verpackung, auf. Die höchsten Werte verursacht die Aluminiumfolie mit etwa 190 MJ/kg. Ebenfalls hohe Werte entstehen für Verpackungen, die Aluminium enthalten z.B. Mischverpackungen wie Kraftpapier/Aluminium mit 102 MJ/kg. Im gleichen Bereich befinden sich die geschäumten Verpackungen aus PS-Schaumstoff mit etwa 107 MJ/kg. Im Bereich von etwa 40-60 MJ/kg befinden sich Folien und Becher aus PP, PE und PS, weiterhin die Weißblechdosen und Dosen aus Aluminium mit hohem Recyclinganteil sowie Kraftpapier. Im Bereich von 10-30 MJ/kg sind Verpackungen aus Glas und Recyclingpapier zu finden.

Aus dieser Aufstellung ist ersichtlich, daß Verpackungen mit geringem Primärenergieeinsatz je Kilogramm Verpackungsmaterial tendenziell günstiger ausfallen. Zur Verpackung von Lebensmitteln müssen jedoch unterschiedliche Mengen an Packstoff eingesetzt werden und hierdurch können zunächst günstig erscheinende Packstoffe letztlich schlechtere Emissionswerte aufweisen, als Packstoffe, die bezogen auf ein Kilogramm zunächst schlechtere Werte aufweisen (vgl. Kap. 5.4.1 Verpackung).

5.5 Lebensmitteltransporte im Ernährungssystem

Im folgenden wird zunächst das Transportaufkommen im Lebensmittelsektor behandelt, nachfolgend werden die Bilanzen für die Berechnung des Transportes in der vorliegenden Arbeit erörtert. Obwohl die Entwicklung der sektorenspezifischen deutschen CO₂-Gesamtemissionen von 1990-1996 rückläufig war, stiegen während dieser Zeit die durch den Verkehr hervorgerufenen Emissionen (UBA und STATISTISCHES BUNDESAMT 1998).

Als Gründe sind die Entwicklung Deutschlands als Transitland seit 1990, sinkende Fertigungstiefe in Deutschland bei gleichzeitiger Auslagerung der Fertigungsschritte in Länder mit geringeren Löhnen sowie das Entstehen spezialisierter Zulieferbetriebe zu nennen. Speziell im Ernährungssektor ist ein zunehmender Konzentrationsprozeß zu verzeichnen, der mit einer Erhöhung der Lebensmitteltransporte einhergeht. So sank beispielsweise die Anzahl der Molkereibetriebe in den alten Bundesländern von 1973-1994 von 1024 auf 353 bei einer Zunahme der verarbeiteten Milch im gleichen Zeitraum von 24800 t auf 79400 t, die Entwicklung in den neuen Bundesländern verläuft seit der Wiedervereinigung ähnlich (BMELF 1996).

Transportkettenanalysen, wie beispielhaft von BÖGE (1993) für die Milchprodukte Erdbeerjoghurt (Varianten 150 g und 500 g) sowie Schokoladepudding einer ausgewählten Produktionsfirma durchgeführt, tragen dazu bei, den Transportaufwand je Lebensmittel zu ermitteln. Die Analyse ergab 38 tkm für den Erdbeerjoghurt im 150 g Becher, 24 tkm für den Erdbeerjoghurt in der 500 g Verpackung sowie 85 tkm für den Schokopudding im 125 g Becher. Eine solche zeitaufwendige Analyse der Transportkette anhand konkreter Beispiele in direkter Zusammenarbeit mit einer lebensmittelverarbeitenden Firma war im Rahmen dieser Arbeit für das gesamte Ernährungssystem nicht durchführbar. Deshalb wurde eine umfassende statistische Analyse angefertigt, die eine Zuordnung der Lebensmittel zu deren durchschnittlichen Transportaufwand erlaubt. Eine ähnliche Analyse wurde von KJER et al. (1994) für das Basisjahr 1991 durchgeführt.

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Berechnungen auf das Basisjahr 1996 bezogen, da davon ausgegangen wurde, daß sich für Deutschland, in den neuen Grenzen seit 1990, das Transportaufkommen verändert hat. Da die auf den Straßengüterverkehr bezogenen Statistiken seit 1994 nicht mehr, wie davor üblich, umfassend und einheitlich vom Statistischen Bundesamt veröffentlicht werden (BGL 1997), war es notwendig unterschiedliche Quellen zur Berechnung heranzuziehen. Sie werden im folgenden erläutert.

Datenbasis der statistischen Analyse des Ernährungssystems

Zur Analyse der Transportvorgänge im Ernährungssystem wurde auf die bereinigte Statistik „Verkehr in Zahlen“ (BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR 1991, 1994, 1995, 1997) zurückgegriffen. Zur genaueren Analyse der Gütergruppen wurden die jeweiligen Fachserien bzw. straßenverkehrsbezogene Daten aus den statistischen Mitteilungen des Kraftfahrtbundesamtes und des Bundesamtes für Güterkraftverkehr herangezogen (BAG und KBA 1997, BGL 1997, STATISTISCHES BUNDESAMT 1997a, STATISTISCHES BUNDESAMT 1997b, STATISTISCHES BUNDESAMT 1997c, STATISTISCHES BUNDESAMT 1997d). Ebenfalls wurde auf die Außenhandelsstatistik zurückgegriffen (STATISTISCHES BUNDESAMT 1997e).

Die Transportleistung kann auf unterschiedliche Weise erfaßt werden, entweder als Transportleistung (Maßeinheit km), als Güterverkehrsaufkommen (Maßeinheit t) oder als Produkt der beiden als Güterverkehrsleistung (Maßeinheit tkm). Letztere eignet sich am besten zur Darstellung der Mengen und Entfernungen der im Ernährungssystem transportierten Güter. Daher erfaßte die eigene statistische Analyse die Transporte als tonnen-

kilometrische Leistung, um aus ihr die klimarelevanten Emissionen ermitteln zu können. Die Analyse erfolgte für die Bezugsräume Inland, Europa und Übersee.

Darstellung des Transportaufkommens des gesamten Ernährungssektors

Es wurden tonnenkilometrische Leistungen des Schienenverkehrs, Straßenverkehrs und der Binnenschifffahrt ermittelt. Die Einkaufsfahrten wurden nicht in einer statistischen Analyse ermittelt und sind daher unter der Haushaltsphase aufgeführt. Die Berechnung der ernährungsrelevanten Güter erfolgte durch Abzug der Gruppen Holz und Kork, Spinnstoffe und textile Abfälle sowie sonstige pflanzliche, tierische und verwandte Rohstoffe. Sie ergab 1,1 Mrd. tkm für den Schienenverkehr, 8,5 Mrd. tkm für den Straßenverkehr und 3,3 Mrd. tkm für den Binnenschiffahrtsverkehr. Unter Zuzählung der tkm der in den Statistiken als Einzelposten aufgeführten Nahrungs- und Futtermittel (BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR 1997) ergibt dies eine Inlandsgesamtleistung von 57,8 Mrd. tkm. Aufgeschlüsselt nach Verkehrsträgern ist die Inlandsgesamtleistung Tab. 71 zu entnehmen.

Für Europa steht keine aktuelle Datenquelle zur Verfügung, die die Einfuhr von landwirtschaftlichen bzw. ernährungswirtschaftlichen Produkten sowohl nach Ländern als auch nach Verkehrsträgern unterscheidet. Deshalb werden die Zahlen des Statistischen Bundesamtes von 1993 zugrundegelegt und auf 1996 bezogen. Die Seeschifffahrt wurde der entsprechenden Fachserie des Statistischen Bundesamtes von 1996 entnommen. Aufgrund mangelnder Daten kann nicht eindeutig abgeschätzt werden, ob die beiden Jahre hinsichtlich ihres Aufkommens vergleichbar sind, doch unterscheidet sich die Menge der über See eingeführten Güter von 1996 nur um 4% im Vergleich zu 1993. Dies spricht für die, wenn auch grobe Vergleichbarkeit der Daten. Verschiebungen zwischen den einzelnen Verkehrsträgern können jedoch nicht ermittelt und damit nicht ausgeschlossen werden.

Es wurden zunächst die ernährungsirrelevanten Güter von der Gesamteinfuhr der land- und forstwirtschaftlichen Erzeugnisse abgezogen. Weiterhin wurde die Einfuhr der Länder ohne Binnenschiffahrtsanbindung, die in der Statistik jedoch der Binnenschifffahrt zugeordnet wurden, wieder dem Straßenverkehr zugeordnet. Dies ergab eine Gesamteinfuhr von Land- und forstwirtschaftlichen Erzeugnissen, sowie Nahrungs- und Futtermitteln von 137000 t. Weiterhin wurde die Seeschifffahrt, die von KJER et al. (1994) vernachlässigt wurde, einbezogen, da sie einen nicht unerheblichen Anteil am Gesamtgüterverkehr von etwa 10 % des Verkehrsaufkommens und über 20 % der Verkehrsleistung ausmacht.

Nach der Berechnung des europaweiten Güterverkehrsaufkommens wurden die Transportentfernungen ermittelt. Hierzu wurden einerseits die in KJER et al. (1994) angegebenen Transportentfernungen übernommen. Andererseits wurde ein europaweiter Durschnittswert von 1100 km für die Seeschifffahrt ermittelt und für die Anfahrtswege zum Hafen zusätzlich 50 km berücksichtigt. Es ergab sich eine Gesamtverkehrsleistung von 14,4 Mrd. tkm (die Aufschlüsselung nach Verkehrsträgern ist Tab. 71 zu entnehmen).

Zur Berechnung des Verkehrsaufkommens aus Übersee wird die Außenhandelsstatistik verwendet. Diese enthält im Gegensatz zu den anderen Statistiken nicht die Verpackungen der Lebensmittel. Aus dem Vergleich der Verkehrsstatistik von 1993 (die die Verpackungen enthält) mit der Außenhandelsstatistik von 1993 ergibt sich ein Faktor von 1,2 mit dem die Daten der Außenhandelsstatistik multipliziert wurden, um den Verpackungsanteil annäherungsweise einzubeziehen. Es ist davon auszugehen, daß sich das Verhältnis von Verpackung zu eigentlichem Gut von 1993-1996 nur unwesentlich geändert hat, daher kann der Faktor auf 1996 übertragen werden. Es werden lediglich die Länder betrachtet, die im Basisjahr 1996 mindestens 1000 t an ernährungsrelevanten Produkten nach Deutschland einführen. Die Transportentfernung errechnet sich aus dem Verkehrsaufkommen und der Verkehrsleistung der Seeschifffahrt für den Empfang aus dem entsprechenden Kontinent. Der Gesamttransport von 184,9 Mrd. tkm setzt sich aus 172,3 Mrd. tkm für die Seeschifffahrt und weiteren 12,5 Mrd. tkm für die Hafenanfahrt zusammen (Tab. 71). Die Basismodule zur Berechnung der Primärenergieemissionen, CO₂- und SO₂-Äquivalente jeweils eines tkm sind Tab. 72 zu entnehmen. Obwohl die LKW die größten Emissionen hervorrufen, weisen sie die höchsten tkm-Werte auf, hingegen sind die über die Schiene transportierten Mengen um das etwa 20fache geringer, obwohl der Schienenverkehr deutlich geringere Emissionen bewirkt. Aufgrund mangelnder Daten erfolgte keine Betrachtung des Flugverkehrs.

Tab. 71: Güterverkehrsleistung für den deutschen Ernährungssektor 1996, differenziert nach Verkehrsträgern (Mrd. tkm)

	Inland	Europa	Übersee	Summe
Schienenverkehr	2,70	0,75	-	3,45
Straßenverkehr	47,80	10,42	12,50	70,72
Binnenschifffahrt	7,30	0,77	-	8,07
Seeschifffahrt	-	2,42	172,30	175,72

- kein Aufkommen

Tab. 72: Primärenergieeinsatz und Emissionen unterschiedlicher Verkehrsträger bezogen auf 1 tkm (GEMIS 3.1)

	Primärenergieeinsatz (MJ/tkm)	CO ₂ -Äquivalente (g/tkm)	SO ₂ -Äquivalente (g/tkm)
Güterzug	0,43	29,89	0,05
LKW	1,23	91,88	1,01
Binnenschiff	0,54	40,94	0,31
Überseeschiff	0,13	9,46	0,19

5.6 Haushaltsphase im Ernährungssystem

Zur Haushaltsphase werden die Einkaufsfahrten zur Beschaffung der Lebensmittel sowie die Kühlung als auch die Zubereitung der Lebensmittel gezählt.

Bezüglich der Einkaufsfahrten geben KJER et al. (1994) in ihrer Untersuchung 7,1 km je Einkaufsfahrt in Deutschland an. UITDENBOGERD et al. (1998) gehen für die Niederlande von dreieinhalb Einkäufen je Woche aus, inklusive eines mit dem Auto getätigten Einkaufes. Die zurückgelegte Wegstrecke in den Niederlanden wird mit durchschnittlich 3,5 km angegeben. In der vorliegenden Arbeit werden für die Einkaufsfahrten die für Deutschland angegebenen Werte mit dem PKW 7,1 km je Woche gewählt. Dies ergibt 369,2 km in einem Jahr. Da sich die Daten auf einen Haushalt beziehen wird dieser Wert mit dem Faktor 2 geteilt, um auf die Fahrdistanz von 184,6 km/Person/a zu gelangen.

Um eine ökologische Variante zu vergleichen, wurde die Annahme getroffen, daß jeweils nur eine Autofahrt im Monat getätigt wird und der Rest der Einkäufe zu Fuß oder Fahrrad erfolgt. Es ergeben sich demnach für die ökologische Variante 42,6 km/Person/a. Die Emissionen nach GEMIS für einen PKW (Benzin, geregelter Katalysator) ergeben, bezogen auf 1km, 3,95 MJ Primärenergie, 274,19 g CO₂-Äquivalente sowie 0,75 g SO₂-Äquivalente.

Die im Rahmen der VWS und NVS von den Teilnehmerinnen geführten 7-Tage Protokolle enthalten keine Angaben über die verwendeten Energieträger bei der Zubereitung und Lagerung der Lebensmittel. Eine statistische Analyse des Energieverbrauchs privater Haushalte ist nicht möglich, da der Energieverbrauch von Heizung, Haushaltsgeräten u.ä. gemeinsam erfaßt wird (SBA 1996). Für die Nahrungsmittel-

zubereitung und -lagerung kommen jedoch lediglich Herd und Kühlschrank bzw. Gefriertruhe zur Benutzung. Deshalb erweist sich der statistisch angegebene Wert als zu undifferenziert. Insbesondere die Aufteilung der Energieträger beim Kochen ist hieraus nicht zu ermitteln (UBA und SBA 1998).

Verschiedene Veröffentlichungen beziehen sich auf jährliche Durchschnittswerte verschiedener Haushaltsgeräte. Daher ist es möglich Abschätzungen, bezogen auf ein Jahr, durchzuführen. Hier stellt sich jedoch die Frage, wieviele Personen den Haushalten angehören. Ein Einpersonenhaushalt wird einen höheren Energieverbrauch je Person aufweisen, als ein Mehrpersonenhaushalt. Aus diesem Grund müssen an dieser Stelle Annahmen über den durchschnittlichen Anteil der betrachteten Personengruppe an den jährlichen Emissionen getroffen werden. Es wird hierzu auf die Angaben der NVS zurückgegriffen.

Die Grundgesamtheit der NVS bilden alle Privathaushalte deutscher Staatsangehörigkeit in der alten Bundesrepublik Deutschland und West-Berlin. Aus dieser wurde eine Haushaltsstichprobe von 11141 Haushalten erhoben. Alle zu den Haushalten gehörenden Personen nahmen an der Studie teil (24632 Personen) (Adolf et al. 1995). Dies ergibt eine durchschnittliche Zusammensetzung von 2 Personen je Haushalt (genauer Wert 2,21). Es werden dementsprechend die jährlichen Emissionen auf diesen Wert bezogen. Es ist anzumerken, daß in der NVS sämtliche Bevölkerungsgruppen (Kinder, Erwachsene und Senioren) enthalten sind, während der für die vorliegenden Arbeit verwendete Datensatz jedoch eine Auswahl darstellt. Die Ergebnisse der Haushaltsphase können daher lediglich als Grobabschätzung angesehen werden.

Durchschnittliche Energieeinsätze für Kühlschrank, Gefrierschrank sowie Elektroherd werden von VDEW (1997) für deutsche Haushalte angegeben (Tab. 73). In der ökologischen Variante werden die jeweils energieeffizientesten Geräte herangezogen. Beim Elektroherd kann der Verbrauch durch technische Veränderungen gemindert werden. Dies sind eine dickere Backraumisolierung und zusätzlich ein Backraumteiler, der das Backraumvolumen auf die erforderliche Größe verkleinert und so die Wärmeverluste reduziert. Auf diese Weise ist Einsparung von etwa 20 % der Energie möglich (ENQUETE-KOMMISSION 1995), dies ergibt für die vorliegende Arbeit einen Einsatz von etwa 98 kWh/Person/a.

Es ist zu beachten, daß dies nicht dem Stromverbrauch eines Gerätes darstellt, sondern den einer Person, berechnet nach den o.g. Annahmen. Bei den Kühl- und Gefriergeräten können durch günstigere Kältemittel, bessere Kompressoren, Isolierstoffe mit geringeren Wärmedurchgangswerten und größeren Isolationsdicken 40 % (Kühlschränke) und 54 %

(Gefriergeräte) eingespart werden (ENQUETE-KOMMISSION 1995). Dies entspricht für eine Person den Werten von 80 kWh/a bei Kühlschränken und 68 kWh/a bei Gefriergeräten. Es ergeben sich nach GEMIS 3.1. für 1 MJ Strom für Haushalte und Kleinverbraucher 2,93 MJ Primärenergie, 195,32 g CO₂-Äquivalente sowie 0,29 g SO₂-Äquivalente.

Tab. 73: Stromverbrauch ausgewählter Elektrogeräte (berechnet nach VDEW 1997, GEMIS 3.1)

	Jahresstromverbrauch Deutschland (Mio. kWh)	Stromverbrauch je Person (kWh)
Kühlschrank	11749	143
Gefriergerät	11863	145
Elektroherd	10007	122

6 Bilanzen des Gesamtsystems

In diesem Kapitel werden die Bilanzen des Gesamtsystems aufgeführt. Sofern möglich, werden die Ergebnisse geordnet nach den 17 Lebensmittelgruppen dargestellt. In den Bereichen, in denen eine Differenzierung in Lebensmittelgruppen nicht möglich war, wird eine Bilanz erstellt, die die 17 Lebensmittelgruppen umfaßt. Die Bilanzen über verbrauchte Lebensmittel, Verpackung, Transport und Haushaltsphase münden in eine Gesamtbilanz, in der die Indikatoren auf die drei Ernährungsweisen bezogen sind. Diese Gesamtbilanz ermöglicht einen Vergleich der Ernährungsweisen hinsichtlich der gewählten Indikatoren.

6.1 Verbrauchte Lebensmittel

Die verbrauchten Lebensmittel stellen die Summe von verarbeiteten und unverarbeiteten Lebensmitteln dar und beziehen sich auf die in den jeweiligen Ernährungsweisen verbrauchten Lebensmittel. Daher umfassen sie sowohl die landwirtschaftliche Erzeugung als auch, in den meisten Fällen, die industrielle Verarbeitung. Letztere entfällt in den Fällen, in denen ein landwirtschaftliches Produkt direkt verzehrt wird (z.B. Äpfel).

Im folgenden werden die Bilanzierungsergebnisse der Lebensmittelgruppen bezogen auf die unterschiedlichen Ernährungsweisen dargestellt. Der jährliche Gesamtverzehr wird zur Veranschaulichung ebenfalls mit aufgeführt. Die Berechnungen wurden wie folgt durchgeführt. Ausgehend von den Verzehrdaten der Ernährungsweisen wurde auf den Verbrauch hochgerechnet (Kap. 4 Verbrauchsberechnung und Angleichung der Lebensmittelgruppen), um die eingekaufte Menge an Nahrungsmitteln zu ermitteln. Weiterhin wurden dort 17 einheitliche Lebensmittelgruppen gebildet um die unterschiedlichen Ernährungsweisen zu vergleichen. Danach erfolgte in Kap. 5.2 Landwirtschaftliche Erzeugung die Bilanzierung der Erzeugung der Lebensmittel und deren Verarbeitung erfolgte (falls notwendig) in Kap. 5.3 Lebensmittelverarbeitung. Die o.g. Verbrauchsmengen werden nun geordnet nach den 17 Lebensmittelgruppen mit den Bilanzergebnissen der Lebensmittel (je nach Bedarf verarbeitet oder unverarbeitet) multipliziert. Es werden Summen der einzelnen Lebensmittelgruppen berechnet, die im Kap. 6.5 Gesamtbilanz zu einem Gesamtwert aggregiert werden. Es folgt die Aufstellung der Bilanzen der 17 Lebensmittelgruppen. Hinweise zur Bilanzerstellung sind vorangestellt, wenn diese aus den vorangegangenen Bilanzen nicht ersichtlich sind.

Weiterhin wird jeweils genannt, welche Lebensmittel und Herstellungsverfahren miteinander kombiniert wurden, falls dies nicht aus den Bilanzen der Lebensmittelverarbeitung hervorgeht.

In der Lebensmittelgruppe **Brot und Backwaren** sind die einzelnen Lebensmittel entsprechend der Bilanzen über deren Verarbeitung mit den jeweiligen Verbrauchsmengen verknüpft. Die Bilanzergebnisse sind Tab. 74 zu entnehmen. Pizza wurde nur in der VWS extra erfaßt, daher ist keine Angabe für die Gruppe MK möglich.

Tab. 74: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Brot und Backwaren im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Verbrauch (kg)	Konventionell			Ökologisch		
		Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Brot, Brötchen							
MK	49,64	298,34	24230,39	61,79	277,02	19860,70	51,89
NVEG	45,03	269,57	21781,88	55,55	251,28	18014,43	47,08
OLV	45,02	269,54	21782,64	55,55	251,21	18009,83	47,07
Knäckebrötchen							
MK	0,85	15,73	1198,16	2,28	15,32	1113,88	2,10
NVEG	1,51	27,84	2120,84	4,04	27,12	1971,65	3,71
OLV	1,77	32,60	2483,18	4,73	31,75	2308,50	4,35
Kuchen, Torte							
MK	18,05	231,55	32149,11	184,76	167,88	27443,61	180,38
NVEG	16,45	208,48	28510,32	163,40	152,27	24297,24	159,46
OLV	16,07	203,66	27858,46	159,68	148,74	23742,39	155,82
Salzgebäck							
MK	1,50	27,92	2145,94	4,11	27,04	1965,45	3,70
NVEG	0,60	11,07	850,90	1,63	10,72	779,33	1,47
OLV	0,68	12,58	967,01	1,85	12,18	885,67	1,67
Keks							
MK	1,94	24,41	3411,92	17,05	19,12	3057,77	16,58
NVEG	1,81	22,85	3194,34	15,96	17,90	2862,77	15,52
OLV	1,95	24,64	3444,13	17,21	19,30	3086,64	16,74
Pizza							
MK	-	-	-	-	-	-	-
NVEG	5,29	22,73	5268,00	32,48	11,13	4682,63	31,99
OLV	5,23	28,00	2577,25	5,45	6,51	614,25	1,29
Summe							
MK	71,98	597,95	63135,53	269,99	506,38	53441,41	254,64
NVEG	70,69	562,55	61726,28	273,07	470,43	52608,07	259,23
OLV	70,71	571,03	59112,66	244,47	469,70	48647,28	226,94

- nicht gesondert erfaßt

In der Lebensmittelgruppe **Getreideprodukte und Nahrungsmittel**, wurde die Gruppe Mehl, Grieß und Graupen gemeinsam mit dem Herstellungsverfahren für Mehl berechnet. Haferflocken und Cerealien wurden gemeinsam mit den Daten der Haferflockenherstellung bilanziert. Für Vollgetreide, Getreidekeimlinge und Sprossen wurde vereinfachend Weizen bilanziert. Für Semmelknödel wurde mangels genauerer Daten die Brotherstellung herangezogen. Es sind keine Angaben zum Verzehr von Semmelknödel in der NVS erhoben worden, daher sind in Tab. 75 keine Angaben hierzu aufgeführt.

Tab. 75: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Getreideprodukte und Nahrungsmittel im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Konventionell				Ökologisch		
	Verbrauch (kg)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Mehl, Grieß, Graupen							
MK	8,24	23,96	2327,64	9,72	18,74	1261,86	7,28
NVEG	2,47	7,18	697,51	2,91	5,62	378,13	2,18
OLV	2,80	8,15	791,49	3,30	6,37	429,09	2,48
Haferflocken, Cerealien							
MK	1,46	6,38	592,04	2,56	4,75	331,84	1,84
NVEG	1,36	5,96	552,88	2,39	4,43	309,88	1,72
OLV	1,55	6,78	629,53	2,72	5,05	352,85	1,96
Vollgetreide, Getreidekeimlinge, Sprossen							
MK	0,12	0,24	27,79	0,13	0,24	27,79	0,13
NVEG	17,01	34,51	3924,93	17,66	34,51	3924,93	17,66
OLV	17,85	36,23	4119,50	18,54	36,23	4119,50	18,54
Reis							
MK	0,72	19,32	5416,40	7,33	19,32	5416,40	7,33
NVEG	4,97	133,28	37369,17	50,55	133,28	37369,17	50,55
OLV	3,40	91,25	25585,95	34,61	91,25	25585,95	34,61
Nudeln							
MK	0,88	3,57	315,50	1,16	3,06	210,50	0,92
NVEG	3,33	13,58	1199,86	4,41	11,63	800,53	3,50
OLV	4,31	17,56	1551,50	5,71	15,03	1035,13	4,52
Semmelknödel							
MK	-	-	-	-	-	-	-
NVEG	0,26	1,56	127,19	0,32	1,44	103,08	0,27
OLV	0,16	0,97	79,34	0,20	0,90	64,30	0,17
Summe							
MK	11,42	53,48	8679,38	20,89	46,11	7248,39	17,50
NVEG	29,40	196,07	43871,54	78,24	190,91	42885,72	75,88
OLV	30,07	160,95	32757,31	65,07	154,83	31586,81	62,27

- nicht gesondert erfaßt

Für die Bilanz der Gruppe **Kartoffeln und Kartoffelerzeugnisse** wurden Kartoffeln ohne Verarbeitung eingesetzt (Tab. 76). Die Kartoffelerzeugnisse wurde nach dem Herstellungsverfahren für Kartoffelpüree bilanziert.

Tab. 76: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Kartoffeln und Kartoffelerzeugnissen im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Konventionell				Ökologisch		
	Verbrauch (kg)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Kartoffeln							
MK	45,13	29,13	2454,91	14,06	30,68	1936,35	15,02
NVEG	32,47	20,96	1766,44	10,12	22,08	1393,31	10,80
OLV	28,05	18,11	1525,86	8,74	19,07	1203,55	9,33
Kartoffelerzeugnisse							
MK	1,24	39,54	3176,56	14,55	40,22	2949,25	14,97
NVEG	7,11	227,29	18259,42	83,62	231,20	16952,84	86,03
OLV	4,08	130,48	10481,97	48,00	132,72	9731,91	49,39
Summe							
MK	46,36	68,67	5631,46	28,61	70,90	4885,60	29,98
NVEG	39,58	248,25	20025,86	93,74	253,27	18346,15	96,84
OLV	32,13	148,58	12007,83	56,74	151,79	10935,46	58,72

Die Gruppe **Gemüse und Hülsenfrüchte** wurde nach der bereits dargestellten Gegenüberstellung der Lebensmittel bilanziert. Für konventionell erzeugte Tomaten wurde ein Mittelwert aller Anbauformen gebildet (Gewichtung 1:1:1:1). Bei der Berechnung des Mittelwertes der ökologischen Tomatenproduktion wurde die Annahme getroffen, daß 80 % aus Freilandanbau stammen, da in der ökologischen Variante Gemüse aus Freilandanbau üblich ist. Die weiteren Anbauformen wurden zu je gleichen Teilen einberechnet (je 0,67 %).

Die VWS enthält keine Angaben über die Art der Erhitzung. Es ist aus den Daten nicht ersichtlich, wieviele Lebensmittel erhitzt gekauft oder selbst erhitzt wurden und dafür roh eingekauft wurden. Die Annahme, alles würde roh oder alles erhitzt eingekauft, ergibt keine den tatsächlichen Verhältnissen entsprechenden Ergebnisse. Da in der VWS eine Personengruppe untersucht wird, die sich gerade dadurch auszeichnet, Lebensmittel selbst zuzubereiten, wurde eine prozentuale Verteilung zwischen „selbst zubereitet“ und „Konserve“ gewählt. Es wurden hierzu die jeweiligen Prozentanteile von rohem und erhitztem Gemüse berechnet. Aus den Daten der VWS-MK geht hervor, daß etwa 43 %

des Gesamt-Gemüseverzehrs roh verzehrt wurden. Bei einem Gesamt-Gemüseverzehr von 135,62 g der NVS-MK ergibt das einen rohen Gemüseanteil von 58,32 g und erhitzten Gemüseanteil von 77,30 g.

Aus der NVS sind die Menge des Konservenverzehrs 18,87 g – dies entspricht 20 % des erhitzten Gemüses – bekannt. Es wird für die weiteren Berechnungen angenommen, daß die restlichen 53,43 g, die etwa 80 % des erhitzten Gemüses entsprechen, selbst erhitzt wurden. Diese Prozentanteile des erhitzten Gemüses lassen sich auf die Verzehrdaten der VWS übertragen und in selbst erhitztes und erhitzt gekauftes Gemüse unterteilen. Der Anteil des selbst erhitzten Gemüses wird dann auf den rohen Gemüseanteil aufgeschlagen, um möglichst die Menge zu erhalten, die tatsächlich roh eingekauft worden ist. Die Verteilung von „selbst zubereitet“ zu „Konserve“ entspricht daher 80:20. Die o.g. Verteilung wurde nur für Gemüse, nicht jedoch für Hülsenfrüchte und Salat gewählt. Hülsenfrüchte werden im unerhitzten Zustand üblicherweise nicht verzehrt, Salat wird unerhitzt verzehrt. Die Ergebnisse der Lebensmittelgruppe sind Tab. 77 zu entnehmen.

Tab. 77: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Gemüse und Hülsenfrüchten im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Konventionell				Ökologisch		
	Verbrauch (kg)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Blatt- und Stengelgemüse							
MK	11,43	25,47	2054,31	13,11	19,93	1398,29	10,74
NVEG	41,61	96,51	7694,91	49,63	74,81	5260,78	40,32
OLV	46,53	109,37	8687,33	56,23	84,51	5947,92	45,55
Tomaten und sonst. Fruchtgemüse							
MK	17,92	540,15	49681,29	104,94	126,50	11898,52	25,04
NVEG	27,05	810,13	74535,45	157,47	189,08	17808,32	37,51
OLV	35,95	1073,24	98757,34	208,66	250,04	23566,21	49,66
Möhre							
MK	3,95	3,11	274,83	1,52	1,98	138,26	1,07
NVEG	22,37	17,63	1556,16	8,61	11,22	782,89	6,05
OLV	29,27	23,07	2035,96	11,27	14,67	1024,27	7,91
Kohlgemüse							
MK	9,62	12,12	966,00	5,73	13,13	1038,25	6,63
NVEG	36,29	45,79	3584,88	20,25	49,61	3862,16	23,53
OLV	42,08	52,38	4147,23	24,29	57,29	4507,12	28,45

Tab. 77 (Forts.)

Variante	Konventionell				Ökologisch		
	Verbrauch (kg)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Zwiebelgemüse							
MK	5,76	6,82	497,31	3,32	8,83	617,19	4,76
NVEG	7,45	8,82	642,95	4,30	11,42	797,95	6,16
OLV	7,57	8,97	653,98	4,37	11,62	811,63	6,27
Sonst. Gemüse							
MK	13,07	48,72	3980,80	18,33	27,59	2159,84	13,41
NVEG	20,96	33,79	2501,81	17,14	24,22	1736,67	12,99
OLV	22,36	33,52	2482,08	17,00	24,22	1734,60	12,98
Kräuter							
MK	0,86	1,76	145,71	0,91	1,41	98,14	0,76
NVEG	1,82	3,71	307,37	1,91	2,97	207,02	1,60
OLV	2,26	4,59	380,86	2,37	3,68	256,52	1,98
Hülsenfrüchte							
MK	6,18	7,56	494,82	3,88	10,04	810,25	5,88
NVEG	5,98	7,32	478,82	3,75	9,72	784,06	5,69
OLV	4,87	5,97	390,35	3,06	7,92	639,19	4,64
Konservenverarbeitung							
MK	9,03	16,99	1675,96	1,94	16,99	1675,96	1,94
NVEG	13,35	25,12	2477,45	2,87	25,12	2477,45	2,87
OLV	13,27	24,98	2463,27	2,85	24,98	2463,27	2,85
Summe							
MK	68,79	662,71	59771,01	153,67	226,41	19834,71	70,24
NVEG	163,54	1048,82	93779,80	265,93	398,17	33717,29	136,71
OLV	190,91	1336,09	119998,39	330,11	478,93	40950,72	160,28

Die **Sojaprodukte** wurden sämtlich nach dem im Kap. 5.3 Lebensmittelverarbeitung angegebenen Herstellungsverfahren bilanziert. Bilanzergebnisse sind Tab. 78 zu entnehmen.

Tab. 78: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Sojaprodukten im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Konventionell				Ökologisch		
	Verbrauch (kg)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
MK	0,61	22,12	43,32	0,16	21,54	43,40	0,16
NVEG	4,94	179,33	351,12	1,26	174,56	351,81	1,27
OLV	7,49	272,18	532,94	1,92	264,94	533,98	1,92

Die Lebensmittel der Gruppe **Obst und Obstprodukte** wurden einerseits ohne Verarbeitung bilanziert (unter Obst aufgeführt), andererseits mit Verarbeitung. Die Ergebnisse sind Tab. 79 zu entnehmen.

Tab. 79: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Obst und Obstprodukten im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Konventionell				Ökologisch		
	Verbrauch (kg)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Obst							
MK	50,46	89,45	6352,21	46,52	92,57	6460,41	49,25
NVEG	141,50	254,87	18057,06	133,04	263,54	18376,62	140,34
OLV	166,43	294,45	20902,81	153,37	304,95	21285,16	162,26
Tiefkühlobst							
MK	0,17	0,67	57,74	0,21	0,33	27,13	0,15
NVEG	-	-	-	-	-	-	-
OLV	-	-	-	-	-	-	-
Obstkompott							
MK	1,90	10,55	955,22	2,51	10,60	603,13	2,63
NVEG	8,87	49,37	4469,21	11,73	49,59	2821,89	12,29
OLV	8,00	44,54	10,58	10,58	44,75	2546,02	11,09
Trockenfrüchte							
MK	0,32	8,39	748,08	3,54	8,44	743,34	3,67
NVEG	3,11	81,62	7275,43	34,43	82,08	7229,36	35,70
OLV	3,07	80,61	7185,98	34,01	81,07	7140,48	35,26
Summe							
MK	52,85	109,06	8113,26	52,77	111,94	7834,01	55,70
NVEG	153,49	385,85	29801,70	179,20	395,21	28427,87	188,33
OLV	177,50	419,60	28099,37	197,96	430,77	30971,66	208,61

- nicht gesondert erfasst

Die Gruppe **Nüsse und Samen** wurde einheitlich, mit den Daten des Rapsanbaus berechnet (Tab. 80).

Tab. 80: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Nüssen und Samen im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Konventionell				Ökologisch		
	Verbrauch (kg)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
MK	1,25	4,75	421,93	2,30	4,75	421,93	2,30
NVEG	11,78	44,84	3986,01	21,71	44,84	3986,01	21,71
OLV	15,44	58,76	5223,12	28,45	58,76	5223,12	28,45

In der Gruppe **Milch und Milchprodukte** wurden Milch, Kakaogetränke sowie Milchmixgetränke, wegen mangelnder Daten über Milchmixgetränke, einheitlich als Milch bilanziert. Die Gruppe Joghurt, Dickmilch, Kefir, Molke und Brottrunk wurde einheitlich als Joghurt bilanziert. Für Sahne, Creme fraiche, Schmand, Kondensmilch und Kaffeerahm wurde Sahne herangezogen. Die Ergebnisse sind in Tab. 81 dargestellt.

Tab. 81: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Milch, und –produkten im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Konventionell				Ökologisch		
	Verbrauch (kg)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Milch							
MK	41,38	98,84	22906,42	141,23	48,39	20361,10	139,08
NVEG	55,89	133,50	30938,55	190,76	65,36	27500,73	187,85
OLV	43,72	104,41	24197,97	149,20	51,12	21509,14	146,93
Kakaogetränke, Milchmixgetränke							
MK	2,99	7,15	1657,03	10,22	3,50	1472,91	10,06
NVEG	2,56	6,12	1418,35	8,75	3,00	1260,75	8,61
OLV	1,26	3,01	698,58	4,31	1,48	620,95	4,24
Joghurt, Dickmilch, Kefir, Molke, Brottrunk							
MK	17,47	66,75	15469,08	95,38	32,68	13750,19	93,93
NVEG	27,80	106,23	24619,83	151,80	52,01	21884,13	149,49
OLV	24,92	95,24	22072,59	136,09	46,63	19619,93	134,02
Sahne, Creme fraiche, Schmand							
MK	6,05	72,30	16756,78	103,32	35,40	14894,80	101,75
NVEG	10,62	126,78	29381,82	181,16	62,07	26116,98	178,40
OLV	10,19	121,65	28192,77	173,83	59,56	25060,04	171,18
Kondensmilch, Kaffeerahm							
MK	2,98	35,56	8241,17	50,81	17,41	7325,43	50,04
NVEG	0,69	8,29	1920,32	11,84	4,06	1706,94	11,66
OLV	0,57	6,84	1584,98	9,77	3,35	1408,86	9,62
Summe							
MK	70,87	280,60	65030,48	400,96	137,38	57804,43	394,86
NVEG	97,56	380,91	88278,89	544,30	186,49	78469,52	536,02
OLV	80,66	331,15	76746,88	473,20	162,13	68218,93	466,00

In der Gruppe **Käse, Quark und Eier** wurde Käse undifferenziert nach Fettstufe bilanziert, ebenso Quark. Die Bilanzdaten für Eier sind den Bilanzdaten der landwirtschaftlichen Produktion entnommen. Die Bilanzergebnisse sind in Tab. 82 aufgeführt.

Tab. 82: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Käse, Quark und Eier im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Konventionell				Ökologisch		
	Verbrauch (kg)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Käse							
MK	11,30	323,91	75068,40	462,85	158,58	66726,96	455,81
NVEG	19,88	569,66	132021,57	814,01	278,90	117351,61	801,62
OLV	17,22	493,64	114404,86	705,39	241,68	101692,43	694,65
Quark							
MK	6,97	49,97	11581,47	71,41	24,47	10294,56	70,32
NVEG	9,65	69,15	16025,33	98,81	33,85	14244,63	97,30
OLV	8,29	59,39	13763,64	84,86	29,08	12234,25	83,57
Eier							
MK	12,01	300,12	29705,02	247,88	201,05	19553,57	242,42
NVEG	5,32	132,89	13153,03	109,76	89,02	8658,09	107,34
OLV	3,19	79,57	7875,90	65,72	53,31	5184,38	64,27
Summe							
MK	30,29	674,00	116354,89	782,14	384,10	96575,09	768,54
NVEG	34,85	771,69	161199,93	1022,58	401,77	140254,33	1006,26
OLV	28,70	632,60	136044,40	855,97	324,06	119111,06	842,50

Für **Fleisch, Fleischwaren und Wurst** wurde differenziert nach Rind, Kalb, Schwein und Geflügel bilanziert, wobei Geflügel nicht in einer ökologischen Variante berechnet werden konnte. Daher sind unter „ökologisch“ die Werte der konventionellen Variante aufgeführt, um die Gesamtsumme nicht zu verfälschen. Für Wurst wurde ein Mittelwert über Brüh-, Koch- und Rohwurst eingesetzt. Da die OLV kein Fleisch verzehren, sind sie nicht aufgeführt (Tab. 83).

Tab. 83: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Fleisch, -waren und Wurst im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Konventionell				Ökologisch		
	Verbrauch (kg)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Rind							
MK	14,95	842,64	159909,38	1377,70	381,35	151945,41	1700,72
NVEG	2,81	158,31	30042,43	258,83	71,64	28546,22	319,52
Kalb							
MK	1,65	84,78	7492,15	58,43	30,83	2187,01	34,41
NVEG	0,32	16,27	1437,89	11,21	5,92	419,73	6,60
Schwein							
MK	24,26	768,11	75779,72	1159,68	425,52	36656,27	1113,59
NVEG	4,56	144,32	14238,48	217,90	79,95	6887,46	209,24
Geflügel							
MK	9,89	297,01	28902,59	255,42	297,01	28902,59	255,42
NVEG	5,06	151,95	14786,07	130,67	151,95	14786,07	130,67
Schinken							
MK	16,93	1392,54	108767,76	896,91	1153,45	81465,23	864,74
NVEG	1,18	96,88	7567,02	62,40	80,25	5667,57	60,16
Wurst							
MK	16,93	1347,20	170765,18	1169,66	921,83	108952,28	974,62
NVEG	1,18	93,73	11880,21	81,37	64,13	7579,86	67,80
Summe							
MK	84,61	4732,28	551616,78	4917,80	3209,99	410108,79	4943,49
NVEG	15,10	661,45	79952,10	762,38	453,84	63886,92	793,99

Die Lebensmittelgruppe **Fische und Meeresfrüchte** ist vereinfachend als Forelle bilanziert worden, wobei keine ökologische Variante berechnet werden konnte. Die Ergebnisse sind in Tab. 84 aufgeführt. Die OLV verzehren kein Fleisch und sind daher nicht aufgeführt.

Tab. 84: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Fischen und Meeresfrüchten, konventionelle Variante, im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

	Verbrauch (kg)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Fische und Meeresfrüchte				
MK	12,20	190,27	15278,89	37,03
NVEG	13,42	209,38	16813,01	40,74
Fischkonserven				
MK	2,61	43,33	3471,51	8,77
NVEG	0,89	14,85	1189,86	3,01
Summe				
MK	14,80	233,60	18750,40	45,79
NVEG	14,31	224,23	18002,86	43,75

In der Lebensmittelgruppe **Fette und Öle** wurde entsprechend den in Kap. 5.3 Lebensmittelverarbeitung, dargestellten Herstellungsverfahren bilanziert (Tab. 85).

Tab. 85: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Fetten und Ölen im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Konventionell				Ökologisch		
	Verbrauch (kg)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Butter							
MK	10,21	195,15	45226,24	278,85	95,54	40200,79	274,61
NVEG	6,01	114,90	26627,82	164,18	56,25	23668,99	161,68
OLV	6,49	123,95	28725,56	177,11	60,68	25533,64	174,42
Margarine							
MK	5,30	27,68	1879,84	6,75	17,90	1184,38	5,07
NVEG	1,36	7,10	482,48	1,73	4,59	303,98	1,30
OLV	1,05	5,49	372,65	1,34	3,55	234,79	1,00
Speiseöle und Plattenfette							
MK	3,46	12,66	1139,83	4,36	8,09	728,74	2,79
NVEG	3,54	12,97	1167,99	4,47	8,29	746,75	2,86
OLV	4,01	14,69	1322,42	5,06	9,39	845,48	3,23
Tierische Fette							
MK	1,97	62,32	6147,98	94,08	34,52	2973,91	90,34
NVEG	0,09	2,84	280,41	4,29	1,57	135,64	4,12
OLV	0,00						
Summe							
MK	20,94	297,80	54393,89	384,05	156,05	45087,82	372,81
NVEG	11,00	137,81	28558,71	174,67	70,71	24855,37	169,96
OLV	11,55	144,12	30420,63	183,51	73,62	26613,90	178,66

- kein Verzehr

In der Gruppe **Suppen, Soßen, Dressings, Feinkostsalate und Fertigprodukte** sind außer der Mayonnaise alle Lebensmittel lediglich für die OLV und NVEG gesondert erfaßt, daher sind in diesen Fällen in Tab. 86 keine Angaben zu MK vorhanden.

Tab. 86: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Suppen, Soßen, Dressings, Feinkostsalaten und Fertigprodukten im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Konventionell				Ökologisch		
	Verbrauch (kg)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Suppe							
MK	-	-	-	-	-	-	-
NVEG	12,21	204,07	29366,05	191,49	143,11	23182,93	177,25
OLV	9,04	6,34	1029,32	6,43	4,55	940,30	6,49
Eintopf							
MK	-	-	-	-	-	-	-
NVEG	8,83	85,88	8720,08	59,97	80,89	7412,93	60,75
OLV	5,99	3,07	221,58	1,54	3,82	284,85	2,12
Soße							
MK	-	-	-	-	-	-	-
NVEG	1,22	0,69	64,69	0,26	0,50	37,02	0,19
OLV	0,37	0,21	19,49	0,08	0,15	11,15	0,06
Feinkostsalat							
MK	-	-	-	-	-	-	-
NVEG	0,59	8,07	969,72	6,44	5,76	640,68	5,42
OLV	0,49	1,73	136,96	0,65	1,57	123,68	0,64
Tomatenmark, Ketchup, Grillsoße							
MK	-	-	-	-	-	-	-
NVEG	0,37	3,38	274,96	0,73	3,17	250,45	0,64
OLV	0,40	3,66	298,14	0,79	3,44	271,56	0,70
Salatdressing							
MK	-	-	-	-	-	-	-
NVEG	0,89	2,85	271,79	1,12	2,35	222,82	0,99
OLV	0,94	3,00	286,45	1,18	2,48	234,84	1,04
Mayonnaise							
MK	0,26	3,61	285,34	1,09	3,13	238,68	0,98
NVEG	0,10	1,38	109,26	0,42	1,20	91,40	0,38
OLV	0,10	1,42	111,80	0,43	1,23	93,52	0,39
Summe							
MK	0,26	3,61	285,34	1,09	3,13	238,68	0,98
NVEG	24,20	306,33	39776,55	260,43	236,97	31838,21	245,62
OLV	17,33	19,44	2103,73	11,10	17,23	1959,90	11,43

- nicht gesondert erfaßt

In der Lebensmittelgruppe **Brotaufstriche** wurden sämtliche Aufstriche nach dem Herstellungsverfahren Marmelade bilanziert (Tab. 87).

Tab. 87: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Brotaufstrichen im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Konventionell				Ökologisch		
	Verbrauch (kg)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
MK	3,30	48,52	3826,16	12,10	48,56	3822,79	12,21
NVEG	1,74	25,59	2017,95	6,38	25,61	2016,17	6,44
OLV	2,47	36,36	2867,06	9,06	36,39	2864,53	9,15

Unter **Süßungsmittel** wurde Zucker aus Zuckerrüben bilanziert. Eine ökologische Variante wurde nicht berechnet. Die Ergebnisse sind Tab. 88 zu entnehmen.

Tab. 88: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Süßungsmitteln, konventionelle Variante, im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

	Verbrauch (kg)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
MK	4,57	69,64	6005,36	21,15
NVEG	2,41	36,78	3171,79	11,17
OLV	2,20	33,53	2891,25	10,18

In der Lebensmittelgruppe **Süßspeisen** wurden zwei unterschiedliche Herstellungsverfahren eingesetzt. Eis wurde als Milcheis berechnet. Durch die Varianten (ökologisch, konventionell) bei der Milcherzeugung können diese Varianten auch beim Eis aufgeführt werden. Süßwaren und Schokolade werden gemeinsam als Süßwaren berechnet. Durch die ausschließliche Bilanzierung der konventionellen Zuckerrübe kann keine ökologische Variante angegeben werden, daher entsprechen sich die Werte in Tab. 89, sie sind angegeben, um die Summe nicht zu verfälschen.

Tab. 89: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Süßspeisen im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Konventionell				Ökologisch		
	Verbrauch (kg)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Zuckerwaren, Schokolade							
MK	3,73	68,20	5717,23	19,03	68,20	5717,23	19,03
NVEG	5,27	96,40	8081,10	26,90	96,40	8081,10	26,90
OLV	4,79	87,60	7343,36	24,44	87,60	7343,36	24,44
Eis							
MK	1,80	15,09	1253,23	976,05	14,61	1228,72	976,03
NVEG	1,27	10,66	885,18	689,40	10,32	867,87	689,39
OLV	0,76	6,35	527,22	410,62	6,15	516,91	410,61
Summe							
MK	5,53	83,30	6970,46	995,08	82,81	6945,96	995,06
NVEG	6,54	107,06	8966,28	716,30	106,72	8948,97	716,28
OLV	5,55	93,95	7870,59	435,06	93,75	7860,28	435,05

In der Gruppe **Getränke** wurde nach den Herstellungsverfahren bilanziert und diese Daten mit den Verzehrsmengen verknüpft. Die Ergebnisse sind in Tab. 90 aufgeführt. Die Bilanzierung von Leitungswasser wurde vernachlässigt.

Tab. 90: Primärenergieeinsatz und Emissionen für den Verbrauch von Getränken im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Konventionell				Ökologisch		
	Verbrauch (kg)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Mineralwasser							
MK	88,23	60,13	3994,91	4,53	60,13	3994,91	4,53
NVEG	138,60	94,46	6275,57	7,12	94,46	6275,57	7,12
OLV	165,42	112,74	7489,70	8,49	112,74	7489,70	8,49
Obst- und Gemüsesaft							
MK	30,77	141,16	12975,56	67,14	148,13	12975,32	68,77
NVEG	36,58	169,61	15244,49	77,71	171,19	15192,86	79,69
OLV	35,02	159,06	14576,55	68,87	158,99	14369,56	70,00
Limonaden							
MK	32,04	119,90	10396,21	40,66	120,38	10413,63	41,07
NVEG	1,32	4,93	427,28	1,67	4,95	428,00	1,69
OLV	4,01	15,00	1300,74	5,09	15,06	1302,92	5,14
Kaffee							
MK	9,19	32,56	3279,29	13,64	32,56	3279,29	13,64
NVEG	6,60	23,39	2355,93	9,80	23,39	2355,93	9,80
OLV	4,52	16,02	1613,60	6,71	16,02	1613,60	6,71
Tee							
MK	1,02	3,61	363,35	1,51	3,61	363,35	1,51
NVEG	3,08	10,93	1100,48	4,58	10,93	1100,48	4,58
OLV	3,83	13,56	1366,15	5,68	13,56	1366,15	5,68
Bier u.a.							
MK	36,32	1644,34	142012,34	543,49	1641,01	141342,36	541,92
NVEG	10,15	459,59	39691,79	151,90	458,65	39504,53	151,46
OLV	6,21	280,92	24261,67	92,85	280,35	24147,21	92,58
Wein, Sekt							
MK	27,40	131,76	11821,06	61,61	129,31	11309,05	65,41
NVEG	19,99	96,12	8624,03	44,95	94,34	8250,50	47,72
OLV	12,50	60,11	5393,34	28,11	59,00	5159,73	29,84
Spirituosen							
MK	1,24	22,86	3432,62	8,70	22,75	3017,29	7,70
NVEG	0,63	11,57	1736,75	4,40	11,51	1526,61	3,90
OLV	0,12	2,28	342,00	0,87	2,27	300,61	0,77
Summe							
MK	226,21	2156,33	188275,35	741,29	2157,88	186695,20	744,57
NVEG	216,95	870,60	75456,32	302,13	869,42	74634,48	305,95
OLV	231,63	659,70	56343,76	216,68	657,99	55749,50	219,22

6.2 Verpackung

Im folgenden werden, die Emissionen der Lebensmittelverpackungen bezogen auf den Verzehr der MK, NVEG und OLV dargestellt. Die Durchschnittsverpackungsgewichte sind jeweils in den Tabellen mit aufgeführt. Zur Berechnung wurde folgendermaßen vorgegangen. Die in Kap. 5.4.2 Verpackung der Lebensmittel aufgeführten Emissionswerte für die unterschiedlichen Packstoffe wurden mit den ermittelten Verpackungsgewichten multipliziert und auf in Kap. 4 Verbrauchsberechnung und Angleichung der Lebensmittelgruppen ermittelten Verbrauchswerte der drei Ernährungsweisen bezogen. Die Aufteilung erfolgt nach dem ebenfalls dort ermittelten 17 Lebensmittelgruppen. Es wird über den Verbrauch der 17 Lebensmittelgruppen jeweils die Summe gebildet. Diese 17 Werte gehen aufsummiert in Kap. 6.5 Gesamtbilanz ein und ermöglichen somit eine Gesamtbewertung der drei Ernährungsweisen. Die jeweils eingesetzten Packstoffe werden vor der entsprechenden Lebensmittelgruppe genannt.

Brot und Backwaren

In dieser Gruppe wurden für Brot und Brötchen Papierverpackungen angenommen. Für die ökologische Variante wurde ungebleichtes Recyclingpapier berechnet, für die konventionelle gebleichtes Papier. Für Knäckebrot waren keine unterschiedlichen Varianten ermittelbar. Es wurde von einer PP-Tüte mit Zellstoffkarton als Umverpackung ausgegangen. Für Kuchen wurden die gleichen Verpackungsvarianten wie für Brot und Brötchen eingesetzt. Salzgebäck und Kekse wurden ohne Variantenunterschied mit einer PP-Tütenverpackung berechnet. Für Pizza, die nur in der VWS separat aufgeführt ist, wurde Karton und PE-Folie als Verpackung herangezogen. Die Ergebnisse der Verpackungsberechnung der gesamten Lebensmittelgruppe sind Tab. 91 zu entnehmen.

Tab. 91: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Brot und Backwaren im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Einheit	Konventionell			Ökologisch		
		MK	NVEG	OLV	MK	NVEG	OLV
Brot							
Verpackungsgewicht	g	6,70	6,70	6,70	7,30	7,30	7,30
Verpackungsverbrauch	g	332,56	301,73	301,63	362,35	328,75	328,64
Primärenergieeinsatz	MJ	19,56	17,74	17,74	5,27	4,78	4,78
CO ₂ -Äquivalente	g	380,13	344,88	344,77	287,74	261,06	260,98
SO ₂ -Äquivalente	g	2,55	2,31	2,31	0,58	0,53	0,53
Knäckebrot							
Verpackungsgewicht	g	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00
Verpackungsverbrauch	g	119,57	211,55	247,32	119,57	211,55	247,32
Primärenergieeinsatz	MJ	6,76	11,96	13,98	6,76	11,96	13,98
CO ₂ -Äquivalente	g	132,10	233,72	273,23	132,10	233,72	273,23
SO ₂ -Äquivalente	g	1,11	1,97	2,30	1,11	1,97	2,30
Kuchen							
Verpackungsgewicht	g	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Verpackungsverbrauch	g	370,84	329,01	321,27	370,84	329,01	321,27
Primärenergieeinsatz	MJ	21,81	19,35	18,89	5,40	4,79	4,67
CO ₂ -Äquivalente	g	423,88	376,07	367,22	294,49	261,27	255,13
SO ₂ -Äquivalente	g	2,84	2,52	2,46	0,60	0,53	0,52
Salzgebäck, Kekse							
Verpackungsgewicht	g	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10
Verpackungsverbrauch	g	112,84	79,02	86,26	112,84	79,02	86,26
Primärenergieeinsatz	MJ	4,61	3,23	3,52	4,61	3,23	3,52
CO ₂ -Äquivalente	g	272,97	191,15	208,67	272,97	191,15	208,67
SO ₂ -Äquivalente	g	2,16	1,52	1,65	2,16	1,52	1,65
Pizza							
Verpackungsgewicht	g	-	76,03	76,03	-	76,03	76,03
Verpackungsverbrauch	g	-	1159,93	1159,93	-	1159,93	1159,93
Primärenergieeinsatz	MJ	-	66,71	66,71	-	66,71	66,71
CO ₂ -Äquivalente	g	-	1235,99	1235,99	-	1235,99	1235,99
SO ₂ -Äquivalente	g	-	10,10	10,10	-	10,10	10,10
Summe							
Primärenergieeinsatz	MJ	52,73	118,98	120,84	22,03	91,46	93,67
CO ₂ -Äquivalente	g	1209,08	2381,81	2429,89	987,30	2183,19	2234,00
SO ₂ -Äquivalente	g	8,66	18,42	18,83	4,46	14,65	15,10

- nicht gesondert erfaßt

In der Lebensmittelgruppe **Getreideprodukte und Nahrungsmittel** wurde die Gruppe Mehl, Grieß und Graupen in der ökologischen Variante mit einer Papiertüte aus Recyclingpapier berechnet, in der konventionellen mit einem Zellstoffkarton. Für die

Haferflockenverpackungen wurde für die ökologische Variante Recyclingpapier mit PP-Folie als Sichtfenster und für die konventionelle eine Tüte aus PP-Folie berechnet. Für Vollgetreide in der ökologischen Variante wurde eine PP-Tüte angenommen, in der konventionellen eine Kraftpapiertüte mit PP-Folie für das Sichtfenster. Reis wurde einheitlich mit einer PP-Tüte verpackt berechnet. Für Nudeln wurde eine PP-Tüte eingesetzt, wie sie üblicherweise bei Penne-Nudeln verwendet wird. Semmelknödel wurden nur in der VWS extra erfaßt. Sie wurden mit einer Verpackung aus Zellstoffkarton, Aluminiumfolie und PE-Folie berechnet. Die Bilanz ist Tab. 92 zu entnehmen.

Tab. 92: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Getreideprodukten und Nahrungsmitteln im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Einheit	Konventionell			Ökologisch		
		MK	NVEG	OLV	MK	NVEG	OLV
Mehl							
Verpackungsgewicht	g	24,00	24,00	24,00	5,60	5,60	5,60
Verpackungsverbrauch	g	395,60	118,61	134,55	92,31	27,68	31,40
CO ₂ -Äquivalente	g	386,56	115,90	131,48	51,72	15,51	17,59
SO ₂ -Äquivalente	g	3,31	0,99	1,13	0,45	0,14	0,15
Primärenergieeinsatz	MJ	22,95	6,88	7,81	2,35	0,70	0,80
Haferflocken							
Verpackungsgewicht	g	10,10	10,10	10,10	12,05	12,05	12,05
Verpackungsverbrauch	g	15,67	13,75	15,67	37,39	32,81	37,39
CO ₂ -Äquivalente	g	33,25	31,09	35,42	32,13	30,04	34,23
SO ₂ -Äquivalente	g	0,26	0,25	0,28	0,10	0,10	0,11
Primärenergieeinsatz	MJ	0,62	0,58	0,66	0,58	0,54	0,62
Vollgetreide							
Verpackungsgewicht	g	8,50	8,50	8,50	4,00	4,00	4,00
Verpackungsverbrauch	g	2,05	289,15	303,49	0,96	136,07	142,82
CO ₂ -Äquivalente	g	2,68	378,26	397,01	2,33	329,18	345,50
SO ₂ -Äquivalente	g	0,02	2,65	2,78	0,02	2,61	2,74
Primärenergieeinsatz	MJ	0,12	16,33	17,14	0,04	5,55	5,83
Reis							
Verpackungsgewicht	g	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90
Verpackungsverbrauch	g	4,17	28,81	19,73	4,17	28,81	19,73
CO ₂ -Äquivalente	g	10,09	69,70	47,73	10,09	69,70	47,73
SO ₂ -Äquivalente	g	0,08	0,55	0,38	0,08	0,55	0,38
Primärenergieeinsatz	MJ	0,17	1,18	0,81	0,17	1,18	0,81

Tab. 92 (Forts.)

Variante	Einheit	Konventionell			Ökologisch		
		MK	NVEG	OLV	MK	NVEG	OLV
Nudeln							
Verpackungsgewicht	g	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25
Verpackungsverbrauch	g	10,95	41,61	0,15	10,95	41,61	0,15
CO ₂ -Äquivalente	g	26,49	100,66	130,24	26,49	100,66	130,24
SO ₂ -Äquivalente	g	0,21	0,80	1,03	0,21	0,80	1,03
Primärenergieeinsatz	MJ	0,45	1,70	2,20	0,45	1,70	2,20
Semmelknödel							
Verpackungsgewicht	g	-	51,60	51,60	-	51,60	51,60
Verpackungsverbrauch	g	-	44,57	27,62	-	44,57	27,62
CO ₂ -Äquivalente	g	-	118,00	73,13	-	118,00	73,13
SO ₂ -Äquivalente	g	-	0,93	0,57	-	0,93	0,57
Primärenergieeinsatz	MJ	-	3,67	2,28	-	3,67	2,28
Summe							
CO ₂ -Äquivalente	g	459,07	813,61	815,01	122,76	663,09	648,42
SO ₂ -Äquivalente	g	3,88	6,16	6,17	0,86	5,12	4,99
Primärenergieeinsatz	MJ	24,31	30,34	30,89	3,58	13,35	12,52

- nicht gesondert erfasst

In der Gruppe **Kartoffeln und Kartoffelerzeugnisse** wurde für die ökologische Variante ein Papierbodenbeutel aus Recyclingpapier angenommen, für die konventionelle ein PE-Netz. Für Kartoffelerzeugnisse wurde eine Verpackung aus Aluminiumtüte und Zellstoffkarton gewählt, wie sie für Kartoffelpüree verwendet wird. Die Bilanzergebnisse sind Tab. 93 zu entnehmen.

Tab. 93: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Kartoffeln und Kartoffelerzeugnisse im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Konventionell			Ökologisch			
	Einheit	MK	NVEG	OLV	MK	NVEG	OLV
Kartoffeln							
Verpackungsgewicht	g	2,40	2,40	2,40	14,00	14,00	14,00
Verpackungsverbrauch	g	72,20	51,95	44,87	252,70	181,83	157,06
CO ₂ -Äquivalente	g	205,37	147,77	127,64	200,67	144,40	124,72
SO ₂ -Äquivalente	g	1,14	0,82	0,71	0,41	0,29	0,25
Primärenergieeinsatz	MJ	3,37	2,43	2,10	3,68	2,65	2,29
Kartoffelerzeugnisse							
Verpackungsgewicht	g	42,40	42,40	42,40	42,40	42,40	42,40
Verpackungsverbrauch	g	131,16	753,29	432,55	131,16	753,29	432,55
CO ₂ -Äquivalente	g	393,11	2257,75	1296,44	393,11	2257,75	1296,44
SO ₂ -Äquivalente	g	3,20	18,39	10,56	3,20	18,39	10,56
Primärenergieeinsatz	MJ	12,29	70,60	40,54	12,29	70,60	40,54
Summe							
CO ₂ -Äquivalente	g	598,47	2405,53	1424,08	593,78	2402,15	1421,16
SO ₂ -Äquivalente	g	4,35	19,21	11,27	3,61	18,68	10,81
Primärenergieeinsatz	MJ	15,67	73,03	42,64	15,97	73,25	42,83

In der Lebensmittelgruppe **Gemüse und Hülsenfrüchte** sind einerseits rohe und erhitzte Lebensmittel enthalten. Für die Rohware wurde in der ökologischen Variante eine Papiertüte aus Recyclingpapier und für die konventionelle eine Tüte aus PE angenommen. Für die erhitzte Ware wurde ohne Unterschied eine Konservendose aus Weißblech gewählt. Tiefkühlgemüse wird nur in der NVS extra ausgewiesen. Es wurde eine Verpackung aus Zellstoffkarton berechnet. Für Hülsenfrüchte wurde ebenfalls eine Weißblechdose berechnet. Die Ergebnisse sind Tab. 94 zu entnehmen.

Tab. 94: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Gemüse und Hülsenfrüchten im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Einheit	Konventionell			Ökologisch		
		MK	NVEG	OLV	MK	NVEG	OLV
Gemüse roh							
Verpackungsgewicht	g	1,90	1,90	1,90	15,00	15,00	15,00
Verpackungsverbrauch	g	44,54	274,30	326,53	351,60	2165,53	2577,90
CO ₂ -Äquivalente	g	113,45	698,75	831,82	279,21	1719,67	2047,14
SO ₂ -Äquivalente	g	0,64	3,97	4,73	0,57	3,49	4,15
Primärenergieeinsatz	MJ	2,14	13,18	15,68	5,12	31,51	37,51
Gemüse erhitzt							
Verpackungsgewicht	g	53,00	53,00	53,00	188,90	188,90	188,90
Verpackungsverbrauch	g	1370,27	2913,03	3129,86	5096,19	10833,91	11640,31
CO ₂ -Äquivalente	g	4806,30	10217,63	10978,15	4592,68	9763,50	10490,22
SO ₂ -Äquivalente	g	13,99	29,73	31,94	24,36	51,78	55,64
Primärenergieeinsatz	MJ	55,46	117,91	126,69	72,53	154,18	165,66
Hülsenfrüchte							
Verpackungsgewicht	g	51,90	51,90	51,90	51,90	51,90	51,90
Verpackungsverbrauch	g	1282,10	2255,03	1846,61	1282,10	2255,03	1846,61
CO ₂ -Äquivalente	g	4498,88	7912,93	6479,77	4498,88	7912,93	6479,77
SO ₂ -Äquivalente	g	13,09	23,02	18,85	13,09	23,02	18,85
Primärenergieeinsatz	MJ	51,88	91,26	74,73	51,88	91,26	74,73
Tiefkühlgemüse							
Verpackungsgewicht	g	21,30	-	-	21,30	-	-
Verpackungsverbrauch	g	132,94	-	-	132,94	-	-
CO ₂ -Äquivalente	g	130,49	-	-	130,49	-	-
SO ₂ -Äquivalente	g	1,11	-	-	1,11	-	-
Primärenergieeinsatz	MJ	7,71	-	-	7,71	-	-
Summe							
CO ₂ -Äquivalente	g	9549,13	18829,31	18289,74	9501,27	19396,10	19017,14
SO ₂ -Äquivalente	g	28,83	56,72	55,52	39,13	78,29	78,64
Primärenergieeinsatz	MJ	117,20	222,34	217,10	137,24	276,95	277,90

- nicht gesondert erfaßt

Für die Lebensmittelgruppe **Sojaprodukte** wurden drei Verpackungsvarianten, die ohne Variantenunterschied (ökologisch, konventionell) berechnet werden ermittelt. Einerseits die Sojanudelpackung aus PP-Folie, die Tofuverpackung aus PE und die Sojamilch und –soßenverpackung aus Glas (Tab. 95).

Tab. 95: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Sojaprodukten im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

	Einheit	MK	NVEG	OLV
Sojanudeln				
Verpackungsgewicht	g	3,48	3,48	3,48
Verpackungsverbrauch	g	0,33	1,17	0,61
CO ₂ -Äquivalente	g	0,80	2,83	1,47
SO ₂ -Äquivalente	g	0,01	0,02	0,01
Primärenergieeinsatz	MJ	0,01	0,05	0,02
Tofu				
Verpackungsgewicht	g	4,00	4,00	4,00
Verpackungsverbrauch	g	50,52	50,52	76,07
CO ₂ -Äquivalente	g	143,69	143,69	216,36
SO ₂ -Äquivalente	g	0,80	0,80	1,20
Primärenergieeinsatz	MJ	2,36	2,36	3,56
Sojamilch				
Verpackungsgewicht	g	366,10	366,10	366,10
Verpackungsverbrauch	g	96,21	820,47	1318,89
CO ₂ -Äquivalente	g	7,87	67,07	107,82
SO ₂ -Äquivalente	g	0,03	0,27	0,43
Primärenergieeinsatz	MJ	0,13	1,13	1,82
Summe				
CO ₂ -Äquivalente	g	152,35	213,59	325,66
SO ₂ -Äquivalente	g	0,84	1,09	1,65
Primärenergieeinsatz	MJ	2,51	3,54	5,40

Für die Lebensmittelgruppe **Obst und Obstprodukte** wurden für Frischobst in der ökologischen Variante Papiertüten, in der konventionellen PE-Tüten berechnet. Tiefkühl Obst wurde mit Zellstoffkarton berechnet, es wurde nur in der NVS gesondert erfaßt. Für erhitztes Obst wurden Obstkompott im Weißglas für die konventionelle Variante und Papiertüten für die ökologische berechnet. Bei letzterer wurde davon ausgegangen, daß das Obst frisch gekauft und selbst erhitzt wurde. Für Trockenobst wurde in beiden Varianten PP-Tüten berechnet. Die Ergebnisse sind Tab. 96 zu entnehmen.

Tab. 96: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Obst und Obstprodukten im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Einheit	Konventionell			Ökologisch		
		MK	NVEG	OLV	MK	NVEG	OLV
Obst, roh							
Verpackungsgewicht	g	15,00	1,90	1,90	1,90	15,00	15,00
Verpackungsverbrauch	g	756,92	268,86	316,21	95,88	2122,55	2496,38
CO ₂ -Äquivalente	g	601,08	684,89	805,51	244,24	1685,54	1982,41
SO ₂ -Äquivalente	g	1,22	3,89	4,58	1,39	3,42	4,02
Primärenergieeinsatz	MJ	11,01	12,91	15,19	4,61	30,88	36,32
Obstkompott							
Verpackungsgewicht	g	15,00	317,70	317,70	317,70	15,00	15,00
Verpackungsverbrauch	g	28,47	3915,28	3531,96	837,49	133,10	120,07
CO ₂ -Äquivalente	g	22,61	3309,04	2985,08	707,82	105,69	95,35
SO ₂ -Äquivalente	g	0,05	18,17	16,39	3,89	0,21	0,19
Primärenergieeinsatz	MJ	0,41	53,40	48,18	11,42	1,94	1,75
Trockenobst							
Verpackungsgewicht	g	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30
Verpackungsverbrauch	g	4,24	41,05	40,57	4,24	41,05	40,57
CO ₂ -Äquivalente	g	8,76	84,82	83,82	8,76	84,82	83,82
SO ₂ -Äquivalente	g	0,07	0,67	0,66	0,07	0,67	0,66
Primärenergieeinsatz	MJ	0,19	1,82	1,79	0,19	1,82	1,79
Tiefkühl Obst							
Verpackungsgewicht	g	22,70	-	-	22,70	-	-
Verpackungsverbrauch	g	12,70	-	-	12,70	-	-
CO ₂ -Äquivalente	g	12,47	-	-	12,47	-	-
SO ₂ -Äquivalente	g	0,11	-	-	0,11	-	-
Primärenergieeinsatz	MJ	0,74	-	-	0,74	-	-
Summe							
CO ₂ -Äquivalente	g	644,92	4078,74	3874,41	973,28	1876,05	2161,58
SO ₂ -Äquivalente	g	1,44	22,73	21,63	5,45	4,30	4,87
Primärenergieeinsatz	MJ	12,35	68,13	65,16	16,95	34,63	39,86

- nicht gesondert erfaßt

Für die Gruppe **Nüsse und Samen** wurde einheitlich eine Verpackung mit PP-Tüte gewählt und berechnet (Tab. 97).

Tab. 97: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Nüssen und Samen im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

	Einheit	MK	NVEG	OLV
Verpackungsgewicht	g	2,60	2,60	2,60
Verpackungsverbrauch	g	16,23	153,17	200,67
CO ₂ -Äquivalente	g	39,26	370,54	485,45
SO ₂ -Äquivalente	g	0,31	2,94	3,85
Primärenergieeinsatz	MJ	0,66	6,25	8,19

In der Gruppe **Milch und Milchprodukte** wurde in der ökologischen Variante eine wiederverwertbare Milchflasche aus Weißglas mit 25 Umläufen berechnet. Die Umlaufanzahl wurde UBA (1995) entnommen. Für die konventionelle Variante wurde ein Schlauchbeutel aus PE berechnet. Für Kakaogetränke wurde einheitlich eine Verbundkartonverpackung berechnet. Für Joghurt und Dickmilch wurde einerseits (ökologische Variante) Glas, andererseits (konventionelle Variante) ein PS-Becher berechnet. Zu Joghurt wurde auch die lediglich in der VWS extra ausgewiesene Gruppe Molke und Brottrunk gezählt. Sahne wurde einerseits in der ökologischen Variante in Glas-, in der konventionellen in PS-Becher verpackt berechnet. Für Kondensmilch wurde einerseits ökologisch Glas, andererseits konventionell Weißblechdose gewählt. Die Ergebnisse sind Tab. 98 zu entnehmen.

Tab. 98: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Milch und Milchprodukten im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Einheit	Konventionell			Ökologisch		
		MK	NVEG	OLV	MK	NVEG	OLV
Milch							
Verpackungsgewicht	g	6,10	6,10	6,10	411,45	411,45	411,45
Verpackungsverbrauch	g	252,44	340,94	266,67	921,45	1244,50	973,38
CO ₂ -Äquivalente	g	662,18	894,34	699,50	1297,06	1751,80	1370,16
SO ₂ -Äquivalente	g	3,95	5,34	4,18	5,68	7,67	6,00
Primärenergieeinsatz	MJ	10,94	14,78	11,56	20,12	27,17	21,25
Kakaogetränke							
Verpackungsgewicht	g	7,47	7,47	7,47	7,47	7,47	7,47
Verpackungsverbrauch	g	89,43	76,56	37,74	89,43	76,56	37,74
CO ₂ -Äquivalente	g	174,49	149,38	73,63	174,49	149,38	73,63
SO ₂ -Äquivalente	g	1,03	0,88	0,43	1,03	0,88	0,43
Primärenergieeinsatz	MJ	5,07	4,34	2,14	5,07	4,34	2,14
Joghurt, Dickmilch							
Verpackungsgewicht	g	14,56	14,56	14,56	247,30	247,30	247,30
Verpackungsverbrauch	g	729,14	809,49	505,19	1031,41	1145,07	714,62
CO ₂ -Äquivalente	g	2980,52	3308,99	2065,08	2298,28	2551,56	1592,38
SO ₂ -Äquivalente	g	17,27	19,17	11,97	8,43	9,36	5,84
Primärenergieeinsatz	MJ	46,01	51,08	31,88	31,08	34,50	21,53
Sahne							
Verpackungsgewicht	g	8,80	8,80	8,80	187,70	187,70	187,70
Verpackungsverbrauch	g	213,15	373,75	358,59	689,91	689,91	661,92
CO ₂ -Äquivalente	g	871,11	1527,45	1465,49	1613,67	1613,67	1548,22
SO ₂ -Äquivalente	g	5,05	8,85	8,49	5,54	5,54	5,31
Primärenergieeinsatz	MJ	13,45	23,58	22,62	21,12	21,12	20,26
Kondensmilch							
Verpackungsgewicht	g	27,70	27,70	27,70	123,40	123,40	123,40
Verpackungsverbrauch	g	93,37	485,30	485,30	415,97	503,40	415,97
CO ₂ -Äquivalente	g	328,81	1708,96	1708,96	93,10	468,45	387,09
SO ₂ -Äquivalente	g	0,95	4,96	4,96	0,53	2,71	2,24
Primärenergieeinsatz	MJ	3,77	19,61	19,61	1,49	7,73	6,38
Summe							
CO ₂ -Äquivalente	g	5017,11	7589,12	6012,66	5476,61	6534,87	4971,48
SO ₂ -Äquivalente	g	28,25	39,20	30,03	21,21	26,16	19,83
Primärenergieeinsatz	MJ	79,24	113,39	87,80	78,87	94,86	71,57

In der Lebensmittelgruppe **Käse, Quark und Eier** wurde für Käse in der ökologischen Variante eine Verpackung aus Papier und PE-Folie in der konventionellen nur PE-Folie berechnet. In der ökologischen Variante wird durch den Einsatz von Papier PE eingespart.

Für Quark wurde in der ökologischen Variante Glas angenommen in der konventionellen PP-Verpackung. Für Eier wurden einerseits unetikettierte Eierkartons (ökologisch), andererseits etikettierte (konventionell) berechnet. Die Ergebnisse sind Tab. 99 zu entnehmen.

Tab. 99: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Käse, Quark und Eiern im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Einheit	Konventionell			Ökologisch		
		MK	NVEG	OLV	MK	NVEG	OLV
Eier							
Verpackungsgewicht	g	31,70	31,70	31,70	30,20	30,20	30,20
Verpackungsverbrauch	g	1269,67	562,33	336,70	535,72	535,72	320,77
CO ₂ -Äquivalente	g	1245,14	551,46	330,20	525,83	525,83	314,85
SO ₂ -Äquivalente	g	10,56	4,68	2,80	4,49	4,49	2,69
Primärenergieeinsatz	MJ	73,48	32,54	19,49	31,08	31,08	18,61
Käse							
Verpackungsgewicht	g	4,00	4,00	4,00	8,80	8,80	8,80
Verpackungsverbrauch	g	361,61	635,98	551,18	874,47	874,47	757,87
CO ₂ -Äquivalente	g	874,80	1538,53	1333,40	1590,15	1590,15	1378,13
SO ₂ -Äquivalente	g	6,94	12,20	10,57	9,72	9,72	8,43
Primärenergieeinsatz	MJ	14,76	25,96	22,50	44,79	44,79	38,82
Quark							
Verpackungsgewicht	g	6,36	6,36	6,36	187,70	187,70	187,70
Verpackungsverbrauch	g	177,45	245,51	210,88	627,06	627,06	538,60
CO ₂ -Äquivalente	g	801,32	1108,69	952,28	1466,67	1466,67	1259,76
SO ₂ -Äquivalente	g	4,97	6,87	5,90	5,03	5,03	4,32
Primärenergieeinsatz	MJ	13,38	18,52	15,90	19,19	19,19	16,48
Summe							
CO ₂ -Äquivalente	g	2921,27	3198,68	2615,87	3582,65	3582,65	2952,74
SO ₂ -Äquivalente	g	22,46	23,75	19,27	19,24	19,24	15,44
Primärenergieeinsatz	MJ	101,62	77,02	57,89	95,06	95,06	73,91

In der Lebensmittelgruppe **Fleisch, Fleischwaren und Wurst** wurde für die ökologische Variante eine PP-Verpackung angenommen, für die konventionelle eine Schaumstoffschale mit PE-Folie ummantelt. Für Schinken wurde in der ökologischen Variante Kraftpapier mit PE-Folie angenommen, konventionell nur PE-Folie. Dies entspricht der Verpackung bei Käse. Dort wird ebenfalls in der ökologischen Variante ein Verpackungsmix eingesetzt um PE einzusparen. Für Wurst in der ökologischen Variante wurde Papier mit PE-Folie angenommen, für die konventionelle nur PE-Folie. Die

Ergebnisse sind in Tab. 100 aufgezeigt. Die OLV sind nicht aufgeführt, da sie kein Fleisch verzehren.

Tab. 100: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Fleisch, Fleischwaren und Wurst im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Einheit	Konventionell		Ökologisch	
		MK	NVEG	MK	NVEG
Fleisch					
Verpackungsgewicht	g	10,14	10,14	14,90	14,90
Verpackungsverbrauch	g	1934,59	1934,59	189,86	189,86
CO ₂ -Äquivalente	g	13742,41	13742,41	459,30	459,30
SO ₂ -Äquivalente	g	94,80	94,80	3,64	3,64
Primärenergieeinsatz	MJ	171,59	171,59	7,75	7,75
Schinken					
Verpackungsgewicht	g	4,60	4,60	8,80	8,80
Verpackungsverbrauch	g	101,58	23,17	194,33	44,33
CO ₂ -Äquivalente	g	288,93	65,91	353,37	80,60
SO ₂ -Äquivalente	g	1,61	0,37	2,16	0,49
Primärenergieeinsatz	MJ	4,75	1,08	9,95	2,27
Wurst					
Verpackungsgewicht	g	9,00	9,00	8,80	8,80
Verpackungsverbrauch	g	1904,48	132,63	744,86	51,87
CO ₂ -Äquivalente	g	5417,10	377,26	1547,08	94,33
SO ₂ -Äquivalente	g	30,16	2,10	9,35	0,58
Primärenergieeinsatz	MJ	89,01	6,20	41,31	2,66
Summe					
CO ₂ -Äquivalente	g	19448,45	14185,58	2359,75	634,23
SO ₂ -Äquivalente	g	126,57	97,27	15,16	4,71
Primärenergieeinsatz	MJ	265,35	178,87	59,02	12,68

In der Lebensmittelgruppe **Fische und Meeresfrüchte** wurden keine Variantenunterschiede für ökologisch und konventionell erzeugte Produkte ermittelt. Für Fisch wurde eine Verpackung aus PE-Folie angenommen, für Fischkonserve eine Weißblechdose und für Meeresfrüchte ein Beutel aus PE-Folie. Die Ergebnisse sind Tab. 101 zu entnehmen. Die OLV sind nicht aufgeführt, da sie kein Fleisch verzehren.

Tab. 101: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Fisch und -erzeugnissen im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

	Einheit	MK	NVEG
Fisch			
Verpackungsgewicht	g	15,60	15,60
Verpackungsverbrauch	g	329,73	340,40
CO ₂ -Äquivalente	g	864,93	892,90
SO ₂ -Äquivalente	g	5,16	5,33
Primärenergieeinsatz	MJ	14,29	14,76
Fischkonserven			
Verpackungsgewicht	g	37,20	37,20
Verpackungsverbrauch	g	646,31	221,77
CO ₂ -Äquivalente	g	2294,71	787,40
SO ₂ -Äquivalente	g	6,63	2,27
Primärenergieeinsatz	MJ	26,00	8,92
Meeresfrüchte			
Verpackungsgewicht	g	8,60	8,60
Verpackungsverbrauch	g	10,88	27,13
CO ₂ -Äquivalente	g	26,33	65,64
SO ₂ -Äquivalente	g	0,21	0,52
Primärenergieeinsatz	MJ	0,44	1,11
Summe			
CO ₂ -Äquivalente	g	3185,97	1745,95
SO ₂ -Äquivalente	g	12,00	8,13
Primärenergieeinsatz	MJ	40,74	24,79

In der Lebensmittelgruppe **Fette und Öle** wurde kein Variantenunterschied berechnet. Eine Ausnahme stellen die Pflanzenfette dar, die in der ökologischen Variante mit Kraftpapier und in der konventionellen mit Verbundfolie aus aluminiumbeschichtetem Kraftpapier berechnet wurden. Für Butter wurde eine Papier/Aluminium Verbundverpackung gewählt, für Margarine ein PP-Becher, für Speiseöl eine Weißglasflasche. Die Ergebnisse sind Tab. 102 zu entnehmen.

Tab. 102: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Fetten und Ölen im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Einheit	Konventionell			Ökologisch		
		MK	NVEG	OLV	MK	NVEG	OLV
Butter							
Verpackungsgewicht	g	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Verpackungsverbrauch	g	122,55	72,14	77,83	122,55	72,14	77,83
CO ₂ -Äquivalente	g	484,72	285,33	307,85	484,72	285,33	307,85
SO ₂ -Äquivalente	g	3,50	2,06	2,22	3,50	2,06	2,22
Primärenergieeinsatz	MJ	12,50	7,36	7,94	12,50	7,36	7,94
Margarine							
Verpackungsgewicht	g	17,10	17,10	17,10	17,10	17,10	17,10
Verpackungsverbrauch	g	181,25	46,56	35,95	181,25	46,56	35,95
CO ₂ -Äquivalente	g	517,44	132,92	102,63	517,44	132,92	102,63
SO ₂ -Äquivalente	g	3,54	0,91	0,70	3,54	0,91	0,70
Primärenergieeinsatz	MJ	8,61	2,21	1,71	8,61	2,21	1,71
Speiseöl							
Verpackungsgewicht	g	484,60	484,60	484,60	484,60	484,60	484,60
Verpackungsverbrauch	g	1613,14	2014,06	2396,12	1613,14	2014,06	2396,12
CO ₂ -Äquivalente	g	1269,43	1584,94	1885,59	1269,43	1584,94	1885,59
SO ₂ -Äquivalente	g	7,46	9,32	11,09	7,46	9,32	11,09
Primärenergieeinsatz	MJ	21,54	26,89	32,00	21,54	26,89	32,00
Speck							
Verpackungsgewicht	g	3,00	3,00	-	3,00	3,00	-
Verpackungsverbrauch	g	23,61	1,10	-	23,61	1,10	-
CO ₂ -Äquivalente	g	93,38	4,33	-	93,38	4,33	-
SO ₂ -Äquivalente	g	0,67	0,03	-	0,67	0,03	-
Primärenergieeinsatz	MJ	2,41	0,11	-	2,41	0,11	-
Pflanzenfett							
Verpackungsgewicht	g	4,50	4,50	4,50	3,7	3,7	3,7
Verpackungsverbrauch	g	17,28	17,28	17,28	4,43	6,32	4,43
CO ₂ -Äquivalente	g	68,34	68,34	68,34	4,27	6,09	4,27
SO ₂ -Äquivalente	g	0,49	0,49	0,49	0,03	0,05	0,03
Primärenergieeinsatz	MJ	1,76	1,76	1,76	0,24	0,35	0,24
Summe							
CO ₂ -Äquivalente	g	2433,32	2075,86	2364,42	2369,24	2013,61	2300,34
SO ₂ -Äquivalente	g	15,68	12,82	14,51	15,22	12,37	14,05
Primärenergieeinsatz	MJ	46,82	38,34	43,41	45,31	36,93	41,89

- kein Verzehr

Die Gruppe **Suppen, Soßen Dressings, Feinkostsalate und Fertigprodukte** wurde außer für Mayonnaise nur in der VWS extra erfaßt. Für diese wurde einheitlich eine

Weißglasverpackung angenommen. Es wurde eine Weißblechdose für Eintopf angenommen, eine PP-Schale für Feinkostsalate, eine Glasflasche für Tomatenketchup und –mark. Die Ergebnisse sind Tab. 103 zu entnehmen.

Tab. 103: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Suppen, Soßen und Dressings im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

	Einheit	MK	NVEG	OLV
Suppe, Eintopf				
Verpackungsgewicht	g	-	3,00	3,00
Verpackungsverbrauch	g	-	72,14	77,83
CO ₂ -Äquivalente	g	-	285,33	307,85
SO ₂ -Äquivalente	g	-	2,06	2,22
Primärenergieeinsatz	MJ	-	7,36	7,94
Feinkostsalat				
Verpackungsgewicht	g	-	6,65	6,65
Verpackungsverbrauch	g	-	19,66	16,38
CO ₂ -Äquivalente	g	-	56,13	46,77
SO ₂ -Äquivalente	g	-	0,38	0,32
Primärenergieeinsatz	MJ	-	0,93	0,78
Tomatenketchup				
Verpackungsgewicht	g	-	214,10	214,10
Verpackungsverbrauch	g	-	265,70	286,54
CO ₂ -Äquivalente	g	-	221,24	238,58
SO ₂ -Äquivalente	g	-	1,23	1,32
Primärenergieeinsatz	MJ	-	3,60	3,89
Mayonnaise				
Verpackungsgewicht	g	125,40	125,40	125,40
Verpackungsverbrauch	g	185,70	70,62	73,23
CO ₂ -Äquivalente	g	180,58	68,67	71,21
SO ₂ -Äquivalente	g	0,92	0,35	0,36
Primärenergieeinsatz	MJ	2,78	1,06	1,10
Summe				
CO ₂ -Äquivalente	g	180,58	631,37	664,41
SO ₂ -Äquivalente	g	0,92	4,02	4,23
Primärenergieeinsatz	MJ	2,78	12,96	13,70

Für die Gruppe **Brotaufstriche** wurden einheitlich Marmeladengläser (Weißglas) berechnet. Die Ergebnisse sind Tab. 104 zu entnehmen.

Tab. 104: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Brotaufstrichen im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

	Einheit	MK	NVEG	OLV
Marmelade				
Verpackungsgewicht	g	202,90	202,90	202,90
Verpackungsverbrauch	g	1486,11	785,02	1102,65
CO ₂ -Äquivalente	g	1479,50	781,53	1097,74
SO ₂ -Äquivalente	g	7,45	3,93	5,53
Primärenergieeinsatz	MJ	22,58	11,93	16,75

Für die Lebensmittelgruppe **Süßungsmittel** wurden lediglich für Zucker mit Variantenunterschied gerechnet. Es wurde hierbei in der ökologischen Variante Recyclingpapier in der konventionellen Kraftpapier eingesetzt. Für Honig wurde Weißglas, für Süßstoff ein Süßstoffspender aus PP berechnet. Die Ergebnisse sind Tab. 105 zu entnehmen.

Tab. 105: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Süßungsmitteln im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Einheit	Konventionell			Ökologisch		
		MK	NVEG	OLV	MK	NVEG	OLV
Zucker							
Verpackungsgewicht	g	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80
Verpackungsverbrauch	g	22,41	3,27	1,77	22,41	3,27	1,77
CO ₂ -Äquivalente	g	17,79	3,74	2,02	25,61	2,60	1,40
SO ₂ -Äquivalente	g	0,04	0,03	0,01	0,17	0,01	0,00
Primärenergieeinsatz	MJ	0,33	0,19	0,10	1,32	0,05	0,03
Honig							
Verpackungsgewicht	g	241,30	241,30	241,30	241,30	241,30	241,30
Verpackungsverbrauch	g	692,27	915,97	924,78	692,27	915,97	924,78
CO ₂ -Äquivalente	g	601,98	796,51	804,17	601,98	796,51	804,17
SO ₂ -Äquivalente	g	3,61	4,78	4,82	3,61	4,78	4,82
Primärenergieeinsatz	MJ	10,33	13,67	13,80	10,33	13,67	13,80
Süßstoff							
Verpackungsgewicht	g	28,50	28,50	28,50	28,50	28,50	28,50
Verpackungsverbrauch	g	100,53	37,70	20,94	100,53	37,70	20,94
CO ₂ -Äquivalente	g	383,46	143,80	79,89	383,46	143,80	79,89
SO ₂ -Äquivalente	g	2,11	0,79	0,44	2,11	0,79	0,44
Primärenergieeinsatz	MJ	5,55	2,08	1,16	5,55	2,08	1,16
Summe							
CO ₂ -Äquivalente	g	1003,24	944,06	886,08	1011,05	942,91	885,46
SO ₂ -Äquivalente	g	5,75	5,59	5,28	5,89	5,57	5,27
Primärenergieeinsatz	MJ	16,21	15,95	15,06	17,20	15,80	14,99

In der Lebensmittelgruppe **Süßspeisen** wird nicht zwischen ökologischer und konventioneller Verpackung unterschieden. Die Bonbonverpackungen werden als PP berechnet. Die Speiseeisverpackungen als PS-Becher. Für Schokolade wurde eine ökologische Variante aus Papier und PP-Folie und eine konventionelle aus Papier und Aluminiumfolie ermittelt. Die Ergebnisse sind Tab. 106 zu entnehmen.

Tab. 106: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Süßspeisen im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Einheit	Konventionell			Ökologisch		
		MK	NVEG	OLV	MK	NVEG	OLV
Bonbons							
Verpackungsgewicht	g	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
Verpackungsverbrauch	g	0,36	0,47	0,47	0,36	0,47	0,47
CO ₂ -Äquivalente	g	0,86	1,14	1,13	0,86	1,14	1,13
SO ₂ -Äquivalente	g	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Primärenergieeinsatz	MJ	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
Schokolade							
Verpackungsgewicht	g	4,50	4,50	4,50	5,30	5,30	5,30
Verpackungsverbrauch	g	131,56	131,56	131,56	40,24	79,12	40,24
CO ₂ -Äquivalente	g	350,38	350,38	350,38	49,82	97,96	49,82
SO ₂ -Äquivalente	g	2,76	2,76	2,76	0,38	0,75	0,38
Primärenergieeinsatz	MJ	11,27	11,27	11,27	2,10	4,14	2,10
Speiseeis							
Verpackungsgewicht	g	33,70	33,70	33,70	33,70	33,70	33,70
Verpackungsverbrauch	g	60,76	42,93	25,59	60,76	42,93	25,59
CO ₂ -Äquivalente	g	231,77	163,74	97,59	231,77	163,74	97,59
SO ₂ -Äquivalente	g	1,27	0,90	0,54	1,27	0,90	0,54
Primärenergieeinsatz	MJ	3,36	2,37	1,41	3,36	2,37	1,41
Summe							
CO ₂ -Äquivalente	g	583,01	515,26	449,10	282,45	262,84	148,54
SO ₂ -Äquivalente	g	4,03	3,66	3,30	1,66	1,66	0,93
Primärenergieeinsatz	MJ	14,64	13,66	12,70	5,48	6,53	3,54

In der Lebensmittelgruppe **Getränke** wurde für Mineralwasser ohne Variantenunterschied eine Mehrweg Grünglasflasche mit 40 Umläufen berechnet (UBA 1995). Für Säfte wurde eine ökologische Variante mit Mehrweg Weißglasflasche und konventionell Verbundkarton berechnet. Bei Limonaden wurde einerseits als ökologische Variante Mehrweg Weißglasflaschen mit 30 Umläufen und als konventionelle PET Flaschen mit 10 Umläufen angenommen (UBA 1995, Prognos 1998). Für Kaffee wurde ohne Variantenunterschied eine Verpackung aus Kraftpapier und Aluminium angenommen; für Tee, ebenfalls ohne Variantenunterschied, Papiertüten aus Kraftpapier. Für Bier wurden einerseits in der ökologischen Variante Braunglasflaschen mit 50 Umläufen angenommen, andererseits in der konventionellen Aluminiumdosen (UBA 1995). Für Wein wurden einheitlich Weißglasflaschen berechnet. Ebenso für Spirituosen. Die Ergebnisse sind Tab. 107 zu entnehmen.

Tab. 107: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Verpackung von Getränken im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Einheit	Konventionell			Ökologisch		
		MK	NVEG	OLV	MK	NVEG	OLV
Mineralwasser							
Verpackungsgewicht	g	551,80	551,80	551,80	551,80	551,80	551,80
Verpackungsverbrauch	g	2173,43	3414,22	4074,35	2173,43	3414,22	4074,35
CO ₂ -Äquivalente	g	2259,17	3548,90	4235,07	2259,17	3548,90	4235,07
SO ₂ -Äquivalente	g	13,71	21,53	25,69	13,71	21,53	25,69
Primärenergieeinsatz	MJ	46,02	72,29	86,27	46,02	72,29	86,27
Saft							
Verpackungsgewicht	g	29,90	29,90	29,90	453,20	453,20	453,20
Verpackungsverbrauch	g	920,12	1093,64	1047,26	663,01	788,05	754,63
CO ₂ -Äquivalente	g	1795,26	2133,83	2043,33	516,52	613,93	587,90
SO ₂ -Äquivalente	g	10,56	12,55	12,01	3,02	3,59	3,44
Primärenergieeinsatz	MJ	52,16	62,00	59,37	8,72	10,37	9,93
Limonaden							
Verpackungsgewicht	g	110,40	110,40	110,40	422,80	422,80	422,80
Verpackungsverbrauch	g	235,81	9,70	29,50	451,55	18,57	56,48
CO ₂ -Äquivalente	g	1100,50	45,26	137,66	354,05	14,56	44,29
SO ₂ -Äquivalente	g	10,04	0,41	1,26	2,07	0,09	0,26
Primärenergieeinsatz	MJ	17,41	0,72	2,18	6,00	0,25	0,75
Kaffee							
Verpackungsgewicht	g	19,44	19,44	19,44	19,44	19,44	19,44
Verpackungsverbrauch	g	357,05	256,58	175,69	357,05	256,58	175,69
CO ₂ -Äquivalente	g	1936,35	1391,46	952,78	1936,35	1391,46	952,78
SO ₂ -Äquivalente	g	15,30	11,00	7,53	15,30	11,00	7,53
Primärenergieeinsatz	MJ	48,49	34,85	23,86	48,49	34,85	23,86
Tee							
Verpackungsgewicht	g	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Verpackungsverbrauch	g	81,47	246,74	306,31	81,47	246,74	306,31
CO ₂ -Äquivalente	g	93,12	282,03	350,12	93,12	282,03	350,12
SO ₂ -Äquivalente	g	0,62	1,89	2,35	0,62	1,89	2,35
Primärenergieeinsatz	MJ	4,79	14,51	18,01	4,79	14,51	18,01
Bier							
Verpackungsgewicht	g	18,10	18,10	18,10	371,00	371,00	371,00
Verpackungsverbrauch	g	1314,96	367,59	224,62	539,06	150,69	92,08
CO ₂ -Äquivalente	g	2674,54	747,64	456,86	430,77	120,42	73,58
SO ₂ -Äquivalente	g	19,89	5,56	3,40	1,98	0,55	0,34
Primärenergieeinsatz	MJ	58,70	16,41	10,03	7,14	1,99	1,22

Tab. 107 (Forts.)

Variante	Konventionell			Ökologisch			
	Einheit	MK	NVEG	OLV	MK	NVEG	OLV
Wein							
Verpackungsgewicht	g	531,90	531,90	531,90	531,90	531,90	531,90
Verpackungsverbrauch	g	14572,41	10631,30	6647,47	14572,41	10631,30	6647,47
CO ₂ -Äquivalente	g	11153,82	8137,26	5088,02	11153,82	8137,26	5088,02
SO ₂ -Äquivalente	g	64,76	47,24	29,54	64,76	47,24	29,54
Primärenergieeinsatz	MJ	186,66	136,18	85,15	186,66	136,18	85,15
Spirituosen							
Verpackungsgewicht	g	77,30	77,30	77,30	77,30	77,30	77,30
Verpackungsverbrauch	g	3188,24	1617,63	319,76	3188,24	1617,63	319,76
CO ₂ -Äquivalente	g	2600,26	1319,31	260,79	2600,26	1319,31	260,79
SO ₂ -Äquivalente	g	15,54	7,88	1,56	15,54	7,88	1,56
Primärenergieeinsatz	MJ	45,15	22,91	4,53	45,15	22,91	4,53
Summe							
CO ₂ -Äquivalente	g	23613,02	17605,69	13524,63	19344,07	15427,87	11592,55
SO ₂ -Äquivalente	g	150,42	108,06	83,33	116,99	93,77	70,70
Primärenergieeinsatz	MJ	459,40	359,87	289,40	352,98	293,34	229,72

Auffallend an den Bilanzen der Verpackungen ist, daß obwohl die einzelnen Packstoffe in ihren Emissionen erheblich differieren (vgl. Kap. 5.4.2 Verpackung der Lebensmittel), ein Vergleich von Verpackungen, geringere Unterschiede ergibt. Dies liegt in den verschiedenen Verpackungsgewichten begründet. Bemerkenswert sind jedoch die Verpackungsemissionen der Gruppe Fleisch, Fleischwaren und Wurst, die Emissionswerte in der konventionellen Variante sind hier um das 14fache höher als die der ökologischen Variante. Der Hauptbeitrag kommt von der Fleischverpackung. Dort wird in der konventionellen eine Schaumstoffschale, und in der ökologischen Variante eine PP-Folie eingesetzt. Ein Unterschied um den Faktor 8 ergibt sich bei der Verpackung von Bier. Hier wurde in der konventionellen Variante eine Aluminiumdose angenommen, in der ökologischen eine Glasflasche. Dieser Unterschied wirkt sich jedoch kaum auf die Bilanz der Lebensmittelgruppe Getränke aus. Hier liegen die Emissionen der konventionellen Variante lediglich um den Faktor 1,2 höher.

6.3 Transport

Basierend auf der vorangegangenen Analyse des Transports ergeben sich, bezogen auf die Ernährungsweise (a/Pers.) die in Tab. 108 angegebenen Tonnenkilometer sowie Energieeinsatz und Emissionen. Zur Berechnung wurden die in Kap. 5.5

Lebensmitteltransporte im Ernährungssystem ermittelten Tonnenkilometer mit den ebenfalls dort angegebenen Emissionswerten der jeweiligen Verkehrsträger multipliziert. Zuletzt wird die Summe über alle Transportaufwände gebildet, die im Kap. 5.6 Gesamtbilanz auf die verschiedenen Ernährungsweisen bezogen wird.

Tab. 108: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Lebensmitteltransporte im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

	tkm/Person	Primärenergieeinsatz (MJ/Pers.)	CO ₂ -Äquivalente (g/Pers.)	SO ₂ -Äquivalente (g/Pers.)
Zug	42,07	17,97	1257,56	2,13
LKW	862,31	1059,00	79229,45	867,32
Binnenschiff	98,40	53,42	4028,54	30,98
Überseeschiff	2142,61	268,07	20269,42	402,36
Summe	3145,39	1398,46	104784,97	1302,78

6.4 Haushaltsphase

Aus der Analyse in Kap. 5.6 Haushaltsphase im Ernährungssystem ergeben sich die in Tab. 109 angegebenen Werte für die Einkaufsfahrten und die Kühlung bzw. Zubereitung im Haushalt. Der folgende Rechenweg führte dabei zu den Bilanzergebnissen. Es wurden für die Emissionen der Kühlgeräte und des Herdes die in Kap. 5.6 ermittelten Endenergieeinsätze mit den ebenfalls dort aufgeführten Emissionen multipliziert. Hierzu wurden die Kilowattstunden in Megajoule umgerechnet und mit den Emissionen bezogen auf 1MJ multipliziert. Für die Einkaufsfahrten wurden die in Kap. 5.6 aufgeführten Kilometer mit den Emissionen eines PKW multipliziert. Zuletzt wird die Summe über die in der Haushaltsphase ermittelten Emissionen gebildet, sie kommt im Kap. 6.5 Gesamtbilanz zum Einsatz.

Es zeigt sich daß die Haushaltsgeräte, die auf eine ununterbrochene Energieversorgung angewiesen sind, die höchsten Emissionswerte aufweisen (Tab. 109). Der Elektroherd, der nur zeitweise Einsatz findet hat niedrigere Werte. Der Einfluß der Einkaufsfahrten ist im Vergleich hierzu eher gering. Die Primärenergieemissionen der Haushaltsgeräte betragen das 6fache der Emissionen der Einkaufsfahrten.

Tab. 109: Primärenergieeinsatz und Emissionen der Haushaltsphase im Rahmen der Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergieeinsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Kühlschrank	1414,66	94222,37	144,72	844,57	56252,16	86,40
Gefriergerät	1530,79	101957,04	156,60	717,89	47814,34	73,44
Elektroherd	1287,98	85784,54	131,76	1034,60	68908,90	105,84
Summe Haushaltsgeräte	4233,43	281963,95	433,08	2597,07	172975,39	265,68
Einkaufsfahrten	653,67	50615,04	137,71	152,30	11680,40	31,78
Summe Haushaltsphase	4887,10	332578,99	570,79	2749,37	184655,79	297,46

6.5 Gesamtbilanz

Im folgenden sind die Indikatorwerte der vorangegangenen Bilanzen nach den Untergruppen: Verbrauchte Lebensmittel, Stickstoffaustrag, Verpackung, Transport und Haushaltsphase zu einer Gesamtbilanz zusammengefaßt (Tab. 110). Die Einzeldarstellung des Stickstoffaustrages, der eigentlich zur Erzeugung der Lebensmittel gehört, erfolgt an dieser Stelle, um den großen Beitrag dieses Bereiches darzustellen. Zur Gesamtbilanz zählen weiterhin die nicht durch Indikatorwerte darstellbaren Phosphor- und Kaliumausträge. Sie wurden anhand einer Grobanalyse ermittelt (Kap. 5.2 Landwirtschaftliche Erzeugung) und belaufen sich auf 0,50 kg/Person/a für Phosphor und 0,18 kg/Person/a für Kalium. Eine Einordnung der letztgenannten Werte erweist sich als schwierig, da vergleichbare Veröffentlichungen diese Werte nicht einbeziehen. Sie sind dennoch mit aufgeführt um als Anhaltspunkt für mögliche zukünftige Veröffentlichungen zu dienen.

Tab. 110: Gesamtbilanz der betrachteten Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Person/a)

Variante	Konventionell			Ökologisch		
	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)	Primärenergie- einsatz (MJ)	CO ₂ -Äquivalente (g)	SO ₂ -Äquivalente (g)
Verbrauchte Lebensmittel						
MK	10098,42	1157304,99	8829,83	7471,17	925743,98	8729,97
NVEG	6188,19	758923,68	4757,25	4539,94	626401,53	4615,40
OLV	4918,05	573019,91	3119,49	3408,42	454118,36	2919,37
Stickstoff Austrag	-	105838,17	11072,04	-	105838,17	11072,04
Verpackung						
MK	1279,43	72846,08	425,86	914,37	51313,49	266,38
NVEG	1369,39	78366,22	433,70	1104,30	59662,54	304,63
OLV	1026,94	55259,15	284,39	946,43	50906,66	255,87
Transport	1398,46	104784,97	1302,78	1398,46	104784,97	1302,78
Haushaltsphase	4887,10	332578,99	570,79	2749,37	184655,79	297,46
Summe						
MK	17663,41	1773353,21	22201,31	12533,36	1372336,40	21668,64
NVEG	13843,13	1380492,04	18136,56	9792,06	1081343,00	17592,32
OLV	12230,55	1171481,20	16349,49	8502,67	900303,96	15847,53

- keine sinnvolle Angabe möglich

Bezogen auf das Gesamtsystem fällt auf, daß der größte Beitrag bezüglich aller drei Indikatoren im Bereich der verbrauchten Lebensmittel liegt. Hierin sind sowohl die landwirtschaftliche Erzeugung als auch die industrielle Verarbeitung inbegriffen. Beim Vergleich der **Primärenergieeinsatzwerte** der Lebensmittelproduktion mit den anderen Modulen folgt die Haushaltsphase. Es ist bemerkenswert, daß diese in etwa im gleichen Bereich liegt, wie die Werte der Lebensmittelproduktion (zumindest bei NVEG und OLV, die Werte der MK liegen darüber). Es folgt der Primärenergieeinsatz der Verpackung, der etwa im gleichen Größenordnungsbereich wie der Transport liegt. Die Einkaufsfahrten haben, bezogen auf die Primärenergie, den geringsten Einfluß.

Anders stellt sich die Situation bei den **CO₂-Äquivalenten** dar. Hier liegen die Emissionen des Stickstoffaustrages der Landwirtschaft im gleichen Bereich, wie die der Lebensmittelproduktion. Dies weist auf die besondere Bedeutung dieser Emissionen bei der landwirtschaftlichen Erzeugung hin. Da in der vorliegenden Arbeit nur eine Grobabschätzung über diesen Bereich angefertigt werden konnte, wäre es notwendig, zukünftig diesen Bereich genauer zu untersuchen. Einen deutlichen Einfluß zeigen die CO₂-Äquivalentwerte der Haushaltsphase. Dies ist auf die hohen Emissionen der Stromherstellung zurückzuführen. Einen relativ geringen Einfluß zeigen Verpackung und Einkaufsfahrten (vgl. Kap. 5.6 Haushaltsphase).

Bei der Betrachtung der **SO₂-Äquivalente** zeigt sich der größte Einfluß bei den Stickstoffemissionen der Landwirtschaft, hier stellt sich die gleiche Situation wie bei den o.g. CO₂-Äquivalenten. An nächster Stelle stehen die Emissionen der Lebensmitteltransporte. Die SO₂-Emissionswerte der anderen Module sind um den Faktor zwei und drei geringer.

6.6 Sensitivitätsanalyse

Es gibt derzeit keine Standardwerte im Bereich der ökologischen Bewertung, von denen eine Abweichung angegeben werden könnte. Um trotzdem herauszufinden, wie sehr das Ergebnis der Gesamtbilanz von der Schwankung der Daten der einzelnen Bereiche abhängt, wird eine Sensitivitätsanalyse erstellt. Zur Erstellung einer Sensitivitätsanalyse wird jeweils ein bestimmter Parameter variiert, indem anhand von Schwankungsbreiten der Daten der einfließenden Bereiche der Einfluß auf die Gesamtbilanz ermittelt wird (CARLSSON-KANYAMA 1997, KALTSCHMITT UND REINHARDT 1997). Die Schwankungsbreiten von 50 % werden von CARLSSON-KANYAMA (1995) übernommen, da diese Studie sich ebenfalls, wie die vorliegende, auf den Ernährungsbereich bezieht und es realistisch erscheint einen relativ großen Schwankungsbereich zu wählen. Weiterhin wurde beim Vergleich mit Kjer et al. (1994), die sich auf den gleichen Bezugsraum (Deutschland) und ebenfalls auf Lebensmittel bezieht, festgestellt, daß die Werte der vorliegenden Arbeit und derjenigen von Kjer et al. (1994) um etwa 50 % schwanken, dies unterstützt die Wahl dieser Schwankungsbreite.

Es soll herausgefunden werden, wie sehr die Gesamtbilanz von der Ungenauigkeit der Daten der einzelnen Bereiche (verbrauchte Lebensmittel, Verpackung, Transport und Haushaltsphase) verändert wird. Dazu werden die Bilanzergebnisse (Primärenergieeinsatz, CO₂- und SO₂-Äquivalente) um 50 % variiert. Das Endergebnis wird dann mit den jeweils 25 % höheren bzw. niedrigeren Daten berechnet (Schwankung um insgesamt 50 %). Die Abweichung des variierten Endergebnisses vom Endergebnis ohne Variation wird in Prozent angegeben. Je höher die prozentuale Abweichung ausfällt, um so größer ist der Einfluß der Datengenauigkeit dieses Bereiches auf das Endergebnis, d.h. der Bereich ist sensitiv. Insensitiv ist ein Bereich dann, wenn seine Variation das Endergebnis gering beeinflusst. Die Sensitivitätsanalyse wird für die drei betrachteten Ernährungsweisen in der jeweils ökologischen bzw. konventionellen Variante durchgeführt (Tab. 111) und bezieht sich auf die verbrauchten Lebensmittel (1), die Verpackung (2), den Transport (3) und auf die Haushaltsphase (4), wobei unter den verbrauchten Lebensmitteln die verarbeiteten und nicht-verarbeiteten Lebensmittel, die in den jeweiligen Ernährungsweisen verbraucht wurden, summiert sind.

Tab. 111: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse (Schwankungsbreite in %)

Variante	Konventionell			Ökologisch			
	Variation um 50%	Primärenergie-einsatz	CO ₂ -Äquivalente	SO ₂ -Äquivalente	Primärenergie-einsatz	CO ₂ -Äquivalente	SO ₂ -Äquivalente
1 Verbrauchte Lebensmittel							
MK		14,7	18,0	22,4	15,4	19,0	22,9
NVEG		11,5	15,8	21,8	12,0	17,1	22,3
OLV		10,1	14,5	21,7	10,0	15,5	22,1
2 Verpackung							
MK		1,7	1,0	0,5	1,7	0,9	0,3
NVEG		2,4	1,4	0,6	2,7	1,4	0,4
OLV		2,1	1,2	0,4	2,8	1,4	0,4
3 Transport							
MK		1,9	1,4	1,5	2,7	1,8	1,5
NVEG		2,5	1,9	1,8	3,5	2,4	1,8
OLV		2,9	2,2	2,0	4,1	2,9	2,1
4 Haushaltsphase							
MK		6,7	4,6	0,6	5,2	3,3	0,3
NVEG		8,6	5,9	0,8	6,8	4,2	0,4
OLV		10,0	7,1	0,9	8,1	6,4	0,5

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse zeigen, daß die Bereiche Verpackung und Transport relativ insensitive auf Veränderung reagieren. Dies ist daran erkennbar, daß bei der Verpackung die Schwankungsbreiten zwischen 0,5 und 3 % liegen, was bedeutet, daß das Endergebnis um maximal 3 % nach oben bzw. unten schwankt. Dies zeigt, daß der Einfluß der Datenqualität im Bereich Verpackung das Gesamtergebnis nicht erheblich verändert. Ebenfalls gilt dies für den Transport, der das Endergebnis um maximal 4 % schwanken läßt.

Anders stellt sich die Situation bei den verbrauchten Lebensmitteln dar, die am sensitivsten auf eine Variation der Inputdaten reagierten. Der sensitivste Bereich wird von den SO₂-Äquivalenten dargestellt, in dem die angenommene Variation von 50 % das Endergebnis um maximal 23 % verändert. Bei den CO₂-Äquivalenten ergibt sich eine Variation des Endergebnisses um maximal 19 %, bei dem Primärenergieeinsatz resultiert eine Schwankung um maximal 15 %. Die Berechnung der verbrauchten Lebensmittel setzt sich einerseits aus der bottom-up-Analyse von Erzeugung und Verarbeitung zusammen, andererseits aus der Makroanalyse des Stickstoffaustrages der Landwirtschaft.

Um den in Tab. 111 nicht abgebildeten Einfluß des Stickstoffaustrags auf die CO₂-Äquivalente und die SO₂-Äquivalente zu prüfen, wurde eine weitere Berechnung

durchgeführt. Wird ebenfalls eine Schwankung um 50 % angenommen, so ergibt sich, bezogen auf die CO₂-Äquivalente eine Veränderung des Endergebnisses um maximal 3 % und bezogen auf die SO₂-Äquivalente eine Veränderung des Endergebnisses um maximal 20 %. Dies verdeutlicht den großen Anteil des Stickstoffaustrags der Landwirtschaft an den SO₂-Äquivalenten.

Die Sensitivitätsanalyse wurde erstellt, um einschätzen zu können, in welchen Bereichen eine nicht genau bekannte Schwankung der Inputdaten das Endergebnis verändert, daher wurde eine entsprechend große Schwankungsbreite angenommen. Je höher die Qualität der Inputdaten ist, um so eher kann jedoch eine große Schwankungsbreite der Inputdaten ausgeschlossen werden. Die Datenqualität der bottom-up-Bilanz der landwirtschaftlichen Erzeugung und der Produktion wird als hoch eingeschätzt (vgl. Kap. Datenbasis und Datenqualität). Hingegen stellen die Daten der top-down-Analyse der Stickstoffausträge der Landwirtschaft eine Grobanalyse dar, die Datenqualität ist entsprechend geringer.

Insbesondere kann durch die top-down-Analyse kein Unterschied zwischen ökologischer und konventioneller Erzeugung ermittelt werden, da die Datengenauigkeit jedoch wie o.g. einen großen Einfluß auf das Gesamtergebnis hat, muß geschlossen werden, daß die Genauigkeit der Ergebnisse im Bereich der SO₂-Äquivalente geringer ist, als die der Indikatoren Primärenergie und CO₂-Äquivalente.

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse im Bereich der Haushaltsphase zeigen, daß das Endergebnis maximal um 12 % (Primärenergie) beeinflusst wird. Die Indikatoren CO₂-Äquivalente und SO₂-Äquivalente verändern das Endergebnis um maximal 12 % und 1 %. Es ist verständlich, daß im Bereich Haushaltsphase der Indikator Primärenergie am sensitivsten reagiert, da hier die Emissionen durch den Verbrauch von Endenergie (Benzin und Strom) verursacht werden, die im Vergleich zur landwirtschaftlichen Produktion einen geringen Einfluß auf die beiden Äquivalenzwerte haben. Dies bedeutet jedoch weiterhin, daß genauere Inputdaten im Bereich der Haushaltsphase die Aussagekraft des Endergebnisses erhöhen können.

7 Diskussion

Die Diskussion der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit erfolgt unterteilt in verschiedene Bereiche. Zunächst werden die Gesamtergebnisse anhand der ausgewählten Indikatoren und der untersuchten Ernährungsweisen bewertet sowie ihr Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung erörtert. Weiterhin werden anhand dieser Daten mögliche Einsparpotentiale im Bereich Ernährung aufgezeigt. Es wird damit möglich, verschiedene Optionen einer Veränderung der Konsumgewohnheiten auf Basis der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit miteinander vergleichen zu können. Es folgt der Vergleich der Gesamtergebnisse der vorliegenden Arbeit mit anderen Studien und die Diskussion der Einzelbereiche Landbau und Tierproduktion, der verarbeiteten Lebensmittel (d.h. die Summe der verbrauchten verarbeiteten und nicht-verarbeiteten Lebensmittel), der Verpackung, der Lebensmitteltransporte sowie der Haushaltsphase.

Die Betrachtung des **Primärenergieeinsatzes** (Abb. 1) zeigt, daß die MK die höchsten Werte aufweisen. Im folgenden werden die prozentualen Beiträge der einzelnen Bereiche am Gesamtergebnis dargestellt. Die prozentuale Verteilung der ökologischen Variante unterscheidet sich nicht grundlegend von der konventionellen und wird daher aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht aufgeführt. Den größten Beitrag am Gesamtprimärenergieeinsatz bei allen Ernährungsweisen stellen die verbrauchten Lebensmittel mit etwa 50 %. Es folgt die Haushaltsphase, die etwa 30 % des Gesamtprimärenergieeinsatzes beiträgt. Somit stellen diese beiden Bereiche etwa 80 % des Gesamtprimärenergieeinsatzes des Ernährungssystems dar. Der Transport trägt zu etwa 11 % bei. Den geringsten Anteil hat die Verpackung mit etwa 9 %.

Es zeigt sich, daß die Haushaltsphase einen relativ großen Einfluß auf das Gesamtergebnis hat. Die Daten der Haushaltsanalyse entstammen einer Grobanalyse, die eine Differenzierung zwischen den Ernährungsweisen im Bereich Kochen und Kühlen nicht zuläßt. Eine detailliertere Untersuchung über den tatsächlichen Aufwand in den jeweiligen Ernährungsweisen könnte den Anteil der Haushaltsphase noch genauer angeben. Die Daten der verbrauchten Lebensmittel entstammen einer Analyse mit guter Datenbasis. Mit den ermittelten Daten ergeben sich folgende **Einsparpotentiale im Bereich des Primärenergieeinsatzes**. Der Wechsel von der konventionellen Variante auf die ökologische Variante derselben Ernährungsweise beträgt bei den MK etwa 5 GJ/Person/a und etwa 4 GJ/Person/a bei den NVEG und OLV (vgl. Tab. 110). Würde eine Person sich entschließen, die Ernährungsweise zu ändern, so würde ein Wechsel von

einer konventionellen Mischkost (MK) auf die ovo-lakto-vegetarische Ernährungsweise (ebenfalls konventionell) etwa 5 GJ/Person/a einsparen. Würde dieser Wechsel zu der ökologischen Variante der OLV stattfinden, so wäre ein Einsparpotential von 9,7 GJ/Person/a realisierbar.

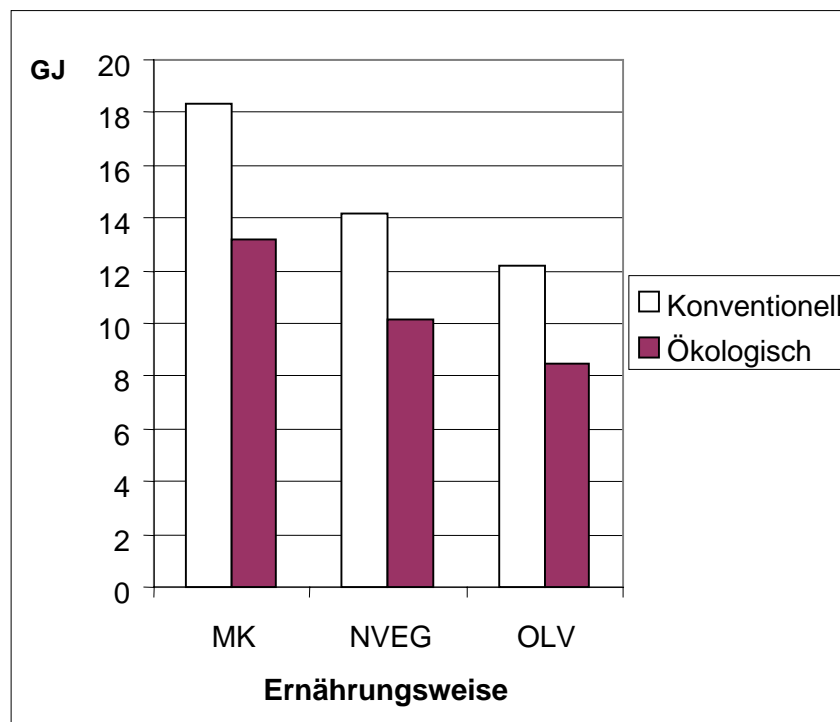


Abb. 1: Primärenergieeinsatz für die Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Pers./a)

Die Gesamtergebnisse der **CO₂-Äquivalente** (Abb. 2) zeigen ein ähnliches Bild wie die Primärenergie. Wieder werden die höchsten Emissionen von den MK verursacht, gefolgt von den NVEG und den OLV. Der Unterschied zwischen den Ernährungsweisen liegt hier jedoch höher als bei der Primärenergie, da bei den CO₂-Äquivalenten neben den CO₂-Emissionen aus der Umwandlung von Primärenergie auch weitere spezifisch landwirtschaftliche Emissionen zugezählt werden. Letztere addieren sich allein zu den klimawirksamen Emissionen und beeinflussen nicht den Primärenergieeinsatz. So tragen zu den CO₂-Äquivalenten Emissionen die Methanemissionen der Rinderhaltung, des Reisanbaus, die Lachgasemissionen der Düngung und der Düngemittelherstellung bei. Die prozentuale Verteilung der Einzelbereiche an den Gesamtemissionen liegt bei allen Ernährungsweisen bei etwa 60 % für die verbrauchten Lebensmittel, die etwa zur Hälfte aus den CO₂-Äquivalenten des Stickstoffaustrages der Landwirtschaft stammen (vgl. Tab. 110). Weiter entfallen etwa 27 % auf die Haushaltsphase, sowie etwa 8 % für Transport und 5 % auf die Verpackung.

Einsparpotentiale im Bereich der CO₂-Äquivalente betragen bei einem Wechsel von der konventionellen Variante auf die ökologische Variante der gleichen Ernährungsweise 401 kg/Person/a bei den MK, 299 kg/Person/a bei den NVEG sowie 271 kg/Person/a bei den OLV. Würde sich eine Person entscheiden die Ernährungsweise zu wechseln, betrüge das Einsparpotential bei einem Wechsel von MK auf NVEG 393 kg/a sowie 602 kg/a bei MK auf OLV. Bei einem Wechsel von MK in der konventionellen Variante auf OLV in der ökologischen Variante ergeben sich 873 kg/a.

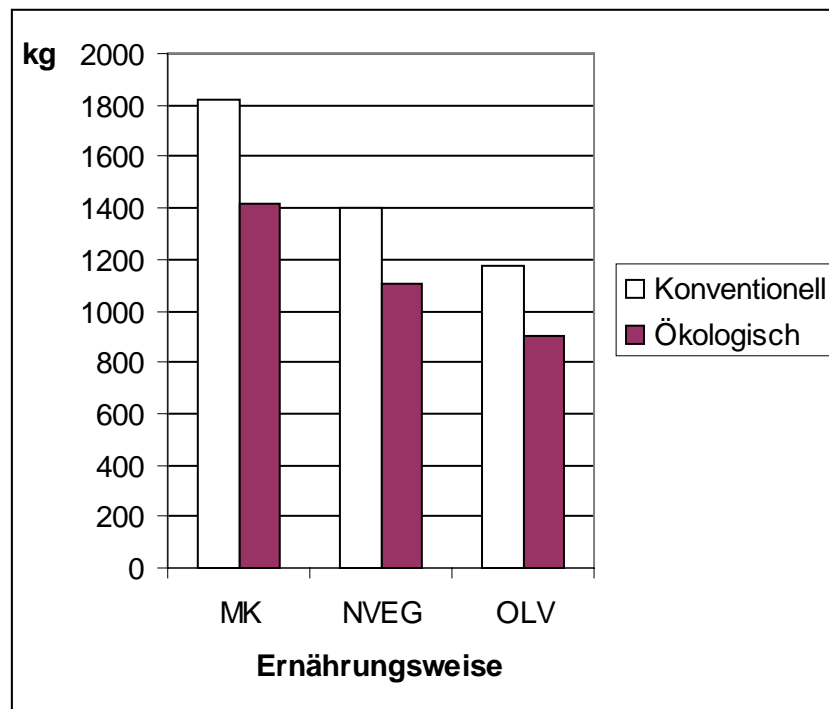


Abb. 2: CO₂-Äquivalente für die Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Pers./a)

Im Vergleich zu den CO₂-Äquivalent Emissionen ist die Menge der emittierten **SO₂-Äquivalente** etwa um den Faktor 100 geringer. Auch hier weisen die MK die höchsten Emissionen und die OLV die geringsten Emissionen auf (Abb. 3). Der Unterschied zwischen Emissionen der konventionellen und ökologischen Variante innerhalb einer Ernährungsweise ist bei diesem Indikator am geringsten. Dies ist darin begründet, daß einerseits der Beitrag des Stickstoffaustrages der Landwirtschaft zu den SO₂-Äquivalenten anhand einer Makroanalyse ohne Unterscheidungsmöglichkeit zwischen konventioneller und ökologischer Variante ermittelt wurde und andererseits die Einsparungen im Bereich der ökologischen Landwirtschaft resultierend auf Verzicht von Düngung und Pflanzenschutzmitteln von dem hohen Schleppereinsatz wettgemacht werden, der zur Unkrautregulierung im ökologischen Landbau notwendig ist.

Prozentual verteilen sich die Emissionen zu etwa 87 % auf die Lebensmittel, 8 % auf den Transport, 3 % auf die Haushaltsphase und 2 % auf die Verpackung. Weiterhin stammen die SO₂-Äquivalente aus dem Dieseleinsatz im Bereich Transport. In der Haushaltsphase wird hauptsächlich Strom als Endenergie eingesetzt, dessen Beitrag zu den SO₂-Äquivalenten vergleichsweise gering ist. Der Wechsel der konventionellen Variante auf die ökologische beträgt bei den drei Ernährungsweisen jeweils etwa 0,5 kg. Ein Wechsel der MK auf die NVEG ergibt ein Einsparpotential von 4 kg/a, bei MK auf OLV beides in der konventionellen Variante 6 kg/a und bei einem Wechsel von MK in der konventionellen auf OLV in der ökologischen Variante ergibt ein Einsparpotential von 6,3 kg/a.

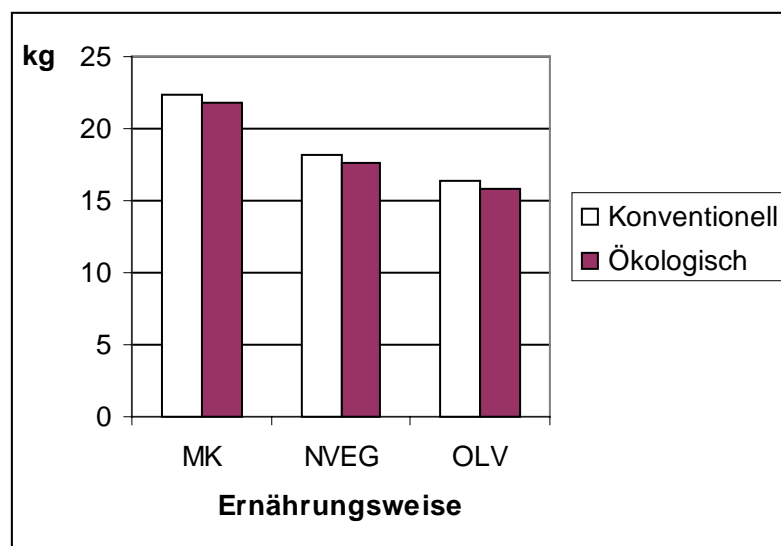


Abb. 3: SO₂-Äquivalente für die Ernährungsweisen MK, NVEG und OLV (pro Pers./a)

Die aufgeführten Ergebnisse zeigen, daß von den drei gewählten Ernährungsweisen die MK, die die durchschnittliche Ernährung in Deutschland praktizieren, die höchste Umweltbelastung anhand der gewählten Indikatoren bewirken. Die OLV verursachen die geringste Umweltbelastung. Werden die ökologische und konventionelle Variante der Ernährungsweisen verglichen, so fällt auf, daß die ökologische jeweils günstiger ist. Wird jedoch ein Wechsel der Ernährungsweise von MK auf NVEG oder OLV angenommen, so ist das Einsparpotential hierdurch größer als lediglich der Variantenwechsel innerhalb der gleichen Ernährungsweise.

Wird der Gesamtverzehr der Ernährungsweisen in Relation zu den o.g. Indikatoren gesetzt so ergibt sich überraschenderweise ein umgekehrt proportionaler Zusammenhang. Der Gesamtverzehr beläuft sich bei den MK auf 715 kg/a. Dies ist im Vergleich zu den

anderen Ernährungsweisen der niedrigste Verzehr. Der Verzehr der NVEG liegt um etwa 183 kg/a, derjenige der OLV um etwa 190 kg/a höher.

Es wäre möglich, daß die Erhebungsmethode der VWS (Schätzprotokolle) den Verzehr im Vergleich zur NVS (Wiegeprotokolle) überschätzt. Einen Hinweis darauf liefert HOFFMANN (1994), die erwähnt, daß im Rahmen der Validierung der VWS-Erhebungsmethode Schätzprotokolle mit Wiegeprotokollen verglichen wurden. Hierzu wurde von 67 Frauen zunächst ein Schätzprotokoll (Dezember 1991) und folgend ein Wiegeprotokoll (Februar 1992) ausgefüllt. Zum Vergleich der Protokollarten wurde die Summe von 57 Lebensmitteln herangezogen, wobei sich für das Schätzprotokoll ein im Durchschnitt um 14 % höherer Verzehr gegenüber dem Wiegeprotokoll ergab. Dies liefert den Hinweis, daß die Verwendung von Wiegeprotokollen in der VWS einen geringeren Lebensmittelverzehr ergeben würde. Werden die Verzehrsmengen der NVEG und OLV in der vorliegenden Studie um 14 % nach unten korrigiert ergibt sich jedoch immer noch ein Mehrverzehr von 58 kg/a (NVEG) bzw. 63 kg/a (OLV) im Vergleich zu den MK.

Da sich der Vergleich von HOFFMANN (1994) lediglich auf die VWS bezieht und nicht gegenüber der NVS durchgeführt wurde, ist es nicht möglich daraus prozentuale Unterschiede zwischen den in der vorliegenden Arbeit untersuchten Ernährungsweisen abzuleiten. Eine Überschätzung des Verzehrs durch Verwendung des Schätzprotokolles in der VWS im Vergleich zu den Wiegeprotokollen der NVS ist daher möglich, aber ihr genauer Betrag nicht ermittelbar. Die Tendenzaussagen der vorliegenden Arbeit werden durch diesen Sachverhalt jedoch nicht verändert, sie würden die Tendenzen lediglich verstärken.

Die hohen Werte der Indikatoren (Primärenergieeinsatz, CO₂- und SO₂-Äquivalenten) der MK bei vergleichbar geringer Verzehrsmenge resultieren daher aus dem Verzehrsmuster. Die MK verzehren im Vergleich größere Mengen tierischer Produkte, die in relativ hohen Werten der untersuchten Indikatoren resultieren. Hingegen verzehren die NVS und OLV größere Mengen an Getreideprodukten, Obst und Gemüse, die relativ geringe Werte der untersuchten Indikatoren mit sich bringen. Die Tatsache, daß die NVEG und die OLV mehr verzehren ist nicht überraschend, da die Lebensmittel, die in höheren Mengen verzehrt werden (Gemüse, Hülsenfrüchte) einen geringeren Energiegehalt je Kilogramm aufweisen als z.B. Fleisch, das von den MK in höheren Mengen verzehrt wird.

Diese Ergebnisse unterstützen die These von HAAS (1996), daß die Energieeffizienz, berechnet als Relation zwischen Energieinput und Energieoutput, kein geeigneter Maßstab zur Beurteilung des Energieeinsatzes im Bereich Ernährung ist. HAAS (1996)

fordert ein anderes Effizienzkriterium als den Energiegehalt. Im Kontext der vorliegenden Arbeit kann dies bestätigt werden, da die NVS und VWS das Bedürfnis „Ernährung“ von Menschen anhand real praktizierter Ernährungsweisen darstellen und es aus ernährungswissenschaftlicher Sichtweise nicht sinnvoll erscheint, lediglich den Energiegehalt eines Lebensmittels zur gesunderhaltenden Ernährung von Menschen heranzuziehen. Entsprechend ließe sich aus der vorliegenden Arbeit ableiten, daß es möglich ist als Effizienzkriterium die Ernährungsweise statt des Energiegehalts einzusetzen.

Sehr deutlich zeigen die Ergebnisse der Gesamtbilanz, daß im Ernährungssystem die Relation zwischen Primärenergieeinsatz und CO₂- sowie SO₂-Äquivalenten nicht direkt proportional sind. Dies ist insofern bemerkenswert, als üblicherweise bei der ökologischen Bewertung die Primärenergie als einziger oder als richtungsweisender Indikator angegeben wird (INSTITUT FÜR ANGEWANDTE ÖKOLOGIE 1999, PIMENTEL 1993).

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit deuten darauf hin, daß bezogen auf das Ernährungssystem die CO₂-Äquivalente als richtungsweisender Indikator herangezogen werden sollten, da sie einerseits den Primärenergieeinsatz beinhalten (über die CO₂-Emissionen der Verbrennungsprozesse) und andererseits die spezifisch landwirtschaftlichen Emissionen beinhalten. Diese stehen nicht in Relation mit dem Primärenergieeinsatz, sondern addieren sich allein zu den klimawirksamen Emissionen. So tragen zu den CO₂-Äquivalenten Emissionen die Methanemissionen der Rinderhaltung, des Reisanbaus, die Lachgasemissionen der Düngung und der Düngemittelherstellung bei. All diese Faktoren relativieren die Aussagekraft des Primärenergieeinsatzes im Vergleich zur Aussagekraft der CO₂-Äquivalente. Dies gilt insbesondere unter der Zielsetzung der vorliegenden Arbeit, daß eine ökologische Bewertung stattfinden soll, da der Indikator der CO₂-Äquivalente Beiträge einschließt, die der Indikator Primärenergieeinsatz nicht enthalten kann, somit bilden die CO₂-Äquivalente die Situation im Bereich Ernährung angemessener ab. Eine alleinige Betrachtung des Indikators Primärenergie würde die spezielle Situation im Bereich Ernährung unterschätzen.

Im folgenden werden die Gesamtergebnisse der vorliegenden Arbeit mit denen der Studie von KJER et al. (1994) verglichen, da diese derzeit die einzige Studie ist, die den gleichen Bezugsraum (Deutschland) hat und sich auf Ernährung bezieht. Es ist anzumerken, daß die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit lediglich bedingt mit denen von KJER et al. (1994) vergleichbar sind, da die Annahmen, die zur Berechnung des Systems getroffen werden mußten, teilweise erheblich differieren. Ebenfalls unterscheidet sich der zeitliche Bezug, der in der vorliegenden Arbeit auf 1996 und in KJER et al. (1994) auf 1991 gesetzt wurde.

Die in KJER et al. (1994) eingesetzten CO₂-Äquivalenzwerte differieren von denen der vorliegenden Arbeit (Tab. 2), da ältere Äquivalenzwerte eingesetzt wurden. Die SO₂-Äquivalente wurden von KJER et al. (1994) nicht berechnet. Weiterhin berechneten KJER et al. (1994) ihre Analyse des Ernährungssystems auf Basis statistischer Daten bezüglich der in Deutschland produzierten Agrarprodukte und deren Verarbeitung. In der vorliegenden Arbeit wurden als Basis der Ernährungsweisen, Ernährungserhebungsdaten eingesetzt.

Um trotzdem zumindest die Größenordnung miteinander vergleichen zu können, werden die Daten der vorliegenden Arbeit, die auf eine Person bezogen sind, mit der Bevölkerung im Jahr 1991 (80 Mio. Menschen) hochgerechnet, die KJER et al. (1994) als Bezug angibt. Dies kann nur einen groben Vergleich geben, da die Daten der Studien (VWS und NVS) auf eine bestimmte Personengruppe bezogen sind, die nicht einen Querschnitt durch die Gesamtbevölkerung darstellen. Weiterhin werden in KJER et al. (1994) keine speziellen Ernährungsweisen betrachtet. D.h. die OLV und NVEG schließen sich aus dem Vergleich aus, da sie keinen bzw. einen geringen Fleischverzehr haben und sich auch in anderen Bereichen wie Obst- und Gemüseverzehr von den MK, die am ehesten den deutschen Durchschnitt entsprechen, erheblich unterscheiden. In der Gesamtbilanz unterscheiden KJER et al. (1994) nicht zwischen ökologischer und konventioneller Variante daher werden die Daten mit den MK in der konventionellen Variante der vorliegenden Studie verglichen.

Zunächst werden die Ergebnisse bezüglich des **Primärenergieeinsatzes** diskutiert. Diese betragen im Bereich der Erzeugung und Verarbeitung der Lebensmittel bei KJER et al. (1994) 600 PJ/a. Die Ergebnisse für den Transport, 112 PJ/a in der vorliegenden Studie, sind ebenfalls vergleichbar mit denen von KJER et al. (1994) mit 140 PJ/a, wobei erwähnt werden muß, daß letztere den Bereich Düngemittel miteinrechnet, der in der vorliegenden Studie in den Daten der eingesetzten Düngemittel enthalten ist und daher nicht dem Bereich Transport zugerechnet wurde. Die Verpackungen liegen ebenfalls im gleichen Größenbereich von 102 PJ/a der vorliegenden Studie mit 170 PJ/a von KJER et al. (1994). Der Gesamtsumme des Ernährungssystems von 1413 PJ/a der vorliegenden Arbeit, steht die Gesamtsumme von 910 PJ/a gegenüber, die sich durch die Addition der o.a. Werte ergibt. Wird berücksichtigt, daß in dieser Berechnung bei KJER et al. (1994) der Primärenergieeinsatz der Kühlung und Zubereitung in der Haushaltsphase fehlt und diese Beiträge bei der vorliegenden Arbeit abgezogen würden, ergibt sich eine Summe von 1126 PJ/a.

Ein entsprechender Gesamtwert zu den emittierten **CO₂-Äquivalenten** wird bei KJER et al. (1994) mit 260 Mio. t/a angegeben. Diese setzen sich aus 150 Mio. t/a für die

Erzeugung und Verarbeitung der Lebensmittel zusammen, denen 101 Mio. t/a für den gleichen Bereich in der vorliegenden Arbeit gegenüberstehen. Weiterhin werden 35 Mio. t/a für „Distribution im weitesten Sinne“ angegeben. Hierunter summieren sich 10,1 Mio. t/a für die Transporte an, denen 8,4 Mio. t/a CO₂-Äquivalenten/a aus den Transporten der vorliegenden Arbeit gegenüberstehen und der Bereich Verpackung, der mit 13,4 Mio. t CO₂-Äquivalenten/a für Herstellung und Entsorgung anhand einer Grobanalyse abgeschätzt wird, demgegenüber stehen 6 Mio. t CO₂-Äquivalenten/a der vorliegenden Arbeit für die Herstellung der Verpackung (die Entsorgung wurde nicht miteinbezogen) der verbrauchten Lebensmittel. Der Unterschied ist durch die verschiedenen Herangehensweise (Grobabschätzung versus Berechnung der je Lebensmittel verwendeten Verpackung) und Bilanzierung (Verpackung und Entsorgung versus Verpackung) erklärbar. In den 35 Mio. t/a sind 11,5 Mio. t/a für Lagerung und Gebäudeunterhaltung enthalten. Dieser Bereich wurde in der vorliegenden Arbeit nicht berechnet. Weiterhin werden die Aktivitäten der privaten Verbraucher mit 75 Mio. t/a angegeben. Dem gegenüber stehen für Einkauf, Lagerung und Zubereitung aus der vorliegenden Arbeit 27 Mio. t/a. Da die Angaben in KJER et al. (1994) nicht genauer spezifiziert sind, kann der Unterschied nicht genauer erklärt werden.

Es folgt die Diskussion der einzelnen Bereichen des in der vorliegenden Arbeit untersuchten Ernährungssystems, wobei Ergebnisse von anderen Studien diskutiert werden. Ebenfalls werden Ergebnisse aus Einzelbilanzen von KJER et al. (1994) diskutiert, die auf dieser Ebene ebenfalls einen Variantenvergleich zwischen konventioneller und ökologischer Erzeugung angeben.

Die Daten der **landwirtschaftlichen Erzeugung pflanzlicher Lebensmittel** von KJER et al. (1994) können mit der vorliegenden Arbeit nur bedingt verglichen werden (s.o.). In der vorliegenden Arbeit wurden aktuellere Daten bezüglich der Düngemittel (Stickstoff-, Kalium-, Phosphor- und Kalkdünger) sowie des Schleppers eingesetzt. Es liegen die Ergebnisse, bezogen auf die Größenordnung, im gleichen Bereich, sie differieren jedoch maximal um den Faktor zwei (Tab. 112). Warum sie um diesen Faktor differieren ist allerdings nicht nachvollziehbar, weil die Inputfaktoren der Bilanz (z.B. Schlepperstunden, Düngemittelmenge) in KJER et al. (1994) nicht dokumentiert sind und es kein Standardverfahren der Bilanzierung im Bereich der Landwirtschaft gibt, das zum Vergleich berechnet werden könnte. Es bleibt daher lediglich die Möglichkeit, die Größenordnungen der Ergebnisse miteinander zu vergleichen.

Tab. 112: Vergleich des Primärenergieeinsatzes der pflanzlichen Erzeugung von KJER et al. (1994) mit eigenen Berechnungen (MJ/kg)

Produkt	KJER et al. (1994)	Eigene Berechnungen
Winterweizen konv.	3,28	2,02
Winterweizen ökol.	1,76	1,39
Kartoffel konv.	0,85	0,64
Kartoffel ökol.	0,49	0,68
Erdbeere konv.	3,14	1,58
Erdbeere ökol.	2,23	1,67

In der vorliegenden Arbeit rufen die Ergebnisse des ökologischen Landbaus nicht grundsätzlich geringere Emissionen (bezogen auf ein Kilogramm Produkt) hervor, als die des konventionellen. Insofern unterscheiden sich die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit von denjenigen von KJER et al. (1994), in der die Ergebnisse des ökologischen Landbaus (bezogen auf ein Kilogramm Produkt) stets niedriger sind als die des konventionellen.

Trotzdem kann mit der vorliegenden Arbeit die Aussage von ALFÖLDI et al. (1997) bestätigt werden kann, daß ökologisch angebaute Kulturen in der Regel eine günstigere Energiebilanz (bezogen auf den Hektar) aufweisen als konventionell angebaute Kulturen. Es zeigt sich jedoch, daß die geringeren Erträge des ökologischen Landbaus die Bilanz umkehren können, wenn sie auf das Kilogramm Produkt bezogen wird. Beim Anbau der Kartoffel ist dies besonders auffällig. Der Ertrag der ökologischen Variante beträgt hier lediglich 64 % im Vergleich zum konventionellen Landbau (LBL 1998). Bezüglich der Bilanz des Gemüses und des Feldfutters geben KJER et al. (1994) lediglich einen Gesamtwert über sämtliche Gemüse- bzw. Feldfutterarten hinweg an.

In der vorliegenden Arbeit wurden die unterschiedlichen Gemüse- und Feldfutterarten einzeln berechnet. Daher können die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit in diesem Punkt als detaillierter und genauer gewertet werden. Ergebnisse von PIMENTEL (1993) sind nicht mit der vorliegenden Arbeit vergleichbar, da sie sich auf den Energieinhalt der Inputwerte beziehen. So wird beispielsweise neben dem Energiegehalt der nicht-erneuerbaren Energie durch Schleppereinsatz, der Energiegehalt der Nahrung der Person einberechnet, die den Schlepper fährt. Die Ergebnisse der Bilanzierung von landwirtschaftlichen Produkten, wie z.B. Weizen, Mais oder Raps, von KALTSCHMITT UND REINHARDT (1997)

und LEIBLE und WINTZER (1993) sind mit der vorliegenden Arbeit nicht vergleichbar. Sie beziehen sich auf die Eignung der Produkte als nachwachsende Energieträger.

Bezüglich des Gemüseanbaus in der vorliegenden Arbeit ist anzumerken, daß der gesamte Bereich der Südfrüchte aufgrund mangelnder Daten mit lediglich einer Obstart, der Orange, bilanziert werden mußte. Eine Differenzierung wäre hier wünschenswert, sobald die Datenlage dies zuläßt. Beim Obst- und Gemüseanbau konnte nur ein geringfügiger Unterschied zwischen der ökologischen und der konventionellen Variante, bezogen auf Primärenergieeinsatz und Schadgasemissionen ermittelt werden, obwohl im ökologischen Anbau weder Düngemittel noch Pflanzenschutzmittel verwendet werden. Dies ist darauf zurückzuführen, daß mit dem Weglassen dieser Betriebsmittel ein höherer Feldbearbeitungsgrad einher geht. Der Schleppereinsatz gleicht somit die Einsparungen für den Düngemittel- und Pflanzenschutzmittel einsetzt weitgehend aus. Eine nähere Betrachtung der hier untersuchten Gemüsekulturen zeigt, daß der Primärenergieeinsatz der ökologischen Anbauweise für den Schleppereinsatz um 10-20 % höher liegt als für den Schleppereinsatz im konventionellen Anbau. Das entspricht genau den Einsätzen an Düngemittel- und Pflanzenschutzmitteln im konventionellen Anbau. Bemerkenswert ist die Bilanzierung der Tomaten. Es wurde beim Tomatenanbau neben der Freilandkultivierung auch der Anbau unter Glas berechnet. Hier zeigt sich, daß die Beheizung der Gewächshäuser den Energieeinsatz deutlich steigert. Er erhöht sich beispielsweise im konventionellen Freilandanbau von 0,5 MJ/kg auf 101 MJ/kg. Diese extrem ungünstigen Bilanzverhältnisse bestätigen auch HAAS et al. (1995) in einer Bilanz, die den Heizöl- und Stromeinsatz vergleicht. In der vorliegenden Arbeit konnte lediglich der Tomatenanbau bezüglich dem Gewächshausanbau bilanziert werden, es ist davon auszugehen, daß andere Gewächshausgemüse ähnliche Bilanzergebnisse erzielen. Es wäre wünschenswert, den Anteil an Gewächshausgemüse an der jeweiligen Ernährungsweise genauer zu untersuchen, indem beispielsweise in Ernährungsprotokollen dieser Punkt genauer erfaßt wird als es in den gewählten Studien (VWS und NVS) der Fall war.

Bei der Bilanzierung von JUNGBLUTH (2000) wurde einen anderer Ansatz verfolgt, als der dieser Arbeit. Die Bilanzen wurden komplett für einzelne Lebensmittel getrennt durchgeführt. Dadurch ist ein direkter Vergleich der Werte mit den Berechnungen dieser Arbeit nicht möglich, die eine komplette Bilanz für die Ernährungsweisen, nicht aber für die einzelnen Lebensmittel aufführt. Da JUNGBLUTH (2000) sich nicht auf Ernährungsweisen, sondern auf aus den Tagebuchstudien ermittelte Einkaufsmengen von Fleisch und Gemüse bezieht, ist ein Vergleich auf der Basis von Ernährungsweisen nicht möglich. Ebenfalls erschwerend kommt die Verwendung der Bewertungsmethoden Eco-indicator 95 und Umweltbelastungspunkte hinzu. Sie lassen sich nicht mit den in der vorliegenden Arbeit ermittelten Indikatorwerten vergleichen.

Im Bezug auf den Gewässerschutz (z.B. Minimierung des Nitratreintrages) stellen Gewächshauskulturen eine erhebliche Belastung dar. GYSI und REIST (1990) ermittelten einen Maximalaustrag von 30-50 kg N/ha, um die Gewässerqualität zu gewährleisten. Sie beobachteten jedoch, daß diese Werte im Gewächshausanbau um ein vielfaches überschritten werden. Bei traditionellen Gewächshauskulturen und bei angemessener Düngung und Bewässerung wurden Stickstoffverluste durch Auswaschung in der Größenordnung von 60-80 kg N/ha gemessen. Für Steinwollekulturen ergaben sich rechnerisch ermittelte Werte von 400 kg N/ha. Es war im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht möglich die N-Austragswerte über alle betrachteten Produkte hinweg zu ermitteln. Die o.g. Werte deuten jedoch auf die Wichtigkeit der Nitratauswaschung hin und sollten daher bei Vorliegen weiterer Untersuchungen integriert werden. HAAS und KÖPKE (1995) fordern unter Berücksichtigung der hohen Emissionen der Gewächshauskulturen eine genauere ökobilanzielle Untersuchung von Gewächshausgemüse im Vergleich zu Importen aus klimatisch günstigeren Anbauregionen. Möglicherweise ist in diesem Punkt die Forderung nach Produkten aus regionaler Erzeugung ökologisch ungünstiger. Ebenfalls in Bezug auf den Gewässerschutz sollten die Phosphatauswaschungen unterschiedlicher Anbauweisen integriert werden. MÖKER (1993) beurteilte die Phosphatauswaschungen in einer Untersuchung über Gewässerbelastungen durch Agrarstoffe als kritisch, da in den letzten Jahrzehnten keine Emissionssenkungen beobachtet werden konnten. Zusammen mit der Aussage von CEDERBERG (1998), die eine vermehrte Phosphatauswaschung nach Erreichen der (derzeit noch nicht erreichten) Bodensättigungsgrenze prognostiziert, unterstreicht dies die Bedeutung der Phosphatausträge im Landwirtschaftssystem. Es wäre wünschenswert, wenn weitere Untersuchungen auf diesem Gebiet Unterschiede über Anbauvarianten ermitteln würden.

Der Bezug der Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumausträge auf Ernährungsweisen erfolgt erstmals in der vorliegenden Arbeit, daher kann kein Vergleich mit anderen Arbeiten stattfinden. Die Angabe der Austräge in diesem Bereich bietet eine Basis für den Vergleich zukünftiger Arbeiten auf diesem Gebiet. Weiterhin wird es hierdurch zukünftig möglich bei Vorliegen differenzierterer Untersuchungen in diesem Bereich, Aussagen über Einsparpotentiale von Erzeugungsvarianten (konventionell und ökologisch) zu treffen.

In der vorliegenden Arbeit werden im Bereich der **Erzeugung tierischer Produkte** Angaben von ABEL (1996, 1997, 1998) einberechnet. Die Bilanzierung von industriell hergestelltem Mischfutter wurde jedoch in der vorliegenden Arbeit aus Mangel an Angaben der Herstellerbetriebe nicht berechnet, es wurden statt dessen hofeigene Futtermischungen bilanziert. Hingegen schließt ABEL (1996, 1997, 1998), industriell hergestelltes Mischfutter aufgrund von Abschätzungen mit ein. Da sich diese jedoch nur auf

den gesamten Primärenergieeinsatz beziehen und nicht nach Energieträger differenzieren, sind sie nicht auf die vorliegende Arbeit zu übertragen. Bemerkenswert ist jedoch, daß die Daten von ABEL (1998) höher liegen als diejenigen der vorliegenden Arbeit. Demzufolge trägt der Einsatz von industriell hergestelltem Mischfutter bedeutend zur Bilanz tierischer Erzeugnisse bei. Eine differenzierte Erhebung der Energieträger und des Energieeinsatzes der industriellen Mischfutterherstellung, die weiter die Berechnung der CO₂- und SO₂-Äquivalente ermöglicht, wäre für zukünftige Arbeiten in diesem Bereich wünschenswert. Anhand der gewählten Indikatoren und der Datenlage war eine Bewertung der Vor- und Nachteile von Massentierhaltung oder artgerechter Tierhaltung nicht möglich.

In der Studie von KJER et al. (1994) wurden Rind- und Schweinefleisch bilanziert. Der Vergleich bezüglich des Primärenergieeinsatzes bezogen auf die Erzeugung von 1kg Fleisch ist Tab. 113 zu entnehmen.

Tab. 113: Vergleich des Primärenergieeinsatzes der tierischen Erzeugung von KJER et al. (1994) mit eigenen Berechnungen (MJ/kg)

Produkt	KJER et al. (1994)	Eigene Berechnungen
Rindfleisch konv.	23	56
Rindfleisch ökol.	12	26
Schweinefleisch konv.	11	32
Schweinefleisch ökol.	9	18

Der Primärenergieeinsatz, den KJER et al. (1994) für die Produktion von 1kg Rind- und Schweinefleisch berechneten, ist etwa halb so hoch wie derjenige der vorliegenden Arbeit. Weiterhin wird in beiden Untersuchungen festgestellt, daß für die ökologische Erzeugungsweise weniger Primärenergieeinsatz notwendig ist, als für die konventionelle Variante. Die Unterschiede zwischen den Studien ergeben sich dadurch, daß KJER et al. (1994) nur diejenigen Komponenten der Produkt-, Mengen- und Energieflüsse betrachten, die einen nennenswerten Anteil an der Entstehung der untersuchten Indikatoren haben. In der vorliegenden Arbeit hingegen wird die Erzeugung jedes einzelnen Futtermittels sowie dessen Verbrauch durch die Tiere berechnet und es werden ebenfalls Komponenten bilanziert, die einen geringen Anteil an der Entstehung der untersuchten Indikatoren haben. Dadurch weichen die Erfassungsmethoden und Berechnungsgrundlagen der Studie von KJER et al. (1994) und der vorliegenden Arbeit voneinander ab, weshalb die Ergebnisse beider Untersuchungen nicht direkt miteinander vergleichbar sind. Weiterhin gibt KJER et al. (1994) den Wert von 300 PJ zum Primärenergieeinsatz der Produktion

tierischer Lebensmittel des gesamten Jahres 1991 an. Diese Angabe stellt jedoch eine aggregierte Größe bezogen auf die deutsche Bevölkerung dar und es fehlen die Lebensmittelgruppen Geflügelfleisch, Eier und Fisch sowie die daraus verarbeiteten Produkte. In der vorliegenden Arbeit hingegen werden die Indikatoren für festgelegte Lebensmittelgruppen angegeben. Ein direkter Vergleich des Gesamtfleischverzehrs ist durch die zusammengefaßte Darstellungsweise von KJER et al. (1994) nicht möglich.

Die Aussage von KRAMER et al. (1995), daß die Energieintensität verschiedener Fleischprodukte v.a. von der Tierart abhängt, kann mit der vorliegenden Arbeit bestätigt werden, ebenso, daß für die ökologische Variante der Erzeugung weniger Energie benötigt wird als für die konventionelle. Die Studie von BLONK et al. (1997) stellt für die Produktion von Schweinefleisch fest, daß die Umweltbelastungen fast ausschließlich durch die Landwirtschaft verursacht werden. Verglichen mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit zur Erzeugung von Schweinefleisch kann dies bestätigt werden, da der Anteil der Schlachtung im Vergleich zur Produktion der Schweine gering ist. Der Bereich Transport kann nicht verglichen werden, da er in der vorliegenden Arbeit nicht auf einzelne Lebensmittel bezogen werden kann. Die Untersuchung von VOLDT UND MOLLER (1995) macht die Futterherstellung und die Zucht für die Entstehung der Umweltbelastungen der Produktion von Schweinefleisch verantwortlich. Da die Zucht in der vorliegenden Arbeit nicht bilanziert wurde, können hierzu keine vergleichenden Aussagen gemacht werden.

Zu den Methan- und Ammoniakemissionen der Tierhaltung ist anzumerken, daß diese in der vorliegenden Arbeit nicht bestimmten Entmistungsarten zuzuordnen waren. Trotz der 11 Studien, die ISERMANN (1994) zu diesem Thema vergleicht, sind genaue Angaben der Ammoniakemissionen hieraus nicht zu entnehmen. Da die ökologische und die konventionelle Tierhaltung jedoch gerade in den Haltungssystemen und Entmistungsarten differieren, wären aussagekräftige Untersuchungen mit detaillierten Angaben zu den Ammoniakemissionen, bezogen auf die unterschiedlichen Haltungsformen, von Nutzen.

Erwartungsgemäß liegen die Emissionen der Produkte aus landwirtschaftlicher Erzeugung unter denjenigen der tierischen Erzeugung. Die Primärenergieeinsätze der vorliegenden Arbeit liegen für beide Varianten (ökologisch und konventionell) im Bereich von etwa 0,5-6 MJ/kg Produkt. Demgegenüber liegen die Primärenergieeinsätze für Rind- und Schweinefleisch bei durchschnittlich 22 MJ/kg für die ökologische Variante und 45 MJ/kg bei der konventionellen Variante. Die Mastgeflügelherzeugung, die lediglich in der konventionellen Variante berechnet werden konnte, weist Primärenergieeinsätze von etwa 30 MJ/kg auf. Aus diesen Werten geht die deutlich schlechtere Bilanz der tierischen Erzeugnisse hervor und daraus resultierend das

Einsparpotential aufgrund eines Meidens von Fleisch und Fleischprodukten, wie es anhand der Ernährungsweise der OLV gezeigt werden konnte.

Obwohl in der vorliegenden Untersuchung keine Unterschiede bezüglich der Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumverluste zwischen der ökologischen und konventionellen Erzeugung getroffen werden konnten, da es nicht möglich war diese über alle betrachteten Lebensmittel hinweg zu ermitteln, gibt es doch Hinweise auf mögliche Unterschiede. So untersuchten GEIER und KÖPKE (1998) den ökologischen und konventionellen Landbau auf einer Fläche von 5674 ha und konnten nachweisen, daß die Stickstoffbilanz des ökologischen Landbaus um 77 % geringer war (Reduktion von 311 t auf 77 t). Weiterhin war der Pestizideinsatz um 100 % (22,7 t) geringer, da diese im ökologischen Landbau nicht eingesetzt werden. Die Reduktion der Ammoniumemissionen betrug 31 %. Die Reduktion des Phosphorinputs durch Phosphatdünger betrug 81,1 t, da auch diese im ökologischen Landbau nicht eingesetzt werden. Diese Zahlen weisen auf eine erheblich geringere Belastung der Umwelt durch ökologisch erzeugte Lebensmittel hin. Auch HILFIKER (1997) konnte in einer Untersuchung über fünf Jahre hinweg nachweisen, daß der ökologische Landbau eine bis zu 50 % geringere Stickstoffbilanz und einen erheblich geringeren Phosphorsaldo aufweist als konventionelle oder integriert wirtschaftende Betriebe.

Einsparpotentiale im Bereich der **Verarbeitung** der Lebensmittel wurden in vorliegenden Studien nicht untersucht, da die Einsparpotentiale durch die Wahl bzw. einen möglichen Wandel der Konsumgewohnheiten im Vordergrund standen und nicht Einsparungen durch technische Veränderungen im Produktionsprozeß. Sie könnten jedoch im Rahmen eines Benchmarking ermittelt werden. Dazu könnte z.B. eine Bilanz der jeweiligen Sparten der nahrungsmittelverarbeitenden Industrie (z.B. Molkereien) in Deutschland erstellt werden, in der die unterschiedlichen Energieeinsätze ermittelt werden. Weiterhin wurde im Bereich Verarbeitung nicht zwischen konventioneller und ökologischer Variante unterschieden, da die industrielle Produktion sich in diesem Punkt nicht unterscheidet. Bei der industriellen Verarbeitung entfallen die niedrigsten Indikatorwerte auf Produkte, die gering verarbeitet sind bzw. die in großen Mengen verarbeitet werden.

Im Bereich der **Verpackung** wurden keine Einsparpotentiale der Packstoffherstellung berechnet, da wie o.g. die Einsparpotentiale aufgrund von Verpackungsvarianten ermittelt werden sollten. Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß zur Verpackung von Lebensmitteln unterschiedliche Mengen Packstoff eingesetzt werden müssen, um beispielsweise Anforderungen wie Reißfestigkeit zu erfüllen. Dies soll beispielhaft an einer Tüte aus PE-Folie im Vergleich zu einer Tüte aus Recyclingpapier jeweils für die

gleiche Lebensmittelmenge (1 kg Obst) dargestellt werden. Für die Verpackung eines Kilogramms Lebensmittel wiegt eine Tüte aus PE-Folie 1,9 g, hingegen eine Papiertüte aus Recyclingpapier 15 g. Die vermeintlich günstigere Variante aus Recyclingpapier weist durch das relativ höhere Verpackungsgewicht einen Primärenergieeinsatz von 0,22 MJ, die Tüte aus PE-Folie von 0,09 MJ auf.

Im Kap. 5.4 Lebensmittelverpackungen im Ernährungssystem wurde dargestellt, daß sich die unterschiedlichen Verpackungsmaterialien bezogen auf ein Kilogramm Produkt erheblich unterscheiden. Beispielsweise verursacht die Aluminiumfolie im Bereich des Primärenergieeinsatzes mit etwa 190 MJ/kg die höchsten Emissionen, hingegen verursachen Glas und Recyclingpapierverpackungen Primärenergieemissionen von etwa 10-30 MJ/kg. Werden jedoch die tatsächlich eingesetzten Verpackungen berechnet (Kap. 5.4.2 Verpackung der Lebensmittel) stellt sich die Situation anders dar, da der Verpackungseinsatz je Lebensmittel unterschiedlich ausfällt. Dies liegt darin begründet, daß bei einer Tüte die Reißfestigkeit maßgeblich ist, so daß letztlich beim Vergleich einer Recyclingpapiertüte mit einer PE-Folientüte letztere besser abschneidet, da sie etwa um das 10fache leichter ist. Unter diesem Gesichtspunkt ist es nicht verwunderlich, daß sich in der Gesamtbilanz relativ geringe Unterschiede zwischen konventioneller und ökologischer Variante ergeben. Die ökologische Variante ist bei den MK um den Faktor 1,4 günstiger, bei den NVEG ergibt sich der Faktor 1,2 und bei den OLV 1,1. Anzumerken ist, daß aufgrund von Erhebungsunterschieden in der Lebensmittelgruppe Suppen und Soßen eine für die NVEG und OLV ungünstige Annahme getroffen wurde. Es wurden dort die verzehrten Mengen mit einer Konservendose verpackt angenommen (ohne Variantenunterschied). Dagegen wurde für die MK aufgrund des Fehlens dieses Postens keine Verpackung für die Suppen und Soßen berechnet, sondern die Zutaten wurden in der NVS anderen Lebensmittelgruppen zugerechnet (z.B. Kartoffeln) und sind dort in ihrer Verpackung berechnet worden. Die mögliche Überschätzung ist nicht genau zu berechnen, es ergibt sich maximal jedoch eine Überschätzung von etwa 10 MJ der Gesamteinsatzmenge an Weißblechdosen zur Verpackung der verbrauchten Lebensmittel. Obwohl die Gesamtsummen wie o.g. nicht erheblich voneinander differieren, sind die Unterschiede in den einzelnen Lebensmittelgruppen teilweise aber sehr hoch. Erwähnenswert sind die Schaumstoffschalen zur Fleischverpackung. Im Vergleich zu einer PP-Folienverpackung (eingeschweißtes Fleischstück) sind die Emissionen um das 14fache höher.

Zur Diskussion des **Transportes** ist anzumerken, daß die in der vorliegenden Arbeit angefertigte Makroanalyse Unterschiede bezüglich des Straßentyps, Alter des Verkehrsträgers, Fahrzeugklasse und Streckenverlauf vernachlässigt wurden. Ebenfalls ist zu berücksichtigen, daß die in den Statistiken aufgeführten Wege von den tatsächlich zurückgeleg-

ten Strecken abweichen können. Eine Ware, die von Südafrika per Schiff nach Holland gelangt und dann mit dem LKW nach Deutschland eingeführt wird, ist laut Statistik aus Südafrika nach Deutschland mit dem LKW transportiert worden. Weiterhin ist es durchaus möglich, daß die Außenhandelsstatistik nicht das Ursprungsland der Ware angibt, sondern in Fällen, in denen dies unbekannt ist, das Entsendungsland. Außerdem können bei Angaben über das Verkehrsaufkommen auch Doppelzählungen mitenthalten sein. In den Statistiken sind keine Angaben über Vorleistungen, d.h. Transporte für Verpackungsmaterialien u.ä. enthalten. Daher ist die Angabe in der vorliegenden Arbeit, dem Charakter einer Makroanalyse entsprechend, lediglich als Grobabschätzung zu sehen. Es konnten keine aktuellen Daten über den Flugzeugtransport von Lebensmitteln ermittelt werden, entsprechend sind diese in der Gesamtbilanz nicht miteingeschlossen. Im Vergleich des Primärenergieeinsatzes ist auffällig, daß bezogen auf eine Person der LKW-Transport den größten Beitrag mit 1059 MJ/a leistet. Es folgt der Transport mit dem Überseeschiff mit 268 MJ/a. Deutlich darunter liegen Binnenschiff (53 MJ/a) und Zug (18 MJ/a). In der vorliegenden Arbeit wurden keine Einsparpotentiale im Bereich Transport analysiert, da die Daten einer Grobanalyse entstammen. Wünschenswert in diesem Bereich wäre eine Aufschlüsselung der Transporte nach Lebensmitteln, Herkunftsort und Jahreszeit, da dadurch der Einfluß aufgrund der Lebensmittelwahl der Konsumentinnen dargestellt werden könnte, wie z.B. die Unterschiede durch saisonalen und asaisonalen Lebensmittelkauf oder der Beitrag von Lebensmitteln aus der Region.

Die **Haushaltsphase** setzt sich aus den Einkaufsfahrten zur Beschaffung der Lebensmittel und den Beiträgen von Kühlagerung (Kühlschrank und Tiefkühltruhe) sowie der Zubereitung auf dem Herd zusammen. Obwohl theoretisch die Einkaufsfahrten zum Transport zugezählt werden könnten, wurde die Zuordnung zur Haushaltsphase gewählt, weil dieser Bereich direkt zu den Aktivitäten der Haushaltsmitglieder zählt und dadurch eine direkte Einflußmöglichkeit durch das Verhalten von Seiten der Konsumentinnen besteht. Es konnte hier, im Gegensatz zum Gesamttransport ein Variantenunterschied berechnet werden, wobei sich die ökologische Variante dadurch auszeichnet, daß Einkaufsfahrten aufgrund besserer Planung (monatlicher Einkauf haltbarer Nahrungsmittel) wegfallen und die Verwendung des Fahrrads für kurze Einkaufsfahrten gewählt wird. Die Primärenergieemissionen der ökologischen Variante sind entsprechend um den Faktor 4 geringer.

Im Vergleich der Haushaltsgeräte resultieren die größten Beiträge von den Geräten, die ständig Energie verbrauchen (Kühlschrank, Gefriertruhe). Herde werden nur zeitweise benutzt und haben daher einen geringeren jährlichen Verbrauch. Die von WILTING und BIESIOT (1998) ermittelte Angabe von 36 GJ/a/Haushalt ist nicht mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit zu vergleichen, da einerseits die Bilanzierungsmethode differiert

(Hybridmethode) und andererseits die Primärenergie berechnet auf die Niederlande angegeben wird und weiterhin keine Angaben über die Personenzahl je Haushalt gemacht wird. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit beziehen sich jedoch auf eine Person und auf Deutschland. Angaben von LINDERHOF und KOOREMAN (1998) liegen etwa im gleichen Größenbereich wie die in der vorliegenden Arbeit für Deutschland ermittelten (Kühlschränke 368 kWh/a, Gefriertruhen 186 kWh/a). Bemerkenswert sind die Angaben von WAL und NOORMAN (1998) zu energieeffizienten Haushaltsgeräten, sie geben 50 kWh/a für Kühlschrank und Gefriertruhe als Beispiel für energieeffiziente Geräte in den Niederlanden an. Würden diese Angaben für eine ökologische Variante herangezogen, würde der Unterschied bezogen auf die gesamte Haushaltsphase den Faktor 1,7 betragen. Die Angaben von UITDENBOERGD et al. (1998) liegen wiederum im Bereich der Daten der vorliegenden Arbeit. Sie geben für niederländische Haushalte Werte für Herde von 1370 MJ/a, Kühlschränke 2600 MJ/a und Tiefkühler 3330 MJ/a an. Die in der vorliegenden Arbeit ermittelten Einsparpotentiale im Bereich der Haushaltsgeräte ermöglichen eine Reduktion der Emissionen um den Faktor 1,6. Für den gesamten Bereich der Haushaltsphase ergibt sich ein Einsparpotential um das 1,7fache für die ökologische Variante.

Im folgenden wird darauf eingegangen in welchen Bereichen die vorliegende Arbeit die Emissionen der Ernährungsweisen eher über- oder unterschätzt. Es wird davon ausgegangen, daß die vorliegende Arbeit die tatsächlichen Emissionen im Bereich des Transportes, eher unterschätzt, da die statistische Analyse die Daten in aggregierter Form beschreibt. Möglich wären höhere Transporte durch den Transport der Zwischenverpackungen und durch nicht erfaßte Fahrten wie z.B. den Fahrten zwischen der Großhandelslagern. Im Bereich der Erzeugung ist eine Unterschätzung der Emissionen für Fische und deren Produkte zu vermuten, da die Hochseefischerei nicht in die Berechnungen miteinbezogen werden konnte. Geflügel konnte nicht in der ökologischen Variante berechnet werden. Ebenfalls fehlen die Emissionen für den Kühltransport der Fische und auch anderer Lebensmittel sowie der Kühllagerung im Handel. Hieraus ergibt sich ebenfalls eine Unterschätzung der Emissionen. Möglicherweise ergäben sich für die MK höhere Emissionen durch den Einbezug der Tiefkühlprozesse, da die NVEG und OLV einen größeren Anteil an unverarbeiteten und daher nicht konservierten Lebensmittel zu sich nehmen und die Tiefkühlung nicht berechnet werden konnte. In manchen Fällen wurde in der vorliegenden Arbeit die integrierte Produktion (IP) bilanziert, wenn keine Angaben zur konventionellen Erzeugung aus LBL (1998) ermittelbar waren. Hierdurch resultiert eine Unterschätzung der Emissionen, da die integrierte Produktion weniger Dünger einsetzt als die konventionelle. Aufgrund von Erhebungsunterschieden zwischen den Studien (NVS und VWS) wurden für die Ernährungsweisen der VWS Verpackungen berechnet, die bei der

NVS nicht berechnet werden konnten. Dies gilt für die Verpackungen der Gruppe Suppe, Soßen, Dressings, Feinkostsalate und Fertigprodukte, für Pizza und Semmelknödel. Die Emissionen der genannten Verpackungen betragen etwa 80 MJ Primärenergie für die NVEG. Im Vergleich mit den Gesamtemissionen von 14 GJ für diese Ernährungsweise würde diese mögliche Überschätzung 0,6 % der Gesamtemissionen betragen. Sie kann daher als eher vernachlässigbar angesehen werden. Weiterhin wurde die Zubereitung von Obstkompott bei der VWS aufgrund mangelnder Daten als Konservenobst berechnet, hierdurch ergeben sich z.B. etwa 50 MJ Primärenergieemissionen für die NVEG, von denen nicht klar ist, ob sie tatsächlich bei den Ernährungsweisen anfallen. Dieser Beitrag ist jedoch im Vergleich zu den Gesamtemissionen ebenfalls eher gering. Bei der Bilanzierung der Lebensmittelerzeugung ist anzumerken, daß der gesamte Bereich der Südfrüchte lediglich durch die Orangenproduktion repräsentiert werden konnte. Es ist jedoch schwer abschätzbar ob die Anbauverfahren anderer Südfrüchte die Bilanz erhöhen oder vermindern würden. Insgesamt wird davon ausgegangen, daß die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit die tatsächlichen Emissionen eher unterschätzen. Dies wird u.a. deshalb vermutet, da kontinuierliche Energieverbräuche wie beispielsweise die Kühlung in Großlagern, beim Transport und im Handel nicht miteinbezogen werden konnten, im Bereich der Haushaltsphase jedoch gezeigt werden konnte, daß der Einfluß von Kühlgeräten nicht unerheblich ist.

Weitere Indikatoren

In einer Ökobilanz über Pestizide ermittelten JOLLIET et al. (1998), daß Pestizide den größten Einfluß auf den Menschen über die Nahrung haben. Sie stellten weiterhin Bewertungsmöglichkeiten für den Pestizideinsatz dar, indem die Mengen nachvollzogen wurden, die einerseits über die Luft inhaliert werden (nach der Pestizidapplikation auf dem Feld) und andererseits über die Nahrung aufgenommen werden. Die aufgenommene Menge wurde mit einem Toxizitätspotential bewertet. Durch diese Vorgehensweise kann die toxische Schädigung von Menschen (Humantoxizität) bewertet werden. Sie weisen jedoch darauf hin, daß die ermittelten Ergebnisse nur eine grobe Abschätzung darstellen, die lediglich Größenordnungen erfaßt. PIMENTEL et al. (1992) ermittelten weltweit eine Zahl von 1 Mio. Pestizidvergiftungen und zusätzlich etwa 20000 Todesfälle. Zum Zeitpunkt der Erstellung der vorliegenden Arbeit war die Datenlage über eingesetzte Art und Menge der Pestizide, bezogen auf unterschiedliche landwirtschaftliche Produkte, zu undifferenziert um Aussagen treffen zu können, jedoch stellt dieser Bereich einen wichtigen Einflußfaktor im Ernährungssystem dar und sollte deshalb in zukünftigen Arbeiten integriert werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß ein Wandel der Konsumgewohnheiten, der derzeit schon durchführbar ist, einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung liefern kann. Hervorzuheben sind Einsparpotentiale einerseits durch Verwendung von Produkten aus ökologischer Erzeugung und durch Verminderung oder Meiden des Fleischverzehrs und Vermeidung des Verzehrs von Gewächshausgemüse. Weiterhin lassen sich Einsparpotentiale im Bereich der Reduktion der Einkaufsfahrten mit dem PKW und der Wahl und Einsatz von Haushaltsgeräten realisieren.

8 Zusammenfassung

Schlüsselworte: Ökologische Bewertung, Treibhauspotential, Versauerungspotential, Primärenergieeinsatz, Ernährungsweisen, Nationale Verzehrsstudie, Gießener Vollwert-Ernährungs-Studie, Lebensmittelverbrauch

Um zu ermitteln, in welchem Maße gegenwärtig praktizierte Ernährungsweisen zur ökologischen Belastung beitragen und welche Einsparpotentiale bestehen, wurde in der vorliegenden Arbeit eine ökologische Bewertung erstellt. Hierzu wurden Indikatoren zur ökologischen Bewertung ermittelt. Neben Betrachtungen der Relevanz spielten bei der Wahl der Indikatoren auch Betrachtungen der Datenverfügbarkeit eine Rolle, so daß folgende Indikatoren gewählt wurden: Primärenergieeinsatz, CO₂-Äquivalente zur Bewertung des Treibhauspotentials sowie zur Bewertung des Versauerungspotentials, die SO₂-Äquivalente. Die genannten Indikatoren wurden zur Betrachtung des Gesamtsystems herangezogen, ergänzend wurden der Stickstoff-, Kalium- und Phosphorausstrag als Indikatoren für den Bereich Landwirtschaft herangezogen.

Drei Ernährungsweisen wurden miteinander verglichen. Hierzu wurden Verzehrsdaten aus 7-Tage-Ernährungsprotokollen verwendet, einerseits der Nationalen Verzehrsstudie (NVS), andererseits der Gießener Vollwert-Ernährungs-Studie (VWS). Die Daten der NVS stellten die Referenz zu einer in Deutschland üblichen, durchschnittlichen Mischkost dar (Mischköstlerinnen, MK). Die Daten der VWS waren Basis zur Berechnung davon abweichender Ernährungsweisen, die in ihrer Lebensmittelauswahl einen hohen Frischkostanteil und einen geringen Anteil an Fleisch und Fleischprodukten berücksichtigen (Nicht-Vegetarierinnen, NVEG) bzw. kein Fleisch verzehren (Ovo-lakto-Vegetarierinnen, OLV).

Es wurde nur eine bestimmte Kohorte ausgewählt (gesunde, nicht-schwangere Frauen im Alter von 25-65 Jahren). Die Daten aus den Verzehrsprotokollen der beiden Studien wurden einander angeglichen und es wurden 17 einheitliche Lebensmittelgruppen gebildet. Die Verzehrsmengen der in den 17 Lebensmittelgruppen enthaltenen Lebensmittel wurden mittels Korrekturfaktoren auf den Verbrauch bezogen, um Mengenangaben über die von den Personen verbrauchten Lebensmittel zu erhalten.

Die Ernährungsweisen wurden jeweils in einer konventionellen und einer ökologischen Variante verglichen. Dieses Vorgehen ermöglichte einerseits die Beurteilung der

Ernährungsweisen an sich, andererseits die Beurteilung von Varianten innerhalb einer Ernährungsweise, die die Verbraucherinnen durch die Wahl der eingekauften Lebensmittel direkt beeinflussen können.

Die Bilanzierung erfolgte anhand der Bereiche landwirtschaftliche Erzeugung, Lebensmittelverarbeitung, -transport und -verpackung sowie Haushaltsphase. Die Summe der erwähnten Bereiche wurde in der vorliegenden Bilanz *Ernährungssystem* genannt, da sie das System darstellen, das die in den jeweiligen Ernährungsweisen verzehrten Lebensmittel zum Zwecke der Ernährung bereitstellt.

Die in der vorliegenden Arbeit vorgestellte Vorgehensweise basiert auf einer einheitlichen Datenbasis und soweit wie möglich auf gesicherten, gut dokumentierten Quellen. Dies ermöglicht eine Abschätzung der Emissionen, berechnet auf einer einheitlichen Grundlage und daraus resultierend einer guten Vergleichbarkeit der Ergebnisse untereinander. Die Bilanzierung der Lebensmittel wurde basierend auf allgemeinen Anbauempfehlungen für landwirtschaftliche Produkte in konventioneller und ökologischer Anbauweise durchgeführt. Es wurden im Bereich der Lebensmittelverarbeitung übliche industrielle Verarbeitungsprozesse ermittelt und bilanziert.

Die Lebensmittelverpackungen wurden anhand eines ausführlichen Dateninventars zur Verpackungsbilanzierung in einer konventionellen und einer ökologischen Variante berechnet. Der Transport im Lebensmittelbereich wurde anhand einer statistischen Analyse abgeschätzt. Daten zur Haushaltsphase entstammen einer Grobanalyse und umfassen die Einkaufsfahrten, die Kühlagerung sowie die Zubereitung (in konventioneller und ökologischer Variante).

Bei der ökologischen Bewertung der Ernährungsweisen wurde festgestellt, daß die MK die höchsten Emissionen hervorrufen, gefolgt von den NVEG und den OLV. Obwohl die OLV den größten Lebensmittelverbrauch aufweisen, ruft ihre Ernährungsweise die geringsten Emissionen hervor. Es besteht innerhalb jeder Ernährungsweise ein Einsparpotential der ökologischen gegenüber der konventionellen Variante. Das größte Einsparpotential ergibt sich aus dem Wechsel der Ernährungsweise der MK in der konventionellen Variante zur Ernährungsweise der OLV in der ökologischen Ernährungsweise. Es besteht daher von Seiten der Konsumentinnen die Möglichkeit, Umweltbelastungen zu vermindern. Einerseits in der Wahl der Variante, andererseits in der Wahl der Ernährungsweise.

Summary

Keywords: Ecological assessment, global warming potential, acidification potential, primary energy input, diets, National Consumption Study, Giessen Wholesome Nutrition Study, food consumption

This study was undertaken to evaluate the ecological impact of currently practised diets and also to investigate reduction potentials. Therefore, indicators for the ecological evaluation were chosen. The indicators were selected according to their relevance and the availability of data. The following indicators were taken: Primary energy input, CO₂-equivalents for the evaluation of the global warming potential and for the evaluation of the acidification potential the SO₂-equivalents. These indicators were used to evaluate the overall system, additionally the losses of nitrogen, potassium and phosphorus in the agricultural system were taken into account.

Three diets were compared concerning their ecological impact. The consumption data were taken from 7-day consumption protocols from the National Consumption Study (NVS) and the Giessen Wholesome Nutrition Study (VWS). Data of the NVS were taken as the reference diet for an average German diet (MK). Data of the VWS represented diets with a special nutritional behavior characterized with a high content of unprocessed food and a low content of meat and meat products for the non-vegetarians (NVEG) or no meat consumption at all for the vegetarians (OLV).

A special cohort was chosen. They were healthy, non-pregnant women at the age of 25-65 years. In order to compare the data of the consumption protocols of the two studies, 17 comparable food groups were established. In order to evaluate the quantities of the purchased goods and not only the food actually eaten the data of the protocols was multiplied with correction factors.

The diets were assessed in two different versions, an ecological version and a conventional version, enabling a comparison of the different diets and also of the versions within one diet. These versions can be influenced by the consumer themselves directly through their shopping pattern.

The assessment was undertaken for the following areas: Agricultural production, food processing, transportation, packaging and household phase. The sum of these areas is the *food-system* because they represent the system in which the different diets were produced.

This study is based on a single unified database and as far as possible on data taken from well documented literature. Therefore, it was possible to compare the results of different balances of different agricultural products within the study, which i.e. would not be the case with life cycle assessments on agricultural products. The assessment of agricultural products was based on common recommendations of good agricultural practice, it was carried out for the conventional and the ecological version. Typical industrial processes were assessed for the food processing.

The food packaging data were taken from a well documented study on the topic in two versions, conventional and ecological. The overall transportation within the food system was estimated based on a statistical analysis. Data for the assessment of the household phase were taken from macroanalyses which comprised the shopping i.e. the driving to the store, the cooling of the goods and the cooking (in a conventional and an ecological version).

The ecological assessment of the diets showed the highest emissions for the MK, followed by the NVEG and the OLV. The OLV, in spite of consuming the highest amount of food, showed the lowest ecological impact. A reduction potential can be realised by choosing the ecological instead of the conventional version within one diet. However the highest possible reduction potential results from a change of the MK diet in its conventional version to the OLV diet in its ecological version. Therefore, it could be shown that consumers are able to influence the ecological impact of their consumption by choosing the version within a diet or by changing their diet.

9 Literaturverzeichnis

- Aalderink J, Hoffmann I, Groeneveld M, Leitzmann C
Ergebnisse der Gießener Vollwert-Ernährungs-Studie
Ernährungs-Umschau 41, (9), S 328-35, 1994
- Abel HJ
Energieverbrauch und CO₂-Ausstoß bei verschiedenen Formen der Lebensmittelerzeugung
In: Hülsenberger Gespräche
Schaumann Stiftung, Hamburg, S 153-161, 1996
- Abel HJ
Institut für Tierphysiologie und Tierernährung, Universität Göttingen
Mündliche Mitteilung, November 1998
- Abel HJ
Stoff- und Energiebilanzen in der Tierproduktion
VDLUFA Schriftenreihe 46, S 33-46, 1997
- Adolf T
Nationale Verzehrsstudie (NVS) und Verbundstudie Ernährungserhebung und
Risikofaktorenanalytik (VERA)
Public use file on CD-ROM, Dokumentation, o.J.
- Adolf T, Schneider R, Eberhardt W, Hartmann S, Hesecker H, Hünchen K, Kübler W, Mathiaske B, Moch
K, Rosenbauer J
Ergebnisse der Nationalen Verzehrsstudie über die Lebensmittel- und Nährstoffaufnahme in der
Bundesrepublik Deutschland
VERA Schriftenreihe, Wissenschaftlicher Fachverlag, Band XI, Niederkleen, 236 S, 1995
- AGÖL (Arbeitsgemeinschaft ökologischer Landbau)
Verpackung ökologischer Lebensmittel
Stiftung Ökologie u. Landbau (Hrsg.)
SÖL, Bad Dürkheim, 43 S, 1996
- Alföldi T, Spiess E, Niggli U, Besson JM
Energiebilanzen für verschiedene Kulturen bei biologischer und konventioneller Bewirtschaftung
Ökologie und Landbau, 25, (1), S 39-42, 1997
- Anders HJ, Matiaske B, Rosenbauer J
Repräsentative Verzehrsstudie in der Bundesrepublik Deutschland inkl. West-Berlin
Schriftenreihe der AGEV, 8, Umschau-Verlag, Frankfurt M., S 11-25, 1990
- Andersen G
Zuckerwaren
In: Lebensmitteltechnologie
Heiss R (Hrsg.)
Springer, Berlin, S 262-271, 5. Aufl, 1996
- Andersson D
Life Cycle Assessment (LCA) of food products and production systems
AFR-report 203, Gothenburg, 149 p, 1998

- Audsley E, Alber S, Cowell SJ, Clift R, Crettaz P, Gaillard G, Hausheer J, Jolliet O, Kleijn R, Mortensen B, Pearce D, Roger E, Teulon H, Weidema B, Ziejts Hv
Harmonisation of environmental LCA for agriculture, final report, concerted action no. AIR3-CT94-2028
Silsoe Research Institute, Silsoe, UK, 119 p, 1997
- BAG (Bundesamt für Güterverkehr) und KBA (Kraftfahrt-Bundesamt)
Statistische Mitteilungen des KBA und BAG
Verkehrsleistung deutscher Landkraftfahrzeuge
Metzler-Poeschel, Stuttgart, 8, 49 S, 1997
- Belitz HD, Grosch W
Lehrbuch der Lebensmittelchemie
Springer, Berlin, 966 S, 4. Aufl., 1995
- BGL (Bundesverband Güterkraftverkehr und Logistik e.V.)
Verkehrswirtschaftliche Zahlen 1996
Frankfurt/Main, 89 S, 1997
- Biesiot W, Wilting HC
Household energy requirements
In: Green Households?
Noorman KJ, Uiterkamp TS (eds.)
Earthscan, London, p 64-79, 1998
- Bioland
Bioland-Richtlinien für Pflanzenbau, Tierhaltung und Verarbeitung
Bioland, Mainz, 72 S, 1997
- BLV (BLV-Verlagsgesellschaft)
Die Landwirtschaft: Tierische Erzeugung
Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup, 549 S, 1994
- BML (Bundesministerium für Landwirtschaft, Hrsg.)
Statistisches Jahrbuch über Ernährung Landwirtschaft und Forsten 1997
Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup, 556 S, 1997
- Böge S
Die Auswirkungen des Strassengüterverkehrs auf den Raum – die Erfassung und Bewertung von Transportvorgängen in einem Produktlebenszyklus
Diplomarbeit, Fachbereich Raumplanung, Universität Dortmund, 119 S, 1992
- Both G, Gebers B, Jenseit W, Peter B, Wollny V
Jenseits vom „Grünen Punkt“ – Alternativen zu Verpackungsverordnung und Grünem Punkt
Öko-Institut e.V., Darmstadt, 167 S, 1995
- Bräutigam KR, Achternbosch M, Brune D
Material flow analysis for nutrients in agriculture and food industry
ITAS, Karlsruhe, 43 p, 1996
- Bräutigam KR, Brune D, Schulz V
Bestimmung der durch die private Nachfrage nach pflanzlichen Produkten, Fleisch und Fleischerzeugnissen sowie Molkereiprodukten und Eiern hervorgerufenen Emissionen, Abschlußbericht Werkvertrag zum Forschungsprojekt „Emittendenstruktur“ im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnung (UGR)
ITAS, Karlsruhe, 36 S 1995

- BUND (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland)/Misereor
Zukunftsfähiges Deutschland
Birkhäuser, Basel, 453 S, 1996
- Bundesminister für Verkehr
Verkehr in Zahlen 1991
Berlin, 496 S, 1991
- Bundesminister für Verkehr
Verkehr in Zahlen 1994
Berlin, 355 S, 1994
- Bundesminister für Verkehr
Verkehr in Zahlen 1995
Berlin, 377 S, 1995
- Bundesminister für Verkehr
Verkehr in Zahlen 1997
Berlin, 379 S, 1997
- BMELF (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten)
Die Unternehmens- und Betriebsstruktur der Molkereiwirtschaft in Deutschland
Bonn, 136 S, 1996
- BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft)
Ökoinventare für Verpackungen I, II
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Hrsg),
Schriftenreihe Umwelt Nr. 250, Bern, 584 S, 2. Aufl., 1998
- Carlsson-Kanyama A
Greenhouse gas emissions in the life cycle of carrots and tomatoes
IMES/EESS Report No. 24, Lund, 38 S, 1997
- Cederberg C
Life cycle assessment of milk production
SIK-Rapport Nr. 643, Gothenburg, 86 p, 1998
- Deutsches Lebensmittelbuch
Leitsätze 1994
Bundesanzeiger, Köln, 391 S, 1994
- Dierkes M
Konzeptentwicklung von Technikfolgenabschätzung: Rückblick und Ausblick
In: Tagung: 25 Jahre Technikfolgenabschätzung in Deutschland
o. Verlag, Bonn, S 4, 1998
- Diestel J
Speiseeis
In: Lebensmitteltechnologie
Heiss R (Hrsg.)
Springer, Berlin, S 39-45, 5. Aufl., 1996
- DIN-NAGUS
DIN EN ISO 14040, Deutsche Fassung
Ökobilanz Prinzipien und allgemeine Anforderungen
DIN-NAGUS, Berlin, 14 S, 1997

- Donat G
Bundesministerium für Landwirtschaft
Mündliche Mitteilung, Januar 2000
- Dortmunder Brau Union
Umwelterklärung
Dortmunder Brau Union, Dortmund, 1997
- Eijndhoven J
Technology assessment in Europe: concepts and future perspectives
In: Tagung: 25 Jahre Technikfolgenabschätzung in Deutschland
o. Verlag, Bonn, S 3-4, 1998
- ENISO 14040
Ökobilanz, Prinzipien und allgemeine Anforderung
Europäisches Komitee für Normung, Brüssel, 15 S, 1997
- Enquete-Kommission
Mehr Zukunft für die Erde
Schlußbericht der Enquete-Kommission Schutz der Erdatmosphäre
Dt. Bundestag, Bonn, 1540 S, 1995
- Enquete-Kommission
Konzept Nachhaltigkeit
Abschlußbericht der Enquete-Kommission Schutz des Menschen und der Umwelt
Dt. Bundestag, Bonn, 467 S, 1998
- Ernst-De Groe R
Teigwaren
In: Lebensmitteltechnologie
Heiss R (Hrsg.)
Springer, Berlin, S 159-166, 5. Aufl, 1996
- Fangauf W
Sojaerzeugnisse
In: Lebensmitteltechnologie
Heiss R (Hrsg.)
Springer, Berlin, S 243-247, 5. Aufl, 1996
- Flaig H, Mohr H
Der überlastete Stickstoffkreislauf, Strategien einer Korrektur
Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg in Zusammenarbeit mit der
Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina (Hrsg)
Dt. Akademie der Naturforscher Leopoldina, Nr. 289, Halle (Saale), 168 S, 1996
- Franke W
Nutzpflanzenkunde
Thieme, Stuttgart, 470 S, 1997
- Friedel E
Innovationen schaffen Marktwachstum
Flüssiges Obst 65, (6), S 373, 1998
- Fritsche U, Buchert M, Hochfeld C, Jenseit J, Matthes FC, Rausch L, Stahl H, Witt J
Dokumentation zur GEMIS Version 3.0
Eigenverlag, Darmstadt, 46 S, 1998

- Fruchtnektarverordnung
Verordnung über Fruchtnektar und Fruchtsirup
i.d.F. vom 17.2.1982
- Fruchtsaftverordnung
Verordnung über Fruchtsaft, konzentrierten und getrockneten Fruchtsaft
i.d.F. vom 17.2.1982
- Ganßmann W
Hafer
In: Lebensmitteltechnologie
Heiss R (Hrsg.)
Springer, Berlin, S 149-155, 5. Aufl, 1996
- Garloff H
Reis
In: Lebensmitteltechnologie
Heiss R (Hrsg.)
Springer, Berlin, S 155-157, 5. Aufl, 1996
- Garloff H, Viani R, Lange H
Kaffee
In: Lebensmitteltechnologie
Heiss R (Hrsg.)
Springer, Berlin, S 358-375, 5. Aufl, 1996
- Geier U
Universität Bonn
Mündliche Mitteilung, August 1999
- Geier U, Köpke U
Comparison of conventional and organic farming by process-life cycle assessment. A case study of agriculture in Hamburg
In: Int. Conference on LCA in agriculture, agro-industry and forestry
Vito Mol, Brussels, p 31-38, 1998
- Giampetro M, Cerretelli G, Pimentel D
Assessment of different agricultural production practices
Ambio, 21, (7), p 451-459, 1992a
- Giampetro M, Bukkens SGF, Pimentel D
Limits to population size: Three scenarios of energy interaction between human society and ecosystem
Population and Environment, 14, (2), p 109-131, 1992b
- Global Change (electronic edition)
Global warming potentials
Pacific Institute for Studies in Development, Environment and Security, USA, 1996
- Gysi C, Reist A
Hors-sol Kulturen – eine ökologische Bilanz
Landw. Schweiz, 3, (8), S 447-459, 1990
- Haarer L, Menne R
Kochen und Backen nach Grundrezepten
Schneider, Hohengehren, 218 S, 1992

- Haas G
Maßzahlen der Energieeffizienz: Brennwerte oder Lebensmittel erzeugen?
Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss, 9, S 101-102, 1996
- Haas G, Geier U, Schulz K, Köpke U
Klimarelevanz des Agrarsektors der Bundesrepublik Deutschland: Reduzierung der Emission von Kohlendioxid
Ber Ldw, 73, S 387-400, 1995
- Haas G, Köpke U
Klimarelevanz des organischen Landbaus – Ziel erreicht?
In: Tagungsband 3. Wiss. Fachtagung zum Ökologischen Landbau
Wissenschaftlicher Fachverlag Giessen, S 37-40, 1995
- Herwig A
Körperliche Aktivität und Lebensgewohnheiten, Nährstoffzufuhr, klinisch-chemische Parameter -
Ergebnisse der Nationalen Verzehrsstudie (NVS) und der Verbundstudie Ernährungserhebung und
Risikofaktoren-Analytik (VERA)
VERA Schriftenreihe 13, Wissenschaftlicher Fachverlag, Niederkleen, 323 S, 1995
- Heyer J
Methan
In: Enquete-Kommission Schutz der Erdatmosphäre des Deutschen Bundestages (Hrsg.)
Studienprogramm Landwirtschaft, Band 1, Teilband I, Studie C
Economica, Bonn, 84 S, 1994
- Hilfiker J
Vergleich der Landbauformen. Sind IP und Biolandbau wirtschaftliche Alternativen zur
konventionellen Landwirtschaft
FAT-Bericht Nr. 498, Tänikon, 13 S, 1997
- Hoffmann I
Die Empfehlungen der DGE für den Verzehr von mehr Gemüse und Obst: Umsetzbarkeit und
mögliche Konsequenzen
Ern Umschau 46 (10), S 365-368, 1999
- Hoffmann I
Gießener Vollwert-Ernährungs-Studie: Untersuchung auf Bias am Beispiel von Fettstoffwechsel-
Parametern
Wissenschaftlicher Fachverlag, Gießen, 270 S, 1994
- Hugger H
Sonnenblumen
Ulmer, Stuttgart, 93 S 1989
- Institut für angewandte Ökologie e.V.
Globaler Stoffwechsel
Institut für angewandte Ökologie e.V., 20 S, Darmstadt 1999
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Hrsg.)
Climate Change 1995, The Science of climate change; contribution of working group I to the second
assessment report of the IPCC
University Press, Cambridge, 542 p, 1996
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Hrsg.)
Climate Change 1994 – radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92
Emission Scenarios
University Press, Cambridge, 328 p, 1995

Isermann K

Ammoniak

In: Enquete-Kommission Schutz der Erdatmosphäre des Deutschen Bundestages (Hrsg.)

Studienprogramm Landwirtschaft, Band 1, Teilband I, Studie E, 236 S

Economica, Bonn, 1994

Jolliet O, Margini M, Rossier D, Crettaz P

Life cycle impact assessment of pesticides on human health and ecosystems

In: Int. conference on LCA in agriculture, agro-industry and forestry

Vito Mol, Brussels, p 109-119, 1998

Jungbluth N

Umweltfolgen des Nahrungsmittelkonsums: Beurteilung von Produktmerkmalen auf Grundlage einer modularen Ökobilanz

dissertation.de Verlag im Internet, Berlin, 316 S, 2000

Kaffeeverband

www.Kaffeeverband.de/kapitel9.htm, 1999

Kaltschmitt M, Reinhardt GA (Hrsg.)

Nachwachsende Energieträger

Vieweg, Braunschweig, 527 S, 1997

Kjer I, Simon KH, Zehr M, Zerger U, Kaspar F, Bossel H, Meier-Ploeger A, Vogtmann H

Landwirtschaft und Ernährung. Quantitative Analysen und Fallstudien Teilbericht A

In: Enquete-Kommission Schutz der Erdatmosphäre des Deutschen Bundestages

Economica, Bonn, S 5-189, 1994

Klausch A

Stoffstrombilanzierung des Verzehrs von Fleisch, Fisch und Eiern

Diplomarbeit, Institut für Ernährungswissenschaft, JLU Gießen, 151 S, 1999

Koerber Kv, Männle T, Leitzmann C

Vollwert-Ernährung: Konzeption einer zeitgemäßen Ernährungsweise

Haug, Heidelberg, 309 S, 9. Aufl., 1999

Kok R, Biesiot W, Wilting HC

Energie-intensiteiten van voedingsmiddelen

IVEM-Onderzoeksrapport No. 59, Groningen, 210 S, 1993

Kranendonk S, Bringezu S

Major material flows associated with orange juice consumption in Germany

Fresenius Envir Bull 2, p 455-60, 1993

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Hrsg.)

Sonnenblumen

KTBL Schrift Nr. 325, Münster-Hiltrup, 91 S, 1988

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Hrsg.)

Datensammlung Alternative Landwirtschaft

Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup, 110 S, 1991

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Hrsg.)

KTBL-Taschenbuch Gartenbau

Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup, 129 S, 1994

- Kübler W, Baltzer H, Grimm R, Schek A, Schneider R
Die Nationale Verzehrsstudie (NVS) und die Verbundstudie Ernährungserhebung und Risikofaktoren Analytik (VERA). Synopsis und Ausblick
VERA-Schriftenreihe Band 14, 73 S, 1997
- LBL (Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau, Hrsg.)
Deckungsbeiträge Ausgabe 1998
LBL, Lindau, 161 S, 1998
- LCAnet food
Information from the LCA network on foods
Newsletter, 1, (3), p 1-4, 1999
- Leible L, Wintzer D
Energiebilanzen bei nachwachsenden Energieträgern
In: Energie aus Biomasse
Flaig H, Mohr H (Hrsg.)
Springer, Berlin, S 67-83, 1993
- Linderhof VGM, Kooreman P
Economic aspects of household metabolism
In: Green Households?
Noorman KJ, Uiterkamp TS (eds.)
Earthscan, London, p 184-204, 1998
- LMBG (Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz)
i.d. F. vom 8.7.1993
- Lörcher M
Produkt Ökobilanz des Pfister-Öko-Brottes für die Ludwig Stocker Hopffisterei GmbH
AkkU Umweltberatungs GmbH, München, 29 S, 1996
- Möker UH
Gewässerbelastung durch Agrarstoffe
Nomos, Hamburg, 180 S, 1993
- Moll HC, Biesiot W, Vringer K, Wilting HC, Blok K, Kok R, Noorman KJ
Reduction of CO₂-emissions by lifestyle changes
IVEM report No. 80, Groningen, 315 p, 1995
- Moll S
Ernährungsbilanzen privater Haushalte und deren Verknüpfung in physischen Input-Output-Tabellen, im Auftrag des Statistischen Bundesamtes
Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 89 S, 1996
- Müller B, Hanselmann M
Produktlinienanalyse der Tomate
Diplomarbeit, Institut für Energietechnik, ETH Zürich, 89 S, 1993
- Neuhäuser S
Fleischwaren
In: Lebensmitteltechnologie
Heiss R (Hrsg.)
Springer, Berlin, S 51-61, 5. Aufl, 1996

- Nordhausen
Umwelterklärung
Nordhausen Nordbrandt GmbH, Nordhausen 1997
- Patyk A, Reinhardt GA
Düngemittel-, Energie-, und Stoffstrombilanzen
Vieweg, Braunschweig, 223 S, 1997
- Pimentel D
Ecological aspects of the human food chain
Int. J. Unity Sci., 2, p 59-82, 1989
- Pimentel D
Economics and energetics of organic and conventional farming
J Agric. Envi. Ethics, 1, (6), p. 53-60, 1993
- Pimentel D, Acquay H, Biltonen M, Rice P, Silva M, Nelson J, Lipner V, Giordano S, Horowitz A, D'Amore M
Environmental and economic costs of pesticide use
BioScience, 42, (10), p 750-760, 1992
- Pimentel D, Harvey C, Resosudarmo R, Sinclair K, Kurz D, McNair M, Crist S, Spritz L, Fitton L, Saffouri R, Blair R
Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits
Science, 267, p 1117-1123, 1995
- Prändl O, Fischer A, Schmidhofer T, Sinell HJ
Fleisch: Technologie und Hygiene der Gewinnung und Verarbeitung
Ulmer, Stuttgart, 788 S, 1988
- Prognos
Prognos trendletter 3/1998
http://www.prognos.ch/html/p_tr_98_3_5.html, 1998
- Reinefeld E
In: Lebensmitteltechnologie
Heiss R (Hrsg.)
Springer, Berlin, S 251-261, 5. Aufl, 1996
- Renn O
Partizipative Technikfolgenabschätzung: Eine Antwort auf die Herausforderungen von
Unsicherheit und Ambivalenz
In: 25 Jahre Technikfolgenabschätzung in Deutschland
o. Verlag, Bonn, S 5-7, 1998
- Ruck W
Institut für Ökologie und Umweltchemie, Universität Lüneburg,
Mündliche Mitteilung, Dezember 1998
- SBA (Statistisches Bundesamt)
Umweltökonomische Trends bei privaten Haushalten
Wirtschaft und Statistik, 11, S 728-742, 1996
- Scheffel W
Kartoffelerzeugnisse
In: Lebensmitteltechnologie
Heiss R (Hrsg.)
Springer, Berlin, S 235-247, 5. Aufl, 1996

Scheller E

Bilanzierung der Kaliumnachlieferung aus den Bodenmineralien zur Reduzierung der K-Düngung sowie zur Verringerung der Chlorid-, Calcium- und Magnesiumauswaschung aus den Böden
In: Stoffbilanzierung in der Landwirtschaft
Umweltbundesamt Österreich, Wien, Bd. 20, S 39-48, 1997

Schmidt-Bleek F

Wieviel Umwelt braucht der Mensch?
Birkhäuser, Berlin, 302 S, 1993

Schmidt K

Sauergemüse
In: Lebensmitteltechnologie
Heiss R (Hrsg.)
Springer, Berlin, S 285-287, 5. Aufl, 1996

Schneider R, Eberhardt W, Hesecker H, Moch KJ

Die VERA-Stichprobe im Vergleich mit Volkszählung, Mitrozensus und anderen nationalen Untersuchungen
VERA-Schriftenreihe 2, Wissenschaftlicher Fachverlag, Niederkleen, 157 S, 1992

Seibel W, Spicher G

Backwaren
In: Lebensmitteltechnologie
Heiss R (Hrsg.)
Springer, Berlin, S 166-178, 5. Aufl, 1996

Sinass

www.sinass.de/bereit.htm, 1999

Spielmann J

Umwelterklärung
Johann Spielmann GmbH, Essen, 1997

Statistisches Bundesamt

Umweltökonomische Gesamtrechnungen (UGR), Kurzinformation über die Methode
o. Verlag, Wiesbaden, 3 S, 1996

Statistisches Bundesamt

Konten und Standardtabellen 1996, Fachserie 18, Reihe 1.3
Metzler-Poeschel, Wiesbaden, 421 S, 1997a

Statistisches Bundesamt

Verkehr, Fachserie 8, Reihe 2, Eisenbahnverkehr 1996
Metzler-Poeschel, Wiesbaden, 189 S, 1997b

Statistisches Bundesamt

Verkehr, Fachserie 8, Reihe 4, Binnenschifffahrt 1996
Metzler-Poeschel, Wiesbaden, 173 S, 1997c

Statistisches Bundesamt

Verkehr, Fachserie 8, Reihe 5, Seeschifffahrt 1996
Metzler-Poeschel, Wiesbaden, 118 S, 1997d

Statistisches Bundesamt

Außenhandel, Fachserie 7, Reihe 3, Außenhandel nach Ländern und Warengruppen
Spezialhandel 2. Halbjahr und Jahr 1996
Metzler-Poeschel, Wiesbaden, 589 S, 1997e

- Stiebing A, Klettner PG, Müller WD
Energieverbrauch bei der Fleischwarenherstellung
In: Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach
Mitteilungsblatt, 72, S 4567-4580, 1981
- Strehler E
Nachwachsende Rohstoffe
Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau
Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S 405-419, 12. Aufl, 1993
- Sturm N
Zur Umweltverträglichkeit von Getränkeverpackungen – Eine Studie aus der Sicht eines
Fruchtsaftherstellers
Kovac, Hamburg, 194 S, 1992
- UBA (Umweltbundesamt) und SBA (Statistisches Bundesamt)
Umweltdaten Deutschland
Umweltbundesamt, Berlin, 48 S, 1998
- UBA (Umweltbundesamt)
Nachhaltiges Deutschland
Umweltbundesamt, Berlin, 355 S, 1997
- UBA (Umweltbundesamt)
Ökobilanz für Getränkeverpackungen
Texte 52/95, Umweltbundesamt, Berlin, 158 S, 1995
- Utz H, Korn M, Brune D
Untersuchung zum Einsatz bioabbaubarer Kunststoffe im Verpackungsbereich
Bundesministerium für Forschung und Technologie Forschungsbericht Nr. 01-ZV 8904
Fraunhofer-Institut für Lebensmitteltechnologie und Verpackung, München, 685 S, 1991
- VDEW (Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke)
Datenkatalog zum Haushaltsstromverbrauch 1997
VDEW, Frankfurt/Main, 16 S, 1997
- VdF (Verband der deutschen Fruchtsaftindustrie e.V.)
Geschäftsbericht für das Jahr 1996
VdF, Bonn, 39 S, 1997
- Voldt, Moller H
Livsløpanalyse ved Kjøttproduksjon – en vurdering av svine – og lammekjøttproduksjon
Oppdragsrapport No. 53.93
Stiftelsen ostforldforskning, Godkjent, Norge, 83 p, 1995
- Wal J, Noorman KJ
Analysis of household metabolic flows
In: Green households?
Noorman KJ, Uiterkamp TS (eds.)
Earthscan, London, p 35-60, 1998
- Weber O
Bundesministerium für Landwirtschaft
Mündliche Mitteilung, November 1999

Wilting HC, Biesiot W

Household energy requirements

In: Green households?

Noorman KJ, and Uiterkamp TS (eds.)

Earthscan, London, p 64-79, 1998

Wilting HC, Biesiot W, Moll HC

Energie analyse programma. Handleiding versie 2.0

IVEM report No. 76, Groningen, 265 p, 1995

Hinweis zu den Daten des public use files: Die in dieser Veröffentlichung mitgeteilten Daten sind Auswertungen der Daten der Nationalen Verzehrsstudie (NVS) und der Verbundstudie Ernährungserhebung und Risikofaktoren-Analytik (VERA). NVS und VERA wurden vom Bundesministerium für Forschung und Technologie gefördert (Förderkennzeichen: 0704766 und 0704752). Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin.