

S O C I A L E C O L O G Y W O R K I N G P A P E R 1 6 3

**Lisa Sinnhuber**

**Stickstoffflüsse von der landwirtschaftlichen  
Produktion bis zum Lebensmittelverzehr in  
Österreich von 1965 bis 2010**

Lisa, Sinnhuber, 2015:

Stickstoffflüsse von der landwirtschaftlichen Produktion bis zum  
Lebensmittelverzehr in Österreich von 1965 bis 2010

Social Ecology Working Paper 163  
Vienna, October 2015

ISSN 1726-3816

Institute of Social Ecology  
IFF - Faculty for Interdisciplinary Studies (Klagenfurt, Graz, Vienna)  
Alpen-Adria-Universität  
Schottenfeldgasse 29  
A-1070 Vienna

[www.aau.at/socec](http://www.aau.at/socec)  
[workingpaper@aau.at](mailto:workingpaper@aau.at)

© 2015 by IFF – Social Ecology

# **Stickstoffflüsse von der landwirtschaftlichen Produktion bis zum Lebensmittelverzehr in Österreich von 1965 bis 2010\***

von

Lisa Sinnhuber

*\* Masterarbeit verfasst am Institut für Soziale Ökologie (IFF-Wien), Studium der Sozial- und Humanökologie. Diese Arbeit wurde von Ao.Univ.-Prof. Dr. Karlheinz Erb betreut.*



## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei einigen Personen, die mich während des Verfassens dieser Masterarbeit unterstützten, bedanken.

An erster Stelle geht mein Dank an meinen Betreuer Karlheinz Erb, der mir durch seinen fachlichen Input stets weiterhalf und somit maßgeblich zu dieser Arbeit beitrug. Für die Unterstützung während der Anfangsphase möchte ich mich zudem bei Veronika Gaube bedanken.

Ein besonderer Dank gebührt Erwin Wildling von der Statistik Austria, der mir meine Fragen zu den Versorgungsbilanzen immer geduldig beantwortete.

Außerdem möchte ich meinen Freundinnen und Studienkolleginnen Anna und Viki für die Begleitung durch die gesamte Masterarbeitsphase Danke sagen. Ich weiß nicht, was ich ohne euch gemacht hätte!

Darüber hinaus richte ich ein großes Dankeschön an meine Eltern, die während meines gesamten Studiums sowie der Masterarbeit für mich da waren.

Zum Schluss möchte ich mich bei meinem Jakob bedanken, der mir die ganze Masterarbeit hindurch zur Seite stand. Danke fürs Zuhören, für die Tipps und fürs Dasein!



## Zusammenfassung

Aufgrund der landwirtschaftlichen Tätigkeiten des Menschen findet eine wesentliche Beeinflussung des natürlichen biogeochemischen Stickstoffkreislaufs statt. Als negative, ökologische Folgen resultieren daraus eine Erhöhung der Konzentration des Treibhausgases Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) in der Atmosphäre sowie Eutrophierungsprozesse. Da der Konsum von tierischen Produkten eine geringere Effizienz bezüglich der Input/Output-Verhältnisse von Stickstoff (N) aufweist als der von pflanzlichen, wird durch die Ernährungsweise der Gesellschaft der benötigte Stickstoffinput im Bereich der Landwirtschaft stark beeinflusst.

In dieser Arbeit werden die Entwicklungen der Stickstoffflüsse Österreichs von der landwirtschaftlichen Produktion bis zum Lebensmittelverzehr im Zeitraum von 1965 bis 2010 anhand eines Stickstoffflussmodells, das alle Flüsse zwischen den Subsystemen *Landwirtschaft*, *Inlandsverwertung* und *Lebensmittelzubereitung* quantifiziert, untersucht. Gemäß dieses Flussmodells birgt das Subsystem *Landwirtschaft* mit einem Gesamtinput zwischen 417 und 552 kt N/a das größte Stickstoffkontingent von allen Bestandteilen. Von dort gelangen zwischen 62 und 135 kt N/a in das Subsystem *Inlandsverwertung*, das zusätzlich einen Input zwischen 20 und 105 kt N/a aufgrund von Importen verzeichnet. Zwischen 38 und 55 kt N/a fließen schließlich in Form von Lebensmitteln in das Subsystem *Lebensmittelzubereitung*, wovon zwischen 64% und 69% tatsächlich verzehrt werden und der Rest als Lebensmittelabfall endet.

Im Untersuchungszeitraum wird bezüglich N eine Effizienzsteigerung im Subsystem *Landwirtschaft* festgestellt. Aufgrund einer zunehmenden industriellen Verarbeitung agrarischer Rohstoffe im Subsystem *Inlandsverwertung* von 1980 bis 2010 steht vermehrt Stickstoff in Form von Futtermitteln zur Verfügung, die hierbei als Kuppelprodukt anfallen. Österreich ist in diesem Zeitraum auf einen relativ gleichbleibenden netto-Import an Stickstoff insbesondere in Futtermitteln angewiesen. Grund hierfür ist ein hoher Anteil an tierischen Produkten in der Ernährung der österreichischen Bevölkerung. Einen weiteren Beitrag leistet darüber hinaus der zunehmende vermeidbare Lebensmittelabfall im Subsystem *Lebensmittelzubereitung* von 12 auf 18 kt N/a, wobei diese Schätzung mit großen Unsicherheiten behaftet ist. Ein geringerer Konsum von tierischen Produkten sowie eine Reduzierung des Lebensmittelabfalls könnten nicht nur die österreichische Importabhängigkeit von Stickstoff verringern, sondern würden sich auch positiv auf die Umwelt auswirken.

## Abstract

Agricultural activities affect considerably the natural biogeochemical cycle of nitrogen (N). The increase of the nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) concentration in the atmosphere, which is a potent greenhouse gas, as well as the processes of eutrophication are prominent negative environmental consequences of these alterations. Particularly important components of the nitrogen cycle are the livestock sector and the consumption of animal products. Because the consumption of animal products shows a lower efficiency than plant-based products regarding N input/output ratios, a society's diet strongly influences the required nitrogen inputs of the agricultural sector.

In this thesis, the developments of the Austrian nitrogen flows from agricultural production to food consumption from 1965 to 2010 are explored on basis of a nitrogen flow model which quantifies all flows between the subsystems *agriculture*, *domestic use* and *food preparation*. According to this flow model, the subsystem *agriculture* holds the greatest contingent of nitrogen of all components due to a total input between 417 and 552 kt N/a. Between 62 and 135 kt N/a from the subsystem *agriculture* reach the subsystem *domestic use* which additionally records an input between 20 and 105 kt N/a owing to imports. Finally, between 38 and 55 kt N/a flow into the subsystem *food preparation* in the form of food of which are actually eaten between 64% and 69% and the rest ends up as food waste.

The period 1965 to 2010 experienced an increase of N-use efficiency in the subsystem *agriculture*. Due to augmented industrial processing of agricultural commodities in the subsystem *domestic use* between 1980 and 2010 more by-products and thus nitrogen is available as animal feed. In this period, Austria is dependent on a relatively constant netto-import of nitrogen, especially in the form of feedstuff. One reason for this is the high proportion of animal products in the diet of Austrians society. Furthermore, the fraction of avoidable food waste in the subsystem *food preparation* is increasing from 12 to 18 kt N/a in the period, albeit large uncertainties are attached to this estimate. A lower consumption level of animal products, as well as a reduction of the food waste could not only diminish Austria's dependence on imports of nitrogen, but would also reduce environmental pressures.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>9</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>10</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>12</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>13</b>
1.1 Ziel der Arbeit und Fragestellung .....	16
1.2 Aufbau der Arbeit .....	17
<b>2 Methodik.....</b>	<b>17</b>
2.1 Stickstoffflussmodell.....	17
2.1.1 Konzeptioneller Hintergrund .....	18
2.1.2 Modellbeschreibung .....	18
2.2 Datengrundlagen .....	22
2.2.1 Angleichung der Daten.....	24
2.3 Berechnungen.....	25
2.3.1 Landwirtschaft.....	28
2.3.1.1 Output in die Natur .....	28
2.3.1.2 Output von der Naturkolonie in die Natur .....	30
2.3.1.3 Output in den übrigen Teil der Gesellschaft.....	30
2.3.2 Inlandsverwertung .....	30
2.3.2.1 Bestimmung der Stickstoffflüsse einzelner agrarischer Rohstoffe.....	31
2.3.2.2 Verluste bei der Lebensmittelverarbeitung.....	38
2.3.3 Lebensmittelzubereitung .....	39
2.3.3.1 Lebensmittelabfall .....	39
2.3.3.2 Lebensmittelverzehr .....	44
<b>3 Ergebnisse .....</b>	<b>47</b>
3.1 Gesamtergebnis.....	47
3.2 Detailergebnisse .....	49
3.2.1 Landwirtschaft.....	49
3.2.1.1 Input.....	49
3.2.1.2 Output.....	51
3.2.2 Inlandsverwertung .....	53
3.2.2.1 Input.....	54
3.2.2.2 Output.....	55
3.2.3 Außenhandel .....	59
3.2.4 Lebensmittelzubereitung .....	61
3.2.4.1 Input.....	61
3.2.4.2 Output.....	63
<b>4 Diskussion .....</b>	<b>65</b>
4.1 Hauptergebnis .....	65
4.1.1 Einflussfaktoren auf die Entwicklung der Stickstoffflüsse .....	66
4.1.1.1 Landwirtschaft .....	66
4.1.1.2 Inlandsverwertung.....	67

4.1.1.3	Außenhandel.....	69
4.1.1.4	Lebensmittelzubereitung.....	71
4.2	Robustheit der Ergebnisse.....	75
4.2.1	Vergleich mit der Literatur.....	75
4.2.2	Fehlerabschätzung.....	77
4.2.2.1	Inlandsverwertung.....	78
4.2.2.2	Lebensmittelzubereitung.....	79
4.3	Möglichkeiten zur Veränderung der Stickstoffflüsse.....	79
<b>5</b>	<b>Conclusio.....</b>	<b>80</b>
<b>6</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>82</b>
<b>7</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>89</b>
7.1	Berechnungsgrundlage für das Subsystem Landwirtschaft.....	89
7.2	Stickstoffbedarf der Nutztiere.....	93
7.3	Brennwerte.....	94

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Auflistung und Systematik der verwendeten Ernährungs- und Versorgungsbilanzen (in kursiv: die einzeln vorliegenden Versorgungsbilanzen zu den jeweiligen Oberpunkten)	22
Tabelle 2 Den Commodity Balances und dem Außenhandel der FAO entnommene Daten (in kursiv: die einzeln vorliegenden Commodity Balances zu Ölkuchen)	23
Tabelle 3 Verwendete Stickstoffgehaltszahlen	26
Tabelle 4 Vergleich von Futtermittelbedarf und –aufkommen sowie angenommener, tatsächlicher Futtermittelverzehr für die Jahre 1965, 1980, 1995 und 2010	29
Tabelle 5 Haupt- und Kuppelprodukte nach der Verarbeitung von agrarischen Rohstoffen sowie deren Verwendung	31
Tabelle 6 Schlachtausbeute, Nebenprodukte der Schlachtung und tierische Nebenprodukte (in % des Schlachtkörpergewichts) für Schwein, Rind, Geflügel sowie Schaf und Rind	36
Tabelle 7 Als Leder oder Tiermehl genutzte und ungenutzte tierische Nebenprodukte (in % des Schlachtkörpergewichts) für Schwein, Rind, Geflügel sowie Schaf und Ziege	37
Tabelle 8 In Variante 1 verwendete Abfallfaktoren für pflanzliche Produkte (Anteil des Abfalls am jeweiligen Input)	42
Tabelle 9 In Variante 1 verwendete Abfallfaktoren für tierische Produkte (Anteil des Abfalls am jeweiligen Input)	43
Tabelle 10 Energiezufuhr nach Alter und Geschlecht in MJ/Kopf/Tag	44
Tabelle 11 Vermeidbarer Lebensmittelabfall gemäß Faktoren und Energiezufuhr sowie deren Differenz und Mittelwert für die Jahre 1965, 1980, 1995 und 2010 in PJ	45
Tabelle 12 Eigens ermittelte Abfallfaktoren der einzelnen Lebensmittelgruppen für den vermeidbaren Abfall in den Jahren 1965, 1980, 1995 und 2010 (Anteil am Input Lebensmittel im Subsystem Lebensmittelzubereitung; keine Angabe: Lebensmittel dient im entsprechenden Jahr nicht dem menschlichen Verzehr)	46
Tabelle 13 Gegenüberstellung des netto-Imports an Sojaextraktionsschrot und des Futtermittelverzehrs	60
Tabelle 14 Lebensmittelverzehr in Form von pflanzlichen und tierischen Produkten in kg N/Kopf/a	64
Tabelle 15 Anteil des vermeidbaren Lebensmittelabfalls am Input Lebensmittel ins Subsystem Lebensmittelzubereitung gemäß Faktoren und Energiezufuhr sowie bei verwendetem Mittelwert	71
Tabelle 16 Anteil der Lebensmittelausgaben an den monatlichen Verbrauchs-ausgaben der privaten Haushalte von 1974 bis 2010	74
Tabelle 17 Vergleich des Inputs an Futtermitteln in das Subsystem Landwirtschaft in kt N/a nach GAUBE (2002) mit den eigenen Berechnungen	75
Tabelle 18 Vergleich des Outputs tierische und pflanzliche Erzeugung aus dem Subsystem Landwirtschaft in kt N/a nach GAUBE (2002) mit den eigenen Berechnungen	76
Tabelle 19 Vergleich einzelner, eigener Ergebnisse mit jenen von THALER et al. (2011)	77
Tabelle 20 Verteilung des am Hof verbleibenden und über den Markt gehenden Futtermittels Getreide für die Jahre 1965, 1980, 1995 und 2010	89
Tabelle 21 Verteilung des am Hof verbleibenden und über den Markt gehenden Saatguts für die Jahre 1965, 1980, 1995 und 2010	89

Tabelle 22 Speicherdauer und Bestandsfaktoren für den Bestand Saatgut für die Jahre 1965, 1980, 1995 und 2010	90
Tabelle 23 Speicherdauer und Bestandsfaktoren für den Bestand Stroh für die Jahre 1965, 1980, 1995 und 2010	90
Tabelle 24 Nutzung des Strohs in den Jahren 1965, 1980, 1995 und 2010	90
Tabelle 25 Mineraldünger- und Klärschlamm-Input aus der übrigen Gesellschaft in die Landwirtschaft in den Jahren 1965, 1980, 1995 und 2010	91
Tabelle 26 Deposition in den Jahren 1965, 1980, 1995 und 2010	91
Tabelle 27 Stickstofffixierung in den Jahren 1965, 1980, 1995 und 2010	91
Tabelle 28 Output in die Naturkolonie in Form von Wirtschaftsdünger in den Jahren 1965, 1980, 1995 und 2010	92
Tabelle 29 Output von der Naturkolonie in die Natur durch Ausgasung, Denitrifikation, Erosion und Abschwemmung in den Jahren 1965, 1980, 1995 und 2010	92
Tabelle 30 Jährlicher Stickstoffbedarf der einzelnen Nutztiere in kg	93
Tabelle 31 Verwendete Brennwerte	94

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Stickstoffflussmodell; Stickstoffflüsse von der Landwirtschaft bis zur Lebensmittelzubereitung	20
Abbildung 2 Stickstoffflüsse von der Landwirtschaft bis zur Lebensmittelzubereitung in kt N/a48	48
Abbildung 3 Schaubild zum Subsystem Landwirtschaft	49
Abbildung 4 Entwicklung des Gesamtinputs in das Subsystem Landwirtschaft	49
Abbildung 5 Entwicklung des Inputs aus der übrigen Gesellschaft in das Subsystem Landwirtschaft	50
Abbildung 6 Entwicklung des Gesamtoutputs des Subsystems Landwirtschaft	51
Abbildung 7 Entwicklung des landwirtschaftlichen Outputs in die Natur	52
Abbildung 8 Entwicklung des landwirtschaftlichen Outputs in die Gesellschaft	53
Abbildung 9 Schaubild zum Subsystem Inlandsverwertung	53
Abbildung 10 Entwicklung des Gesamtinputs in das Subsystem Inlandsverwertung	54
Abbildung 11 Entwicklung des Gesamtoutputs aus dem Subsystem Inlandsverwertung	55
Abbildung 12 Entwicklung des Outputs aus dem Subsystem Inlandverwertung in Form von tierischen Produkten	56
Abbildung 13 Entwicklung des Outputs aus dem Subsystem Inlandverwertung in Form von pflanzlichen Produkten	56
Abbildung 14 Entwicklung der Zusammensetzung der pflanzlichen Futtermittel aus marktgängigen Futtermitteln und pflanzlichen Nebenprodukten sowie des netto-Imports an pflanzlichen Nebenprodukten	57
Abbildung 15 Entwicklung der Menge an Stickstoff in Form von pflanzlichen Produkten, die in die industrielle Verarbeitung fließt	58
Abbildung 16 Entwicklung des Imports, Exports und netto-Imports im Subsystem Inlandsverwertung	59
Abbildung 17 links: Entwicklung des Imports in das Subsystem Inlandsverwertung bei gleichzeitiger Betrachtung des Anteils des Imports in Form von Sojaextraktionsschrot; rechts: Entwicklung des Exports aus dem Subsystem Inlandsverwertung	60
Abbildung 18 Schaubild zum Subsystem Lebensmittelzubereitung	61

Abbildung 19 Entwicklung des Gesamtinputs in das Subsystem Lebensmittelzubereitung	61
Abbildung 20 Entwicklung des Lebensmittelverbrauchs pro Kopf	62
Abbildung 21 Entwicklung des Gesamtoutputs aus dem Subsystem Lebensmittelzubereitung	63
Abbildung 22 Entwicklung des unvermeidbaren und vermeidbaren Lebensmittelabfalls sowie des Lebensmittelverzehrs pro Kopf	64
Abbildung 23 Outputs Lebensmittelverzehr (links) und vermeidbarer Abfall (rechts) aus dem Subsystem Lebensmittelzubereitung	65
Abbildung 24 netto-Export an Stickstoff in Form von Sojaextraktionsschrot der Hauptexporteure Argentinien, Brasilien und USA	70

## Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
AMA	Agrarmarkt Austria
BSE	Bovine spongiforme Enzephalopathie
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
DNS	Desoxyribonukleinsäure
EU	Europäische Union
FAO	Food and Agriculture Organisation of the United Nations
FG	Frischgewicht
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
GVE	Großvieheinheit
N	Stickstoff
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ammonium
NO <sub>x</sub>	Stickoxid
N <sub>2</sub>	Distickstoff
N <sub>2</sub> O	Lachgas
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Nitrit
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrat
ÖPUL	Österreichisches Programm für umweltgerechte Landwirtschaft
RNS	Ribonukleinsäure
TS	Trockensubstanz

# 1 Einleitung

Der Mensch hat den biogeochemischen Kreislauf von Stickstoff durch die Industrialisierung, insbesondere im Bereich der Landwirtschaft, erheblich verändert (VITOUSEK et al. 2013). In der vorindustriellen Landwirtschaft wurde die Versorgung der Pflanzen mit Stickstoff, der für diese in terrestrischen Ökosystemen aufgrund seiner Begrenztheit einen wachstumslimitierenden Nährstoff darstellt, über Viehmist sowie die Stickstofffixierung durch Leguminosen gewährleistet. Die Industrialisierung der Landwirtschaft, welche in Österreich in den 1950er Jahren einsetzte, führte neben Mechanisierung, der Einführung ertragreicherer Pflanzensorten und dem Einsatz von Pestiziden auch zu einer vermehrten Verwendung von künstlich hergestelltem Stickstoffdünger (GRÜBLER 2003). Die Herstellung von diesem erfolgt über das Haber-Bosch-Verfahren, wobei in Verbindung mit Eisen bei hohem Druck und hohen Temperaturen aus atmosphärischem Stickstoff und Wasserstoff Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) synthetisiert wird. In  $\text{NH}_3$  liegt Stickstoff in einer für Pflanzen aufnahmefähigen Form vor und fördert folglich ihr Wachstum. Ein Feldversuch in den USA zeigte beispielsweise, dass der Verzicht auf Stickstoffdüngung den Ertrag von sechs Nichtleguminosen um durchschnittlich 26% minderte (STEWART et al. 2005 nach SMITH et al. 1990). ERISMAN et al. (2008) machten die Abhängigkeit der heutigen Nahrungsproduktion vom Haber-Bosch-Verfahren deutlich. Sie nehmen an, dass im Jahr 2008 die Ernährung von 48% der Weltbevölkerung durch synthetischen Stickstoffdünger gewährleistet wurde.

In Österreich stieg der jährliche Einsatz von synthetisch hergestelltem Stickstoffdünger in der Landwirtschaft von 1950 bis 1980 von ungefähr 20 kt/a auf 165 kt/a (KRAUSMANN & SCHANDL 2006) und nahm in Folge wieder ab, so dass er sich im Wirtschaftsjahr 2009/2010 auf 91 kt/a belief (BMLFUW 2011c). In Kombination mit den anderen genannten Entwicklungen in der Landwirtschaft steigerte der vermehrte Stickstoffeinsatz die österreichische Agrarproduktion erheblich (KRAUSMANN & SCHANDL 2006).

Es herrscht jedoch eine Diskrepanz zwischen der Menge an Stickstoff, die auf die landwirtschaftliche Fläche aufgebracht wird, und jener, die von den Pflanzen tatsächlich aufgenommen wird. Gemäß Berechnungen von SMIL (1999) fand sich Mitte der 1990er Jahre nur die Hälfte des Stickstoffs, der weltweit in Form von Saatgut, atmosphärischer Deposition, Bewässerung, Ernterückständen, Wirtschaftsdünger, Stickstofffixierung und anorganischem Dünger auf die landwirtschaftliche Fläche ausgebracht wurde, in der geernteten Biomasse (einschließlich Ernterückständen) wieder. Wird der überschüssige Stickstoff nicht im Boden an Tonmineralen gebunden, durch Bodenorganismen immobilisiert oder in organischen Verbindungen gespeichert, geht er an das Grund- und Oberflächenwasser oder die Luft verloren.

ROBERTSON & VITOUSEK (2009) liefern einen Überblick über die Stickstoffverluste durch die Landwirtschaft und deren Folgen, woran sich bei folgender Zusammenfassung orientiert wurde. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) wird im Boden zu Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) nitrifiziert<sup>1</sup>, welches zum einen von der Pflanze aufgenommen werden kann oder wegen seiner hohen Mobilität ins Grund- bzw. Oberflächenwasser gelangt. Stickstoff kann darüber hinaus in Form des Gases  $\text{NH}_3$  aus dem

---

<sup>1</sup> Unter Nitrifikation versteht man die Oxidation reduzierter Formen des Stickstoffs zu weniger reduzierten Formen, wie  $\text{NO}_2^-$  und  $\text{NO}_3^-$ .

Boden, hauptsächlich wenn dieser einen neutralen pH-Wert aufweist, oder von der Pflanzenoberfläche entweichen. Anfang der 1990er Jahre waren 95% der  $\text{NH}_3$ -Emissionen auf die landwirtschaftliche Produktion zurückzuführen, wobei die Hälfte durch Viehmist und ein Viertel durch Düngung verursacht wurden (GALLOWAY et al. 2004).

Durch Nitrifikations- und Denitrifikationsprozesse<sup>2</sup> im Boden kommt es außerdem zur Bildung von Distickstoff ( $\text{N}_2$ ), Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) sowie Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ), welche in die Atmosphäre entweichen.  $\text{N}_2$  ist der Hauptbestandteil der Luft und verursacht folglich keine negativen ökologischen Effekte. Bei  $\text{N}_2\text{O}$  handelt es sich um ein Treibhausgas, das 300 Mal klimawirksamer als Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) ist. Aufgrund der weltweiten Düngung von Gras- und Ackerland mit Wirtschafts- und synthetischem Stickstoffdünger entstehen jährlich 3,5 Millionen Tonnen an  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen (IFA & FAO 2001). Die Emissionen von  $\text{NO}_x$  wurden Anfang 1990 zu einem Drittel durch die landwirtschaftliche Produktion bedingt, wobei hier auch jene Emissionen mitinbegriffen sind, die auf Brandrodung und Verbrennung von Ernterückständen zurückzuführen waren (GALLOWAY et al. 2004).

$\text{NO}_x$  und  $\text{NH}_3$ , welche Stickstoff in reaktiver Form enthalten, gelangen durch Deposition wieder auf die Erdoberfläche. In terrestrischen Ökosystemen liegt Stickstoff eigentlich in sehr begrenztem Umfang vor, woran viele Pflanzen angepasst sind. Die vermehrte Stickstoffzufuhr hat einen Diversitätsverlust zur Folge, da sich unter diesen Bedingungen nitrophile Pflanzen durchsetzen. Außerdem führt eine erhöhte Zufuhr an Stickstoff zu Bodenversauerung, was eine Dominanz säureresistenter Pflanzen bewirkt (BOBBINK et al. 1998). Die Veränderung der Artenzusammensetzung der Primärproduzenten wirkt sich schließlich wiederum auf die folgenden Stufen der Nahrungskette aus (SMITH et al. 1999, VITOUSEK et al. 1997). Neben Deposition kommt es in aquatischen Ökosystemen durch Erosion, Oberflächenabfluss und über das Grundwasser zu einem Stickstoffinput. So ist etwa in Ästuaren und Küstenmeeren der gemäßigten Zone die Eutrophierung auf eine erhöhte Zufuhr von Stickstoff zurückzuführen (SMITH et al. 1999). Dies bewirkt eine vermehrte Algenproduktion, infolgedessen die mikrobielle Aktivität gesteigert wird. Der dadurch verursachte, angehobene Sauerstoffverbrauch zieht einen Mangel an gelöstem Sauerstoff nach sich. Bei der Fauna des Pelagials und Benthals führt dies zu hoher Sterblichkeit und einer Veränderung der Artenzusammensetzung. Es entstehen sogenannte „Totzonen“, welche seit den 1960er Jahren deutlich zugenommen haben (DIAZ & ROSENBERG 2008, RABALAIS et al. 2002). In der Europäischen Union soll die Nitratrictlinie, die 1991 beschlossen wurde, Gewässer vor Nitratverunreinigungen aus der Landwirtschaft schützen. Diese bewirkte, dass 2008 die Auswaschungen und der Oberflächenabfluss von Stickstoff sowie die Emissionen von  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  und  $\text{NO}_x$  in der EU geringer waren, als sie ohne der Richtlinie wären (VELTHOF et al. 2014).

Neben den genannten negativen Folgen, die Verluste an Stickstoff in der landwirtschaftlichen Produktion hervorrufen können, spielt der über die Nahrung aufgenommene Stickstoff im menschlichen Körper jedoch eine sehr wichtige Rolle. Stickstoff ist ein chemisches Element der Aminosäuren, wovon 20 proteinogen sind, d.h. dass aus ihnen Proteine aufgebaut werden können. Im Gegensatz zu den anderen Hauptnährstoffen Kohlenhydrate und Fett, dienen Proteine nicht primär der Energieversorgung des

---

<sup>2</sup> Denitrifikation beschreibt die Reduktion von  $\text{NO}_3^-$  zu  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{N}_2$ .

menschlichen Körpers. Proteine, die zu 16% aus Stickstoff bestehen, erfüllen vielmehr zahlreiche andere lebenswichtige Funktionen. In Form von Strukturproteinen sorgen sie für die mechanische Stabilität von Zellen und Geweben. Des Weiteren gewährleisten sie den Transport von verschiedensten Substanzen und dienen als Antikörper und Blutgerinnungsfaktoren dem körperlichen Abwehr- und Schutzmechanismus. Außerdem stellen Enzyme, die im Organismus als Katalysatoren bei chemischen Reaktionen wirken, Proteine dar. Hormone und Transmittersubstanzen können auch aus Peptiden oder Aminosäurederivaten bestehen, zudem können Hormone ihre Wirkung nur durch Bindung an spezifische Rezeptorproteine erfüllen.

Außerdem enthalten Purine und Pyrimidine, die Bausteine von Coenzymen<sup>3</sup> sowie der DNS und RNS darstellen und somit für den Organismus von zentraler Bedeutung sind, Stickstoff. Diese werden entweder über die Nahrung aufgenommen, vom Körper selbst synthetisiert, wofür u.a. die Aminosäuren Glutamin, Aspartat und Glycin benötigt werden, oder im Metabolismus wiederverwertet.

Proteine im Körper unterliegen ständigen Umbauprozessen, wobei ein Teil des Stickstoffs über Urin, Faeces und Haut verloren geht. Des Weiteren kommt es durch Schweiß, Haare, Menstruation und Samenflüssigkeit zu geringen Verlusten an Stickstoff. Folglich muss Protein und somit Stickstoff über die Nahrung ständig wieder zugeführt werden (BIESALSKI & GRIMM 2007, ELMADFA & LEITZMANN 2015). Die D-A-CH (2000) empfiehlt für Erwachsene eine Proteinzufuhr von 0,8 g pro kg Körpergewicht und Tag.

In den wasserlöslichen Vitaminen Thiamin, Riboflavin, Niacin, Panthotensäure, Biotin, Pyridoxin, Cobalamin und Folsäure liegt ebenfalls Stickstoff vor. Diese dienen als Coenzyme und müssen über die Nahrung zugeführt werden, da sie vom Körper nicht selbst gebildet werden können. Aufgrund ihrer Bedeutung für den menschlichen Organismus liegen auch diesbezüglich Zufuhrempfehlungen der D-A-CH vor (D-A-CH 2000).

Ernährungsweise und gesellschaftliches Verhalten beeinflussen den benötigten Input an Stickstoff in der landwirtschaftlichen Produktion und folglich auch damit einhergehende Verluste. Auf dem Weg von der Aussaat bis zum tatsächlichen Verzehr von pflanzlichen Lebensmitteln geht Stickstoff nicht nur aufgrund der beschriebenen inkompletten Aufnahme durch die Pflanze verloren. Weitere Stickstoffverluste treten auf, da nicht die gesamte Pflanze zum menschlichen Verzehr geeignet ist und daher gewisse Teile von ihr nicht geerntet werden. Meist finden jedoch die anfallenden Nebenprodukte, wie beispielsweise Rübenblätter oder Stroh, eine Verwendung in der Landwirtschaft. Diese werden häufig als Futtermittel eingesetzt oder dienen als Einstreu. Darüber hinaus entstehen bei Ernte, Lagerung, Verarbeitung sowie Transport Abfälle. Zudem werden sowohl im Supermarkt als auch von Seiten der KonsumentInnen aus verschiedensten Gründen pflanzliche Lebensmittel weggeworfen. Werden diese Abfälle nicht in Form von Kompost in das Agrarökosystem zurückgeführt, geht der enthaltene Stickstoff verloren. In Österreich beträgt heutzutage die Effizienz des Stickstoffeinsatzes, d.h. das Verhältnis von tatsächlich konsumiertem Stickstoff zu Stickstoff-Input in das landwirtschaftliche Produktionssystem, für Gemüse und Obst 19%, für Kartoffeln 33%, für Getreide 45% und für Hülsenfrüchte 72% (PIERER et al. 2014). Bei tierischen Lebensmitteln, die einen höheren Stickstoffgehalt als pflanzliche aufweisen, ist die Effizienz des Stickstoffeinsatzes jedoch noch geringer. Sie beträgt 11% für Rind, 16% für

---

<sup>3</sup> Viele Enzyme können ihre katalysierende Wirkung nur in Verbindung mit einem Coenzym erfüllen.

Milch, 18% für Schwein und 24% für Geflügel (PIERER et al. 2014). Diese niedrige Effizienz ist auf die notwendige Aufrechterhaltung des tierischen Metabolismus zurückzuführen. Die hierfür erforderlichen Futtermittel verursachen wiederum Stickstoffverluste in der pflanzlichen Produktion. Der anfallende Wirtschaftsdünger wird zwar ins Agrarökosystem zurückgeführt, dennoch geht aufgrund von Ausgasung und Denitrifikation Stickstoff verloren. Außerdem entstehen bei der Schlachtung Abfälle, die keine weitere Verwendung finden.

Betrachtet man den pro Kopfverbrauch unterschiedlicher Lebensmittelgruppen in Österreich im Zeitraum von 1950 bis 2010, werden diesbezüglich Veränderungen sichtbar. Der jährliche Verbrauch pro Kopf von tierischen Lebensmitteln nahm im Zeitverlauf deutlich zu. Beispielsweise erhöhte sich der Fleischverbrauch um den Faktor 3, wobei ein steigender Trend bis Mitte der 1990er Jahre zu verzeichnen war, seitdem der Verbrauch jedoch relativ gleichblieb. Bei den pflanzlichen Lebensmitteln stieg bei Obst und Gemüse ebenfalls der pro Kopfverbrauch, wohingegen jener von Kartoffeln bis Mitte der 1970er Jahre abnahm und seitdem stagnierte. Nachdem der Getreideverbrauch pro Kopf bis Mitte der 1990er Jahre einen rückläufigen Trend aufwies, erhöhte er sich seitdem wieder (ELMADFA et al. 2012). Es ist anzunehmen, dass nicht nur der Lebensmittelverbrauch pro Kopf eine Veränderung erfuhr, sondern auch die tatsächlich konsumierte Menge an Lebensmitteln. Dieser Ernährungswandel musste von der österreichischen Landwirtschaft getragen bzw. durch Importe gewährleistet werden.

## **1.1 Ziel der Arbeit und Fragestellung**

Die Art der Agrarproduktion ermöglicht einerseits eine bestimmte Ernährungsweise, andererseits beeinflusst diese wiederum die landwirtschaftliche Produktion. In der vorliegenden Arbeit sollen diese Wechselwirkungen für Österreich durch eine Quantifizierung der Stickstoffflüsse von der Landwirtschaft bis zum Lebensmittelverzehr in den Jahren 1965, 1980, 1995 und 2010 dargestellt werden. Dadurch sollen im Bezug auf Stickstoff entlang der gesamten Lebensmittelkette positive sowie negative Entwicklungen aufgezeigt werden. Die daraus resultierenden Erkenntnisse können dann wiederum politischen Entscheidungen als Grundlage dienen, so dass das gesamte System nachhaltiger gestaltet werden kann.

GAUBE (2002) entwickelte in ihrer Diplomarbeit ein Stickstoffflussmodell für die Landwirtschaft und berechnete anhand dessen bereits die Input- und Outputflüsse von Stickstoff für Österreich von 1950 bis 1995. Dabei fand jedoch die Nutzung des agrarischen Outputs keine Betrachtung. Folglich soll das Modell von GAUBE (2002) nun erweitert werden, um zu erfahren, wie die unterschiedlichen landwirtschaftlichen Produkte genutzt werden und wie viel davon schlussendlich von den ÖsterreicherInnen verzehrt wird. Ähnliche Berechnungen führten THALER et al. (2011) für Österreich bereits für die Jahre 2001 bis 2006 durch. Auf Grundlage dieses Referenzzeitraums und unter der Annahme, dass die Ernährung der österreichischen Bevölkerung den Ernährungsempfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) entspricht, wurden unterschiedliche Szenarien berechnet. Dadurch wurden deren Auswirkungen auf die Stickstoffflüsse deutlich gemacht. Im Unterschied zu THALER et al. (2011) findet in vorliegender Arbeit jedoch eine historische Betrachtung der Stickstoffflüsse statt, um einen Einblick in die Wechselwirkungen von Agrarproduktion und

Lebensmittelkonsum im Zeitverlauf zu bekommen. Dabei steht die Beantwortung folgender Frage im Vordergrund:

Wie entwickeln sich die Stickstoffflüsse von der landwirtschaftlichen Produktion bis zum Lebensmittelverzehr von 1965 bis 2010 in Österreich?

Um dies beantworten zu können, müssen zunächst folgende Unterfragen geklärt werden:

- Inwiefern verändert sich die Nutzung landwirtschaftlicher Produkte sowie deren Haupt- und Kuppelprodukte?
- Welche Entwicklung zeichnet sich bei dem zwischen Lebensmittelverbrauch und –verzehr anfallenden, vermeidbaren Lebensmittelabfall ab?

Die Frage nach dem Lebensmittelabfall erlangt Bedeutung, da die erste österreichweite Verzehrerhebung erst im Jahr 1994 stattfand (DÖCKER et al. 1994), der Untersuchungszeitraum allerdings bis 1965 zurückreicht. Folglich wurde entschlossen, den Lebensmittelkonsum von 1965 bis 2010 zu schätzen, indem er als die Differenz von Lebensmittelverbrauch und Lebensmittelabfall angesehen wird.

## **1.2 Aufbau der Arbeit**

Zunächst wird im folgenden Kapitel 2 auf die Methodik eingegangen. Dabei werden das Stickstoffflussmodell, das als Grundlage für die Berechnungen dient, sowie sein konzeptioneller Hintergrund dargestellt. Daraufhin werden die Datengrundlage und die diesbezüglich durchgeführten Angleichungen beschrieben. In weiterer Folge werden die durchgeführten Berechnungen detailliert erklärt, wobei eine Untergliederung in die Subsysteme Landwirtschaft, Inlandsverwertung und Lebensmittelzubereitung vorgenommen wird. Im Anschluss erfolgt im Kapitel 3 die Darstellung der Ergebnisse, nach ihrer Gesamtdarstellung wird genauer auf die Input- und Outputströme der einzelnen Subsysteme eingegangen sowie der Außenhandel gesondert betrachtet. Zum Schluss findet in Kapitel 4 die Diskussion statt, wobei zunächst das Hauptergebnis sowie dessen Einflussfaktoren dargestellt werden. Außerdem werden in diesem Kapitel ein Vergleich mit der Literatur und eine Fehlerabschätzung gemacht, um die Robustheit der Ergebnisse zu überprüfen. Abschließend wird darauf eingegangen, inwiefern die Stickstoffflüsse verändert werden könnten.

## **2 Methodik**

### **2.1 Stickstoffflussmodell**

Grundlage für die folgenden Berechnungen ist ein Modell, das sämtliche Inputs und Outputs an Stickstoff von der Landwirtschaft bis zur Lebensmittelzubereitung aufzeigt. Für den Bereich Landwirtschaft erstellte bereits GAUBE (2002) ein Stickstoffflussmodell, wobei ihr die Theorien vom gesellschaftlichen Metabolismus und der Kolonisierung der Natur als konzeptioneller Hintergrund diente. Dieses Modell wird um die gesellschaftlichen Subsysteme Inlandsverwertung und Lebensmittelzubereitung erweitert, da in der

vorliegenden Arbeit die Fragen der Nutzung der landwirtschaftlichen Güter und des Lebensmittelverzehr im Vordergrund stehen.

Im Folgenden wird nun zunächst auf den konzeptionellen Hintergrund eingegangen, danach erfolgt eine Beschreibung des Stickstoffflussmodells.

### **2.1.1 Konzeptioneller Hintergrund**

Das Sozialökologische Interaktionsmodell beinhaltet nach FISCHER-KOWALSKI (1997b) den naturalen und den kulturellen Wirkungszusammenhang. Im Überlappungsbereich dieser beiden befinden sich die biophysischen Strukturen der Gesellschaft, worunter Menschen, Nutztiere und Artefakte (z.B. Gebäude und Maschinen) verstanden werden. Die Wechselwirkungen zwischen Natur und den biophysischen Strukturen der Gesellschaft werden mit den Konzepten vom gesellschaftlichen Stoffwechsel und von der Kolonisierung der Natur beschrieben (HABERL et al. 2004).

Der Begriff Stoffwechsel stammt ursprünglich aus der Biologie. Darunter versteht man die im Organismus ablaufenden chemischen Umbauprozesse zur Aufrechterhaltung seiner Strukturen und Funktionen. Um jene sowie sein Wachstum und seine Reproduktion gewährleisten zu können, findet ein Stoff- und Energieaustausch zwischen Organismus und Umwelt statt (FISCHER-KOWALSKI & HABERL 1997). Ebenso bedarf ein sozio-ökonomisches System eines Inputs an Energie und Material aus der Natur, der bei Biomasse auch in Form von Stickstoff ausgedrückt werden kann, um seine biophysischen Strukturen zu erhalten bzw. zu vergrößern. Dabei finden interne Flüsse statt, worauf die vorliegende Arbeit ihren Fokus legt. Schließlich kommt es in Form von Abfällen und Emissionen wieder zu einem Output an die Natur (WEISZ et al. 2001). Zudem findet mittels Import und Export ein Stoffwechsel zwischen verschiedenen sozio-ökonomischen Systemen statt (FISCHER-KOWALSKI 1997a).

Neben den beschriebenen materiellen und energetischen Austauschprozessen werden die Wechselwirkungen zwischen Natur und biophysischen Strukturen zusätzlich mit der Theorie der Kolonisierung beschrieben. Darunter werden gezielte Eingriffe von gesellschaftlicher Seite in natürliche Systeme verstanden, um diese für den Menschen nutzbarer zu machen. Diese gewährleisten zum einen den Input in den Stoffwechsel, zum anderen haben sie aber auch andere Funktionen wie den erleichterten Transport aufgrund der Errichtung von Straßen. Um den kolonisierten Zustand aufrecht zu erhalten, ist ein ständiger Arbeits- und Materialeinsatz notwendig. Landwirtschaft und ihr Einsatz von Stickstoffdünger stellen beispielsweise kolonisierende Eingriffe dar. Diese ermöglichen im Vergleich zu natürlichen Systemen eine höhere Entnahme an Biomasse und somit u.a. von Nahrungsmitteln. Die Veränderung des natürlichen Umweltzustands durch Kolonisierung kann aber gleichzeitig ökologische Folgen nach sich ziehen, wie beispielsweise die Veränderung des biogeochemischen Stickstoffkreislaufs (HABERL & ZANGERL-WEISZ 1997).

### **2.1.2 Modellbeschreibung**

Das für die Berechnungen verwendete Modell ist in Abbildung 1 ersichtlich und wird im Folgenden näher beschrieben. Die Systemgrenze für die berechneten Flüsse bildet der Nationalstaat Österreich. Innerhalb dessen wird wiederum zwischen dem sozio-ökonomischen System, dessen Subsysteme die Landwirtschaft, Inlandsverwertung und

Lebensmittelzubereitung bilden, der Naturkolonie und der Natur unterschieden. Die landwirtschaftlich genutzten Flächen wie Ackerland, Wiesen und Weiden, deren Metabolismus sich der Mensch durch kolonisierende Eingriffe nutzbar macht, werden der Natur zugeordnet. Um jedoch den menschlichen Einfluss auf diese Flächen deutlich zu machen, werden sie als Naturkolonie bezeichnet. Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt auf den Stickstoffinputs und –outputs der aufgezeigten Subsysteme des sozioökonomischen Systems. Im Folgenden findet eine ausführliche Erklärung zu diesen Flüssen statt.

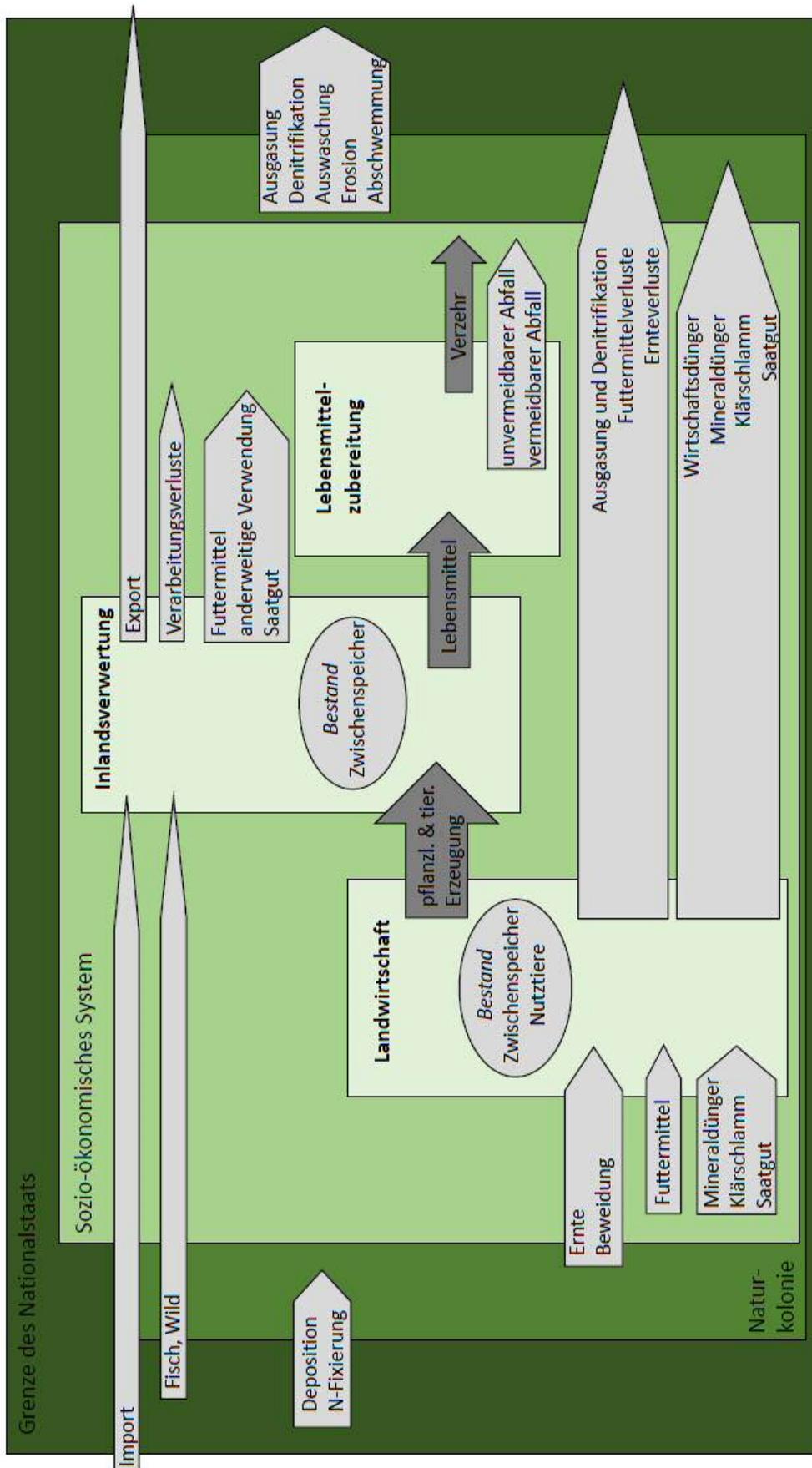


Abbildung 1 Stickstoffflussmodell; Stickstoffflüsse von der Landwirtschaft bis zur Lebensmittelzubereitung (Quelle: eigene Darstellung nach GAUBE (2002))

GAUBE (2002) beschrieb bereits sämtliche Inputs und Outputs an Stickstoff des landwirtschaftlichen Produktionssystems, weshalb hier nur auf die vorgenommene Änderung eingegangen werden soll. Der Output von der Landwirtschaft in die Natur enthält bei GAUBE (2002) Ausgasung, Denitrifikation, Auswaschung, Erosion und Abschwemmung. Dieser wird jedoch in dieser Arbeit neu definiert und beinhaltet nun die Ernte- und Futtermittelverluste, sowie die anthropogen bedingten Stickstoffverluste aufgrund von Ausgasung und Denitrifikation. Durch natürliche Prozesse bedingte Ausgasung und Denitrifikation sowie Auswaschung, Erosion und Abschwemmung werden hingegen als Output von der Naturkolonie in die Natur verstanden.

Im Subsystem Inlandsverwertung werden den marktgängigen landwirtschaftlichen Rohstoffen, dem Import sowie Fisch und Wild, deren vorgelagerte Erzeugung nicht näher betrachtet wird, eine Nutzung zugeordnet. Es muss erwähnt werden, dass das Subsystem Inlandsverwertung auch die Verarbeitung der landwirtschaftlichen Produkte beinhaltet. Dabei entstehen Haupt- und Nebenprodukte, die dann wieder in unterschiedlichen Bereichen eine Anwendung finden und folglich deren richtige Zuordnung vorgenommen werden muss (Beispielsweise entsteht beim Pressen von Öl für die menschliche Ernährung das Nebenprodukt Ölkuchen, der wiederum als Viehfutter Verwendung findet (siehe 2.3.2).). Bezüglich des Inputs Import sei darauf hingewiesen, dass die herangezogenen Daten (siehe 2.2) keine genauere Bestimmung zulassen, für welche Zwecke die importierten Mengen selbst verwendet werden (Futtermittel, Saatgut, usw.). Die Nutzung der einzelnen agrarischen Rohstoffe sowie der Haupt- und Nebenprodukte wird lediglich für die gesamte in Österreich zur Verfügung stehende Menge angegeben.

Das Augenmerk der Arbeit liegt natürlich auf dem Output Lebensmittel, dessen weitere Verwendung verfolgt wird. Zudem können Saatgut und Futtermittel Outputs der Inlandsverwertung, welche wiederum in der Landwirtschaft als Input dienen, sein. Des Weiteren kann ein Export des landwirtschaftlichen Rohstoffs bzw. der Haupt- und Nebenprodukte erfolgen. Findet keine der bereits genannten Nutzungen statt, ist das Produkt aber auch nicht als Verarbeitungsverlust zu bewerten, wird es der anderweitigen Verwendung zugeordnet.

Die Lebensmittel fließen daraufhin in das Subsystem Lebensmittelzubereitung, welches die gesamte Verarbeitung der Nahrungsmittel, d.h. sowohl in privaten Haushalten, in der Gastronomie als auch in sämtlichen Einrichtungen, wie beispielsweise Krankenhäusern und Schulen, umfasst. Als Outputs entstehen hier u.a. unvermeidbare und vermeidbare Abfälle. Unter unvermeidbaren Abfällen sind nicht essbare Teile eines Lebensmittels, wie z.B. die Bananenschale, zu verstehen. Der vermeidbare Abfall hingegen stellt Lebensmittel bzw. Teilstücke, die theoretisch verzehrbar sind oder einmal waren, dar. Aus unterschiedlichsten Gründen werden diese nicht konsumiert, beispielsweise weil sie verdorben sind oder nicht schmecken (QUESTED & JOHNSON 2009). Da keine separate Betrachtung des Einzelhandels vorgenommen wird, sind die hier anfallenden Lebensmittelabfälle auch im Output vermeidbarer Abfall zu finden. Von zentraler Bedeutung ist jedoch der Output Verzehr, worunter die Menge an Lebensmitteln verstanden wird, die von den ÖsterreicherInnen tatsächlich zu sich genommen wird.

## 2.2 Datengrundlagen

Die Hauptdatenquelle stellen die Ernährungs- bzw. Versorgungsbilanzen der Statistik Austria dar. Diese erscheinen seit dem Wirtschaftsjahr 1947/48 jährlich und geben Auskunft über die Verwendung (Futter, Saatgut, industrielle Verwertung, Verarbeitung, Verluste und Nahrungsverbrauch) tierischer und pflanzlicher landwirtschaftlicher Grunderzeugnisse bei gleichzeitiger Betrachtung des Außenhandels. Mit dem Beitritt Österreichs zur Europäischen Union (EU) im Jahre 1995 ging eine Umstellung des österreichischen Systems der Ernährungsbilanzen auf Versorgungsbilanzen, die den EU-Normen entsprechen, einher. Diesen beiden Systemen sind unterschiedliche methodische Vorgehensweisen unterlegen, was ihre Vergleichbarkeit im Zeitverlauf erschwert (STATISTIK AUSTRIA 2011). Die für die Berechnungen verwendeten Ernährungs- bzw. Versorgungsbilanzen werden in Tabelle 1 aufgelistet.

**Tabelle 1 Auflistung und Systematik der verwendeten Ernährungs- und Versorgungsbilanzen (in kursiv: die einzeln vorliegenden Versorgungsbilanzen zu den jeweiligen Oberpunkten)**  
(Quelle: STATISTIK AUSTRIA (2014), STATCUBE (2015e))

<b>Pflanzliche Produkte</b>	<b>Tierische Produkte</b>
Getreide	Fleisch
<i>Weichweizen</i>	<i>Schwein</i>
<i>Hartweizen</i>	<i>Rind</i>
<i>Roggen</i>	<i>Geflügel</i>
<i>Gerste</i>	<i>Schaf und Ziege</i>
<i>Hafer</i>	<i>Pferd</i>
<i>Mais</i>	<i>sonstiges Fleisch</i>
<i>Triticale</i>	<i>Innereien</i>
<i>Menggetreide</i>	Tierische Fette
<i>Reis</i>	Fisch
Kartoffeln	Milch
Kartoffelstärke	Milchprodukte
Ölfrüchte	<i>Konsummilch</i>
<i>Raps</i>	<i>Kondensmilch</i>
<i>Sonnenblumenkerne</i>	<i>Milchpulver entrahmt</i>
<i>Sojabohne</i>	<i>Milchpulver nicht entrahmt</i>
<i>sonstige Ölfrüchte</i>	<i>Obers, Rahm</i>
Pflanzliche Öle	<i>Käse</i>
Hülsenfrüchte	<i>Butter</i>
Gemüse	
Obst	
Wein	
Bier	
Zucker	

Außerdem werden den „Commodity Balances“ und den Außenhandelsdaten der „Food and Agriculture Organisation of the United Nations“ (FAO) Daten entnommen (siehe Tabelle 2). Aufgrund der Umstellung der Ernährungs- auf die Versorgungsbilanzen müssen zum einen Datenlücken geschlossen werden bzw. die Bilanzen angeglichen werden. Die genaue

Vorgehensweise diesbezüglich wird in 2.2.1 beschrieben. Zum anderen wird im gesamten Untersuchungszeitraum die Verwendung sowie der Import und Export der bei der Verarbeitung entstehenden Haupt- und Kuppelprodukten (siehe 2.3.2) in die Berechnungen miteinbezogen. In den Ernährungs- und Versorgungsbilanzen liegen jedoch diesbezüglich keine Daten vor.

**Tabelle 2 Den Commodity Balances und dem Außenhandel der FAO entnommene Daten (in kursiv: die einzeln vorliegenden Commodity Balances zu Ölkuchen)**  
(Quelle: FAOSTAT (2015b), FAOSTAT (2015c), FAOSTAT (2015e))

<b>Commodity Balances</b>	<b>Außenhandelsdaten</b>
Sonnenblumenkerne	Raps
Sojabohne	Rübenschnitzel
Ölkuchen	Maisglutenfutter
<i>Raps</i>	Tiermehl
<i>Sonnenblumenkerne</i>	Fruchtsaft
<i>Sojabohne</i>	
<i>Erdnuss</i>	
<i>Sesam</i>	
<i>Baumwolle</i>	
<i>Palmkerne</i>	
Melasse	
Mühlenebenprodukte	
Molke	
Eier	
Innereien	
Schaf und Ziege	

Weitere Erntedaten (Silo- und Grünmais, Futterrübe, Klee, Wiesen inkl. Egärten) werden der Feldfruchtproduktion der Statistik Austria (STATCUBE 2015b) entnommen. Die Biomasseentnahme auf Weiden und Almen sowie der Anfall an Rübenblättern und Stroh stammen von KRAUSMANN (2001).

Zur Berechnung des Futtermittelbedarfs werden Angaben zum österreichischen Viehbestand benötigt. Für die Jahre 1965, 1980 und 1995 liefert diese DARGE (2002) bereits in Fünfjahresmitteln, für das Jahr 2010 werden sie den Grünen Berichten entnommen (BMLFUW 2010, BMLFUW 2012b, BMLFUW 2013, BMLFUW 2014). Zudem erfordern einige Berechnungen die Einwohnerzahl Österreichs, die der Bevölkerungsstatistik der Statistik Austria entstammen (STATCUBE 2015a).

Um ein Gesamtbild der Stickstoffflüsse von der landwirtschaftlichen Produktion bis zur menschlichen Ernährung zu erhalten, werden darüber hinaus Daten von GAUBE (2002) miteinbezogen. Im Konkreten handelt es sich hier um Angaben für die Jahre 1965, 1980 und 1995 zu Mineraldünger und Klärschlamm (Input aus der übrigen Gesellschaft), Deposition und Stickstofffixierung (Input aus der Natur in die Naturkolonie) sowie Wirtschaftsdünger (Output in die Naturkolonie). Außerdem müssen diese Daten um das Jahr 2010 erweitert

werden. Genaue Informationen diesbezüglich finden sich im Anhang in Tabelle 25 bis Tabelle 28.

### **2.2.1 Angleichung der Daten**

Im Folgenden sollen die Unterschiede zwischen den Ernährungs- und Versorgungsbilanzen aufgezeigt sowie auf die sich daraus ergebenden Anpassungen eingegangen werden. Des Weiteren wird dargestellt, wie Datenlücken geschlossen werden.

Allgemein unterscheiden sich die Ernährungs- und Versorgungsbilanzen in ihrer Betrachtung des Außenhandels. In den Ernährungsbilanzen wird diesbezüglich nur die erste Verarbeitungsstufe (z.B. bei Getreide: Mehl) miteinbezogen, mit der Umstellung auf die Versorgungsbilanzen findet jedoch auch die zweite Verarbeitungsstufe (z.B. bei Getreide: Teigwaren, ausgedrückt in Getreideäquivalenten) Berücksichtigung (ELMADFA & BURGER 1998). Diese Tatsache muss allerdings vernachlässigt werden, da eine Anpassung der Daten im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Zudem beziehen sich die Angaben zu tierischen Produkten in den Versorgungsbilanzen auf ein Kalenderjahr, wohingegen die Ernährungsbilanzen vom Wirtschaftsjahr (1. Juli bis 30. Juni) ausgehen. Da in Fünfjahresmittel gerechnet wird, findet dies keine weitere Berücksichtigung. Des Weiteren wird in den Versorgungsbilanzen von Fleisch vom gesamten Schlachtgewicht ausgegangen, im Gegensatz dazu werden in den Ernährungsbilanzen die am Schlachtkörper verbleibenden Fette nicht in die Bilanz von Fleisch, sondern von Schlachtfetten miteinbezogen. Um die Ernährungs- und Versorgungsbilanzen von Fleisch vergleichen zu können, nahm die Statistik Austria eine Neuberechnung für die Jahre 1960 bis 1994 vor. Diese wurden für diese Arbeit zur Verfügung gestellt (STATISTIK AUSTRIA 2014).

Nach dieser kurzen generellen Darstellung soll im Anschluss auf die durchgeführten Anpassungen bei den einzelnen Lebensmittelgruppen eingegangen werden.

#### *Ölsaaten*

Ölsaaten wurden vor der Einführung der Versorgungsbilanzen im Jahr 1995 nicht bilanziert, was auch auf ihre geringe Bedeutung in Österreich zu dieser Zeit zurückzuführen ist. Für Sonnenblumenkerne und Sojabohnen kann für die Jahre 1965 und 1980 auf die Commodity Balances der FAO zurückgegriffen werden. Raps wird hier allerdings nur gemeinsam mit Senfkörnern bilanziert, welche in den Versorgungsbilanzen von Raps nicht miteinbezogen werden. Folglich werden die Erntemengen von Raps mit seinen Ein- und Ausfuhrmengen, die von der Außenhandelsbilanz der FAO stammen, kombiniert. Zum Schluss muss noch die Verwendung (Futter, Saat oder Verarbeitung zu Rapsöl) der daraus ermittelten Mengen an Raps, die in Österreich in den Jahren 1965 und 1980 zur Verfügung stehen, abgeschätzt werden.

#### *Fleisch*

Die Versorgungsbilanzen für Fleisch liegen für Schwein, Rind und Kalb, Geflügel, Schaf und Ziege, Pferd, sonstiges Fleisch (Wild und Kaninchen) und Innereien vor. Für das Jahr 1965 stehen allerdings keine Bilanzen für Schaf und Ziege, Pferd und Innereien zur Verfügung. Daten für Schaf und Ziege sowie Innereien können den Commodity Balances der FAO

entnommen werden. Für Pferd liefern diese jedoch keine Angaben, folglich müssen diese durch lineare Extrapolation geschätzt werden. Vor 1973 sind in den Bilanzen von sonstigem Fleisch neben Wild und Kaninchen auch Schaf und Ziege mitinbegriffen. Um Schaf und Ziege nicht doppelt zu zählen, müssen diese vom sonstigen Fleisch subtrahiert werden.

#### *Kondensmilch*

Ab 2003 wird bei den Versorgungsbilanzen zu Kondensmilch lediglich der Nahrungsverbrauch pro Kopf angegeben, zu den anderen Kategorien stehen keine Daten zur Verfügung. Folglich wird für das Jahr 2010 mit Hilfe der Bevölkerungsstatistik (STATCUBE 2015a) der Verbrauch der gesamten österreichischen Bevölkerung ermittelt. Dieser Wert wird auch gleichzeitig als Erzeugung angenommen und der Außenhandel wird vernachlässigt. Bei Betrachtung der früheren Jahre wird jedoch ersichtlich, dass dieser im Gesamtkontext gesehen eine nicht allzu große Rolle spielen dürfte (z.B. 1995: Import von 15,3 t N und Export von 2,6 t N) (STATCUBE 2015e).

#### *Eier*

Die Ernährungsbilanzen von Eiern geben im Unterschied zu den Versorgungsbilanzen diejenige Menge, die als Bruteier verwendet wird, nicht an. Die Commodity Balances zu Eiern liefern diesbezüglich jedoch Daten, infolgedessen wird für die Jahre 1965 und 1980 auf diese zurückgegriffen.

## **2.3 Berechnungen**

Grundsätzlich wird mit Fünfjahresmitteln gerechnet, d.h. es wird der Mittelwert aus dem Bilanzjahr sowie den zwei Jahren vor und nach diesem gebildet. Diese Vorgehensweise soll mögliche Ausreißer im jeweiligen Bilanzjahr abmildern und somit eine Datenverzerrung verhindern. Aufgrund von Datenlücken kann allerdings teilweise lediglich der Durchschnitt aus drei Jahren ermittelt werden.

Für die einzelnen Erzeugnisse der Ernährungs- und Versorgungsbilanzen werden zunächst die Fünfjahresmittel der Erzeugung, der Lagerveränderung, des Imports und des Exports gebildet, woraus sich die gemittelte Inlandsverwendung berechnen lässt (Inlandsverwendung = Erzeugung – Lagerveränderung + Import – Export). Des Weiteren werden die Anteile der jeweiligen Verwendung (Futter, Saatgut, industrielle Verwendung, Verarbeitung und Verluste) der einzelnen landwirtschaftlichen Erzeugnisse am Inlandsverbrauch berechnet und daraus ebenfalls die Fünfjahresmittel erfasst. Diese werden mit der Inlandsverwendung multipliziert und der verbleibende Rest wird als Nahrungsverbrauch definiert. Auf diese Weise erhält man gemittelte Versorgungsbilanzen für die Jahre 1965, 1980, 1995 und 2010.

Im Folgenden werden nun die Berechnungen der Inputs und Outputs der Subsysteme Landwirtschaft, Inlandsverwertung und Lebensmittelzubereitung im Detail beschrieben. Dabei werden die gemachten Angaben stets in Stickstoff umgerechnet, worauf in der Beschreibung meist nicht näher eingegangen wird. Alle verwendeten Stickstoffgehaltszahlen wurden jedoch zusammengefasst und können Tabelle 3 entnommen werden.

**Tabelle 3 Verwendete Stickstoffgehaltszahlen**

	N-Gehalt		Quelle
<b>Pflanzliche Produktion</b>			
<b>Ackerbau</b>			
Weichweizen	2,0%	im FG	GAUBE (2002)
Hartweizen	2,0%	im FG	GAUBE (2002)
Roggen	1,6%	im FG	GAUBE (2002)
Gerste	1,7%	im FG	GAUBE (2002)
Hafer	1,7%	im FG	GAUBE (2002)
Mais	1,5%	im FG	GAUBE (2002)
Triticale	1,8%	im FG	THALER et al. (2013)
Menggetreide	1,8%	im FG	THALER et al. (2013)
anderes Getreide	2,3%	im FG	eigene Annahme nach ELZEBROEK & WIND (2008)
Reis	1,2%	im FG	THALER et al. (2013)
Getreidestroh	0,6%	im FG	GAUBE (2002)
Kartoffeln	0,3%	im FG	GAUBE (2002)
Zuckerrüben	0,2%	im FG	GAUBE (2002)
Raps	3,5%	im FG	GAUBE (2002)
Sonnenblumenkerne	2,9%	im FG	THALER et al. (2013)
Sojabohne	4,4%	im FG	THALER et al. (2013)
sonstige Ölfrüchte	3,4%	im FG	eigene Annahme nach SCHUSTER (1992) und SMITH (1996)
Hülsenfrüchte	3,6%	im FG	THALER et al. (2013)
Gemüse	0,4%	im FG	THALER et al. (2013)
Obst	0,1%	im FG	THALER et al. (2013)
Weintrauben	0,1%	im FG	eigene Annahme
Silo- und Grünmais	0,3%	im FG	GAUBE (2002)
Futterrüben	0,2%	im FG	GAUBE (2002)
Klee	2,5%	im FG	GAUBE (2002)
Rübenblätter	0,3%	im FG	GAUBE (2002)
<b>Grünland</b>			
Wiesenheu inkl. Egärten	2,1%	im FG	GAUBE (2002)
Weiden (Heu)	2,0%	im FG	GAUBE (2002)
Almen	3,0%	im FG	GAUBE (2002)
<b>Verarbeitung pflanzlicher Rohstoffe</b>			
<b>Hauptprodukte</b>			
Maisstärke	0,1%	im FG	AGROSCOPE (2015)
Kartoffelstärke	0,03%	im FG	AGROSCOPE (2015)
Ethanol	0,0%	im FG	SOUCI & KIRCHHOFF (2008)
Zucker	0,0%	im FG	SOUCI & KIRCHHOFF (2008)
Öle	0,0%	im FG	SOUCI & KIRCHHOFF (2008)
Sojamilch	0,6%	im FG	SOUCI & KIRCHHOFF (2008)
Saft	0,1%	im FG	KAAS et al. (1994)
Wein	0,0%	im FG	KAAS et al. (1994)
Bier	0,1%	im FG	KAAS et al. (1994)

### **Kuppelprodukte**

Mühlennebenprodukte	2,4%	im FG	AGROSCOPE (2015)
Maisgluten	11,4%	in der TS	AGROSCOPE (2015)
Maisglutenfutter	3,7%	in der TS	AGROSCOPE (2015)
Kartoffelprotein	13,1%	in der TS	AGROSCOPE (2015)
Kartoffel - Pülpe	1,1%	in der TS	STAUDACHER & POTTHAST (2014)
Weizen - Schlempe	5,7%	in der TS	LÖHR (1990)
Mais - Schlempe	3,6%	in der TS	LÖHR (1990)
Kartoffel - Schlempe	4,4%	in der TS	LÖHR (1990)
Triticale - Schlempe	6,0%	in der TS	eigene Annahme
Rübenschnitzel	1,6%	in der TS	LÖHR (1990)
Melasse	1,5%	in der TS	KNAPPE et al. (2006)
Raps - Extraktionsschrot	5,6%	im FG	LÖHR (1990)
Sonnenblumenkerne - Extraktionsschrot	6,1%	im FG	LÖHR (1990)
Sonnenblumenkernschalen	2,9%	im FG	wie Sonnenblumenkerne
Soja - Extraktionsschrot	7,5%	im FG	QUADE (1993)
sonstige Ölfrüchte - Extraktionsschrot	6,7%	im FG	eigene Annahme
Erdnuss - Ölkuchen	6,8%	im FG	QUADE (1993)
Baumwollsamensamen - Ölkuchen	7,0%	im FG	QUADE (1993)
Palmkernöl - Ölkuchen	3,0%	im FG	QUADE (1993)
Okara	0,8%	im FG	O'TOOLE (1999)
Obstrückstände	0,2%	im FG	eigene Annahme
Traubentrester	2,1%	in der TS	AGROSCOPE (2015)
Malzkeime	4,8%	in der TS	LÖHR (1990)
Malztreber	4,0%	in der TS	KNAPPE et al. (2006)
Bierhefe	9,9%	in der TS	LÖHR (1990)

### **Tierische Produktion**

Schwein - Schlachtkörper	2,9%	im FG	THALER et al. (2013)
Rind und Kalb - Schlachtkörper	3,5%	im FG	THALER et al. (2013)
Geflügel - Schlachtkörper	1,9%	im FG	THALER et al. (2013)
Schaf und Ziege - Schlachtkörper	3,0%	im FG	THALER et al. (2013)
Pferd - Schlachtkörper	3,0%	im FG	THALER et al. (2013)
sonstiges Fleisch - Schlachtkörper	3,0%	im FG	THALER et al. (2013)
Fisch	3,0%	im FG	THALER et al. (2013)
Milch	0,5%	im FG	GAUBE (2002)
Eier	1,8%	im FG	GAUBE (2002)

### **Verarbeitung tierischer Produkte**

#### **Hauptprodukte**

Butter	0,1%	im FG	KAAS et al. (1994)
Milchpulver, entrahmt	5,5%	im FG	KAAS et al. (1994)
Milchpulver, nicht entrahmt	3,9%	im FG	KAAS et al. (1994)
Obers, Rahm	0,6%	im FG	KAAS et al. (1994)
Kondensmilch	1,1%	im FG	KAAS et al. (1994)

Käse	3,5%	im FG	KAAS et al. (1994)
Konsummilch	0,6%	im FG	KAAS et al. (1994)
<b>Kuppelprodukte</b>			
Knochen	2,9%	im FG	KAAS et al. (1994)
Fett	0,1%	im FG	KAAS et al. (1994)
Blut	3,1%	im FG	KAAS et al. (1994)
Innereien	2,6%	im FG	KAAS et al. (1994)
Haut (Leder)	11,0%	im FG	KAAS et al. (1994)
Molke	0,1%	im FG	SPREER (2011)
<b>Sonstiges</b>			
Tiermehl	8,8%	im FG	GRECH et al. (2011)
ungenutzte tierische Nebenprodukte	2,0%	im FG	KAAS et al. (1994)

### 2.3.1 Landwirtschaft

Die Überlegungen zum Subsystem Landwirtschaft stammen von GAUBE (2002), die sich wiederum an DARGE (2002) orientierte. Diese betreffen die Annahmen zu marktgängigem Futtermittel und Saatgut, den Beständen und der Verwendung von Stroh, welche auch in dieser Arbeit übernommen und im Anhang unter 7.1 angegeben werden.

Auf der Seite des Outputs werden jedoch Änderungen des Systems von GAUBE (2002) vorgenommen, welche deshalb im Folgenden eine nähere Beschreibung erfahren.

#### 2.3.1.1 Output in die Natur

Im Gegensatz zu GAUBE (2002) wird beim Subsystem Landwirtschaft der Output in die Natur anders definiert (siehe 2.1.2) und hierunter die landwirtschaftlichen Verluste zusammengefasst. Im Folgenden wird genauer auf dessen Zusammensetzung eingegangen.

##### *Ernteverluste*

Die Versorgungsbilanzen geben für die einzelnen Feldfrüchte unter der Kategorie „Verluste“ den Schwund bei der Ernte sowie am Hof an. Diese werden übernommen und als Output des Sektors Landwirtschaft angesehen.

##### *Futtermittelverluste*

Um die tatsächliche Futtermittelzufuhr der Nutztiere bestimmen zu können, wird zunächst ihr Stickstoffbedarf ermittelt. Dessen Bestimmung ist jedoch mit großen Unsicherheiten behaftet, da er von zahlreichen Faktoren wie beispielsweise der Leistung, dem Lebendgewicht und der Wachstumszunahme des Nutztiers abhängt. Da diese Faktoren zudem im Untersuchungszeit eine Veränderung erfahren, wirkt sich dies in den einzelnen betrachteten Jahren auch auf den jeweiligen Stickstoffbedarf aus. Ausgehend von den Viehbestandszahlen wird mit Hilfe der DLG-Futterwerttabellen (DLG 1991, DLG 1997) und GÖTZ & ZETHNER (1996) unter Berücksichtigung des Lebendgewichts (DARGE 2002, AMA 2015b) und der Milchleistung der Kühe (STATCUBE 2015c) in den Jahren 1965, 1980, 1995 und 2010 eine Abschätzung des Stickstoffbedarfs vorgenommen. Der dadurch ermittelte Stickstoffbedarf der unterschiedlichen Nutztiere kann dem Anhang in Tabelle 30 entnommen werden.

Zudem liegt für die einzelnen Jahre das Futtermittelaufkommen vor, das sich aus der in den Versorgungsbilanzen angegebenen Menge an marktgängigen Futtermitteln, den Erntedaten der nichtmarktgängigen Futtermittel und den in 2.3.2 errechneten pflanzlichen und tierischen Nebenprodukten zusammensetzt.

Stellt man nun für die einzelnen Jahre den Futtermittelbedarf dem Futtermittelaufkommen gegenüber, wird deren Differenz von rund 20-33% deutlich (siehe Tabelle 4). In allen Jahren übersteigt das Aufkommen den Bedarf, was aber nicht verwunderlich ist. Wie bereits angedeutet, ist die Berechnung des Futtermittelbedarfs schwierig und kann lediglich als grobe Schätzung angesehen werden. Außerdem wird der Futtermittelbedarf der Nutztiere eigentlich über den Energiebedarf der Nutztiere und nicht wie hier über den Rohproteinbedarf berechnet. Vor allem Grünlandfutter weist einen hohen Stickstoffgehalt auf, so dass eine Stickstoffübersversorgung der Nutztiere bei reichlicher Fütterung desselbigen nicht unwahrscheinlich ist (ZESSNER-SPITZENBERG 1992). Darüber hinaus stellt in den Versorgungsbilanzen die Kategorie „Futter“ einen Restposten dar, d.h. hier wird der gesamte Rest, für den sonst keine Verwendung ermittelt werden kann, zusammengefasst (WILDLING, pers. Komm.). Folglich beinhalten auch diese Angaben eine Unsicherheit. Des Weiteren ist auf den landwirtschaftlichen Betrieben selbst ein gewisser Schwund an Futtermitteln anzunehmen. Infolgedessen wird vermutet, dass ein Teil des Futtermittelaufkommens als Verlust zu bewerten ist. Dem Vorgehen von ZESSNER-SPITZENBERG (1992) folgend wird der Mittelwert aus Bedarf und Aufkommen als tatsächlich konsumiertes Futtermittel angenommen. Beim verbleibenden Rest handelt es sich somit um den landwirtschaftlichen Schwund.

**Tabelle 4 Vergleich von Futtermittelbedarf und –aufkommen sowie angenommener, tatsächlicher Futtermittelverzehr für die Jahre 1965, 1980, 1995 und 2010**  
(Quelle: eigene Berechnungen)

	1965	1980	1995	2010
<b>Futtermittelbedarf (t N/a)</b>	196.093	231.299	248.055	250.392
<b>Futtermittelaufkommen (t N/a)</b>	294.740	330.412	308.687	315.001
<b>Differenz (t N/a)</b>	98.647	99.113	60.632	64.609
<b>Differenz/Futtermittelaufkommen</b>	33%	30%	20%	21%
<b>Futtermittelverzehr (t N/a)</b>	245.416	280.856	278.371	282.696

#### *Ausgasung und Denitrifikation*

Unter dem Output von der Landwirtschaft in die Naturkolonie versteht GAUBE (2002) Wirtschaftsdünger, Mineraldünger, Klärschlamm und Saatgut. Es ist jedoch nicht der gesamte Stickstoff in Wirtschaftsdünger, Mineraldünger und Klärschlamm auch in der Naturkolonie wirksam. Aufgrund von Denitrifikation des Wirtschaftsdüngers, Mineraldüngers und Klärschlammes und Ausgasung des Wirtschafts- und Mineraldüngers geht Stickstoff verloren. Diese Verluste, die wie bei GAUBE (2002) berechnet werden, werden der Landwirtschaft zugeordnet und als Output in die Natur angesehen.

### **2.3.1.2 Output von der Naturkolonie in die Natur**

Neben den anthropogen bedingten Denitrifikationsverlusten aufgrund der ausgebrachten Menge an Mineraldünger, Wirtschaftsdünger und Klärschlamm findet auch eine natürliche Denitrifikation statt. Ebenso ist die Ausgasung nicht nur auf Mineral- und Wirtschaftsdünger zurückzuführen, sondern auch auf natürliche Ammoniakemissionen des Bodens. Diese Verluste werden als Output von der Naturkolonie in die Natur verstanden, ebenso wie die Verluste aufgrund von Auswaschung, Erosion und Oberflächenabschwemmung. Die einzelnen Posten werden von GAUBE (2002) übernommen und um das Jahr 2010 erweitert (siehe Anhang Tabelle 29).

### **2.3.1.3 Output in den übrigen Teil der Gesellschaft**

Der Output in den übrigen Teil der Gesellschaft, auf dem das eigentliche Augenmerk dieser Arbeit liegt, kann nach Bestimmung der Verluste berechnet werden. Dieser setzt sich aus pflanzlichen und tierischen Produkten zusammen. Den Output pflanzlicher Produkte bildet die Ernte, abzüglich der Futtermittel, des Saatguts und des Stroh, die am Hof verbleiben (siehe Tabelle 20, Tabelle 21 und Tabelle 24), und der Ernteverluste. Da ab dem Bilanzjahr 2010 in Österreich auch Biogasanlagen von Bedeutung sind, fließt, im Gegensatz zu den Jahren davor, auch eine gewisse Menge an Silo- und Grünmais und Wiesenheu in den übrigen Teil der Gesellschaft. Dessen genaue Berechnung wird unter 2.3.2.1.1 beschrieben. Unter dem Output tierischer Produkte befinden sich die gesamten, geschlachteten Nutztiere (Summe aus Schlachtkörper und Schlachttierabgang; Berechnung siehe 2.3.2.1.9), die Milch abzüglich jener, die am Hof verfüttert wird, und die Eier, abzüglich jener, die als Bruteier genutzt werden. Im Unterschied zu den anderen Jahren gelangt 2010 ein Teil des Wirtschaftsdüngers in den übrigen Teil der Gesellschaft und nicht nur in die Naturkolonie, da dieser in Biogasanlagen als Input dient. Hierauf wird genauer unter 2.3.2.1.2 eingegangen.

### ***2.3.2 Inlandsverwertung***

Im Subsystem Inlandsverwertung findet die Verarbeitung agrarischer Rohstoffe eine genauere Betrachtung. Die Hauptprodukte, die dabei hervorgehen, werden teilweise für Ernährungszwecke aber auch anderweitig genutzt. Außerdem fallen bei deren Herstellungsprozesse Kuppelprodukte an, die wiederum in unterschiedlichsten Bereichen Verwendung finden. Mit Hilfe von Faktoren, die HABERL (2002) entnommen und durch eine eigene Literaturrecherche ergänzt werden, können die aus den Rohstoffen entstehenden Haupt- und Kuppelprodukte errechnet werden. Auf die genaue Berechnung dieser sowie deren Verwendung wird in den nächsten Punkten eingegangen, Tabelle 5 liefert bereits einen Überblick.

**Tabelle 5 Haupt- und Kuppelprodukte nach der Verarbeitung von agrarischen Rohstoffen sowie deren Verwendung**

(Quelle: HABERL 2002, eigene Überlegungen)

<b>Input in die Verarbeitung</b>	<b>Hauptprodukt</b>	<b>Verwendung</b>	<b>Kuppelprodukt</b>	<b>Verwendung</b>
Getreide	Nährmittel	Nahrungsmittel	Mühlennachprodukte	Futtermittel
stärkeliefernde Pflanzen	Stärke Ethanol	Nahrungsmittel anderweitige Verwendung	Pülpfen Schlempfen	Futtermittel
Gerste	Bier	Nahrungsmittel	Malzkeime Malztreber Bierhefe	Futtermittel anderweitige Verwendung
Zuckerrüben	Zucker	Nahrungsmittel Futtermittel anderweitige Verwendung	Rübenschnitzel Melasse	Futtermittel anderweitige Verwendung
Ölpflanzen	Öl	Nahrungsmittel Futtermittel anderweitige Verwendung	Presskuchen Extraktionsschrot	Futtermittel
Sojabohne	Sojamilch	Nahrungsmittel	Okara	Futtermittel
Obst	Saft	Nahrungsmittel	Obstrückstände	Futtermittel
Weintrauben	Wein	Nahrungsmittel	Traubentrester	Futtermittel
Milch	Käse	Nahrungsmittel	Molke	Nahrungsmittel Futtermittel anderweitige Verwendung
Nutztiere	Fleisch	Nahrungsmittel	Nebenprodukte des Schlachtkörpers Nebenprodukte der Schlachtung tierische Nebenprodukte	Futtermittel anderweitige Verwendung

### **2.3.2.1 Bestimmung der Stickstoffflüsse einzelner agrarischer Rohstoffe**

In diesem Unterkapitel wird beschrieben, wie die Verwendung des enthaltenen Stickstoffs der einzelnen agrarischen Rohstoffe bestimmt wird.

#### **2.3.2.1.1 Silo- und Grünmais und Wiesenheu**

Für Silo- und Grünmais sowie Wiesenheu liegen lediglich Erntedaten vor, jedoch keine Angaben über ihre Nutzung. Es wird davon ausgegangen, dass diese hauptsächlich als Futtermittel dienen. Ab dem letzten Bilanzjahr spielen in Österreich jedoch auch Biogasanlagen eine Rolle (ENERGIE-CONTROL GMBH 2003), in denen diese Produkte als Input genutzt werden. ENERGIE-CONTROL GMBH (2010) gibt Auskunft über die in den österreichischen Biogasanlagen verwendeten Rohstoffe. Allerdings schließen die hier gemachten Angaben

lediglich 69% der Biogasanlagen ein, da die restlichen Rohstoffbilanzen von den Biogasbetreibern nicht fristgerecht eingereicht wurden oder unvollständig waren. Unter der Annahme, dass sich der Rohstoffeinsatz in den nicht erfassten Biogasanlagen genauso wie in den erfassten verhält, wird eine Hochrechnung durchgeführt. Daraus ergibt sich ein Rohstoffeinsatz von landwirtschaftlichen Produkten von 1,3 Mio. t, wovon 45% auf Maissilage und 7% auf Grassilage entfallen. ÖKOSOZIALES FORUM (2015) gibt an, dass es sich bei ca. 90% des in Biogasanlagen eingesetzten Maises um Silomais handelt. Somit kann, nachdem für die Grassilage der Wassergehalt angepasst worden ist, die in den Biogasanlagen verwendete Menge an Silo- und Grünmais sowie Wiesenheu bestimmt werden.

#### **2.3.2.1.2 Wirtschaftsdünger**

Aus WALTER et al. (2008) geht hervor, dass in den Jahren 2004 bis 2006 ungefähr 1% des gesamten Wirtschaftsdüngeraufkommens in Biogasanlagen floss. Für das Jahr 2010 werden ähnliche Verhältnisse angenommen. Folglich gelangt 1% des Stickstoffs im Wirtschaftsdünger nicht in die Naturkolonie, sondern wird als Output in die übrige Gesellschaft verstanden.

#### **2.3.2.1.3 Getreide und Kartoffeln**

##### *Mühlennachprodukte*

Die Ernährungs- und Versorgungsbilanzen unterscheiden bei Getreide zwischen „Nahrungsverbrauch brutto“, der den Getreidewert abbildet, und „Nahrungsverbrauch netto“, der die zur Verfügung stehende Menge an Getreide in Form von Nahrungsmitteln wie beispielsweise Mehl, Grieß oder Schrot angibt. Es wird die Differenz von Nahrungsverbrauch brutto und netto erstellt, welche die als Futtermittel verwendeten Mühlennachprodukte dargestellt.

##### *Stärke und Ethanol*

Aus stärkehaltigen Erzeugnissen wie Mais, Weizen und Kartoffeln kann sowohl Stärke als auch Ethanol gewonnen werden. Die hierfür aufgewendete Menge an Rohstoffen wird in den Versorgungsbilanzen unter „industrielle Verwertung“ geführt.

Während des gesamten Untersuchungszeitraums wird Stärke in Österreich lediglich aus Mais und Kartoffeln hergestellt. Seit der Eröffnung der Weizenstärkeanlage in Pischelsdorf im Juni 2013 wird jedoch auch Weizenstärke produziert (BMLFUW 2014). Stärke wird zum einen in der Lebensmittelindustrie und zum anderen in der technischen Industrie (z.B. Papier, Textil- und Kunststoffindustrie) eingesetzt (TEGGE 2004).

Die österreichische Produktion von Ethanol gewinnt mit der Eröffnung der ersten großindustriellen Bioethanolanlage in Pischelsdorf im Juni 2008 (BMLFUW 2008) an Bedeutung, davor ist sie vergleichsweise gering. Dies spiegelt sich auch in den Versorgungsbilanzen wider, zwischen 2007 und 2008 nimmt die industrielle Verwertung von Weizen um den Faktor 7,5 zu. Im Zeitraum von 2007 bis 2010 verdoppelte sich zudem die Menge an industriell verwerteten Mais. Neben der energetischen Nutzung von Ethanol, findet er auch in der Chemieindustrie und der menschlichen Ernährung Verwendung.

Seit der Umstellung auf die Versorgungsbilanzen liegen auch Bilanzen für Kartoffelstärke vor. Folglich kann mittels Faktoren nach WÜRDINGER et al. (2002) aus der erzeugten Kartoffelstärke die dafür benötigte Menge an Kartoffeln für die Jahre 1995 und 2010 errechnet werden. Es wird angenommen, dass der verbleibende Rest der industriell verwerteten Kartoffeln in die Ethanolproduktion fließt. Für die Jahre 1965 und 1980 muss geschätzt werden, wie viel Kartoffeln jeweils für die Stärke- und Ethanolherstellung aufgewendet wurden. 1995 und 2010 werden aus fast 90% der industriell verwerteten Kartoffeln Stärke produziert. Da die Ethanolproduktion in Österreich 1965 und 1980 nicht sonderlich bedeutend ist, wird die gleiche Aufteilung auf Ethanol und Stärke wie 1995 und 2010 angenommen.

Für Maisstärke liegen keine Versorgungsbilanzen vor, allerdings kann für das Jahr 2010 aus dem Grünen Bericht die Menge an Mais entnommen werden, die in die Stärkeproduktion gelangt (BMLFUW 2009, BMLFUW 2010, BMLFUW 2011c, BMLFUW 2012b, BMLFUW 2013). AMA (2015a) gibt für 2010 diejenige Menge an Mais, die in die Bioethanolherstellung fließt. Der noch verbleibende Rest des industriell verwendeten Maises wird anderweitig, wie beispielsweise für die Zitronensäureproduktion, genutzt, was jedoch nicht weiter betrachtet wird.

Für die früheren Jahre machen die Grünen Berichte bezüglich der Stärkeproduktion keine Angaben. BAUER et al. (2001) geben in ihrem Bericht über die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Österreich an, dass im Jahr 1998 aus 210.000 t Mais Stärke gewonnen wird. Es wird geschlussfolgert, dass sich die Maisstärkeproduktion im Jahr 1995 in der gleichen Größenordnung befindet. Da die Ethanolproduktion vor der Eröffnung der Bioethanolanlage in Pischelsdorf in Österreich nicht bedeutsam ist, macht AMA (2015a) vor 2008 auch keine Angaben dazu. Es wird angenommen, dass 1995 1% des industriell verwerteten Maises für die Ethanolproduktion genutzt wird und der Rest eine anderweitige Nutzung findet.

1965 und 1980 ist die Menge an Mais, die industriell verwendet wird, vergleichsweise gering, 1995 ist sie um den Faktor 5-10 höher. Über die Verwendung von industriell verwerteten Mais liegen für die Jahre 1980 und 1965 keine Daten vor. Aufgrund der geringen Bedeutung des Maises, der in diesen Jahren eine industrielle Verwendung findet, wird die anteilmäßige Verteilung auf Stärke und Ethanol von 1995 übertragen.

Da bis zum Jahr 2013 keine Weizenstärkeproduktion in Österreich stattfindet, wird angenommen, dass aus dem gesamten industriell verwerteten Weizen Ethanol hergestellt wird. Ab 2008 findet gemäß den Versorgungsbilanzen auch eine industrielle Verwertung von Triticale statt, woraus ebenfalls Ethanol gewonnen wird (BMLFUW 2013).

Nachdem festgelegt worden ist, welche Mengen an Kartoffeln, Mais, Weizen und Triticale in die Stärke- und Ethanolproduktion fließen, kann mit Hilfe von Faktoren gemäß WÜRDINGER et al. (2002) und HABERL (2002) die jeweilige Ausbeute sowie deren Kuppelprodukte errechnet werden. Die Hauptprodukte Stärke und Ethanol weisen einen sehr geringen bzw. gar keinen Stickstoffgehalt auf. Der im Ausgangsprodukt enthaltene Stickstoff gelangt hingegen in die Nebenprodukte (Kartoffelprotein und Kartoffel-Pülpe bei der Kartoffelstärkeproduktion, Maisgluten und Maisglutenfutter bei der Maisstärkeproduktion sowie Schlempe bei der Ethanolproduktion). Aufgrund ihres relativ hohen Eiweißgehalts werden diese hauptsächlich als Futtermittel eingesetzt.

Zudem muss für die vorliegende Menge an Stärke abgeschätzt werden, in welchen Bereichen sie verwendet wird. Ethanol wird nicht näher betrachtet, da in diesem kein Stickstoff enthalten ist. Aus den Versorgungsbilanzen für Kartoffelstärke geht hervor, dass 1995 und 2010 um die 80% der Inlandsverwendung in der Industrie und der restliche Teil für Ernährungszwecke genutzt wird. Folglich wird vermutet, dass es sich 1965 und 1980 genauso verhält. Für Maisstärke wird sich bezüglich ihrer Verwendung ebenfalls an der Kartoffelstärke orientiert.

#### **2.3.2.1.4 Bier**

Einen der wichtigsten Grundstoffe für die Herstellung von Bier stellt das Malz dar, in dem Getreide künstlich zum Keimen gebracht wurde. Meist wird dafür Gerste verwendet, manchmal auch Weizen und in seltenen Fällen Dinkel und Roggen. Die in den Versorgungsbilanzen unter industrielle Verwertung angegebene Gerste dient der Herstellung von Malz. Nach dem Mälzen fallen Malzkeime als Nebenprodukte an, während beim Brauvorgang von Bier Malztreber und Bierhefe übrigbleiben. Die anfallende Menge dieser drei Nebenprodukte wird mittels Faktoren von HABERL (2002) und HEISS (2004) bestimmt. Da diese recht eiweißreich sind, werden sie hauptsächlich in der Nutztierhaltung als Futter genutzt. Malztreber dienen zudem Biogasanlagen als Input, gemäß REISINGER et al. (2012) werden 3% der anfallenden Menge dort verwendet. Da im Untersuchungszeitraum Biogasanlagen erst im Jahr 2010 Bedeutung erlangen, wird davon ausgegangen, dass Malztreber davor lediglich als Futtermittel genutzt werden.

#### **2.3.2.1.5 Zuckerrübe**

Die in Österreich geerntete Zuckerrübe dient der Herstellung von Zucker, für den eigene Ernährungs- bzw. Versorgungsbilanzen vorliegen. Allerdings müssen die bei der Zuckerproduktion entstehenden, eiweißreichen Kuppelprodukte Rübenschnitzel und Melasse durch Faktoren berechnet werden. Diese werden HABERL (2002) und TAIBINGER & SCHOTT (1995) entnommen. Rübenschnitzel und Melasse finden als Futtermittel Verwendung. Zudem werden Rübenschnitzel in Biogasanlagen als Input genutzt, was für die Berechnungen wiederum erst ab 2010 eine Rolle spielt. TRAGNER et al. (2008) ist zu entnehmen, dass in den österreichischen Biogasanlagen der Einsatz von Zuckerrübenschnitzel keine große Bedeutung hat. Folglich wird angenommen, dass 2010 1% der Zuckerrübenschnitzel in Biogasanlagen fließt. Melasse wird darüber hinaus in der Biotechnologie als Rohstoff eingesetzt (REISINGER et al. 2012). Für Melasse stehen Commodity Balances der FAO zur Verfügung, die eine Abschätzung ihrer Nutzung erlauben.

#### **2.3.2.1.6 Ölfrüchte**

Vor der Eröffnung der Ölmühle in Bruck an der Leitha im Jahr 1989 ist Österreich bezüglich Öl fast vollständig auf Importe angewiesen (BMLF 1991). Die Ölproduktion findet hauptsächlich aus Raps und Sonnenblumenkernen statt, ein geringer Teil stammt von sonstigen Ölfrüchten (Senfkörnern, Leindotter, Ölrettich, Saflor und Sesam) und Kürbiskernen. Erst seit dem Umbau der Ölmühle in Güssing im Jahr 2011, wird in Österreich auch Sojaöl gewonnen (STATISTIK AUSTRIA 2013b). Dies ist auch an den Versorgungsbilanzen ersichtlich: von 2010 auf 2011 verdoppelt sich die Menge an Sojabohnen, die in die Verarbeitung fließt. Da der Untersuchungszeitraum allerdings nur bis zum Jahr 2010 reicht, wird die Sojaölproduktion nicht berücksichtigt. Folglich kann für Sojabohnen für das Jahr

2010 auch kein Fünfjahresmittel, sondern lediglich ein Dreijahresmittel (2008, 2009 und 2010) gebildet werden, da im Jahr 2011 andere Ausgangsbedingungen vorliegen.

Beim mechanischen Pressen bzw. bei der chemischen Extraktion von Öl entstehen als Nebenprodukte Presskuchen bzw. Extraktionsschrote. Die Faktoren für Ölausbeute sowie die entstehenden Kuppelprodukte werden HABERL (2002) entnommen. Presskuchen bzw. Extraktionsschrote sind durch einen recht hohen Eiweißgehalt gekennzeichnet und dienen somit als Futtermittel für Nutztiere. Bei der Produktion von Sonnenblumenöl fallen zudem Sonnenblumenkernschalen an. Diese werden in den Betrieben zur Eigenenergieerzeugung genutzt (TAIBINGER & SCHOTT 1995).

Ab dem Bilanzjahr 1995 wird die Sojabohne zudem für Ernährungszwecke verwendet und zwar in Form von Mehl oder anderen Sojaprodukten wie Sojamilch und Tofu. Es wird angenommen, dass die eine Hälfte dieser Sojabohnen zu Mehl und die andere Hälfte zu Sojamilch verarbeitet wird. Die Weiterverarbeitung von Sojamilch zu anderen Produkten wie Tofu oder Sojajoghurt wird vernachlässigt. Bei der Herstellung von Sojamilch fällt als Nebenprodukte Okara an, das wiederum als Futtermittel verwendet wird. Die den Berechnungen zugrundeliegenden Ausbeutefaktoren werden O'TOOLE (1999) entnommen.

#### **2.3.2.1.7 Obst**

Unter der Verarbeitung von Obst wird in den Versorgungsbilanzen jene Menge angegeben, aus der Saft, Most und Obstdestillat hergestellt wird. Aufgrund mangelnder Daten wird jedoch angenommen, dass aus dem gesamten Obst Saft produziert wird. Mithilfe von TAIBINGER & SCHOTT (1995) (nach Heiss 1991) und SCHOBINGER (2001) wird die Saftausbeute ermittelt. Die Abschätzungen des Obstrückstands wird nach Angaben von KNAPPE et al. (2006) gemacht.

Für den Obstrückstand wird angenommen, dass er als Futtermittel Verwendung findet.

#### **2.3.2.1.8 Wein**

Bei der Gewinnung von Wein entstehen Traubentrester, deren anfallende Menge mittels Faktoren von HABERL (2002) berechnet werden. Es wird davon ausgegangen, dass diese als Futtermittel genutzt werden.

#### **2.3.2.1.9 Nutztiere**

Die Ernährungs- und Versorgungsbilanzen von Fleisch geben das Schlachtgewicht an, welches in Folge den Ausgangspunkt für die Berechnungen darstellt. Da jedoch die Stickstoffflüsse des gesamten Nutztiers von Interesse sind, werden auch zum Schlachtierabgang und dessen Nutzung Überlegungen angestellt. Dabei wird sich hauptsächlich auf BRANSCHIED (2007) gestützt.

#### *Schlachtkörper*

Zunächst wird der Schlachtkörper selbst sowie die Verwendung seiner unterschiedlichen Teile betrachtet. Beim Außenhandel wird ebenfalls die Menge an Fleisch in Schlachtgewicht angegeben, selbst wenn es beispielsweise ohne Knochen gehandelt wird. Aus Vereinfachungsgründen wird jedoch für die folgenden Berechnungen angenommen, dass die

Einfuhr und Ausfuhr von Fleisch tatsächlich in Schlachtgewicht erfolgt. Dies zieht natürlich wiederum eine gewisse Unsicherheit nach sich.

Die für die Berechnungen herangezogenen Faktoren werden von der Statistik Austria zur Verfügung gestellt. Mit Hilfe dieser werden zunächst die Knochen, die – abgesehen vom Geflügel – kaum in die Haushalte gelangen, herausgerechnet. Diese werden von den Schlacht- und Zerlegebetrieben oder den Metzgereien direkt in Spezialbetriebe weitergegeben (BRANSCHIED 2007), wo sie zu Fleischknochenmehl verarbeitet werden. Außerdem beinhaltet das Schlachtgewicht das am Schlachtkörper anliegende Fett (subkutanes Fett), wobei in den Berechnungen nur jenes von Schwein und Rind berücksichtigt wird. Das Fett des Schweins wird teilweise für Ernährungszwecke genutzt (z.B. in Form von Schweinespeck), der Rest gelangt ebenfalls zur Weiterverarbeitung in Spezialbetriebe. Außerdem muss vom Schlachtgewicht die an Haustiere verfütterte Menge abgezogen werden, um das Fleisch, das dem Menschen zur Verfügung steht, zu erhalten.

#### *Schlachttierabgang*

Der Schlachttierabgang stellt die Differenz aus Lebendgewicht und Schlachtkörper dar und wird in der Literatur als Prozentsatz des Schlachtkörpergewichts angegeben. Somit kann ausgehend von der Nettoeigenerzeugung der Ernährungs- bzw. Versorgungsbilanzen von Fleisch dessen anfallende Menge berechnet werden. Es wird zwischen tierischen Nebenprodukten, die nicht für den menschlichen Verzehr geeignet sind (z.B. Magen- und Darminhalte, Augen und Geschlechtsorgane), und Nebenprodukten der Schlachtung, die für den Menschen genusstauglich sind (z.B. Innereien), unterschieden (BRANSCHIED 2007). In Tabelle 6 wird der Anteil dieser sowie die Schlachtausbeute für die einzelnen Tierarten aufgelistet.

Die folgenden Berechnungen werden lediglich für Schwein, Rind und Kalb, Geflügel, Schaf und Ziege, die im gesamten Untersuchungszeitraum gemeinsam 98-99% der Fleischerzeugung bzw. des –verbrauchs ausmachen, durchgeführt. Die Nebenprodukte der Schlachtung und die tierischen Nebenprodukte vom Pferd und sonstigen Fleisch werden nicht näher betrachtet, sondern als Verluste bewertet.

**Tabelle 6 Schlachtausbeute, Nebenprodukte der Schlachtung und tierische Nebenprodukte (in % des Schlachtkörpergewichts) für Schwein, Rind, Geflügel sowie Schaf und Ziege (Quelle: BRANSCHIED (2007))**

	Schlachtausbeute (%)	Nebenprodukte der Schlachtung (%)	Tierische Nebenprodukte (%)
Schwein	80,0	17,8	7,5
Rind	57,5	23,7	50,2
Geflügel	73,1	12,2	32,8
Schaf und Ziege	50,9	23,1	64,7

Zu den Nebenprodukten der Schlachtung zählt u.a. das Blut, das zu Blutmehl verarbeitet werden kann. BRANSCHIED (2007) geben jedoch an, dass große Anteile davon ins Abwasser der Schlachtbetriebe gelangen und somit ungenutzt bleiben. Es wird bei den Berechnungen angenommen, dass nur die Hälfte des anfallenden Blutes tatsächlich zu Blutmehl verwertet

wird. Theoretisch wird Schweine- und Rinderblut auch für Ernährungszwecke genutzt, was jedoch aufgrund mangelnder Daten keine weitere Berücksichtigung findet.

Die Ernährungs- und Versorgungsbilanzen der Innereinen liefern die Mengen an Nebenprodukten der Schlachtung, die vom Menschen verbraucht wurden. Weitere Teile dieser eigentlich genusstauglichen Nebenprodukte werden als Haustierfutter verwendet oder fließen in die Tiermehlproduktion.

Im nächsten Schritt findet die Berechnung der tierischen Nebenprodukte statt, Tabelle 7 liefert einen Überblick über deren Nutzung. Als erstes werden die Häute von Rind, Schaf und Ziege herausgerechnet, die vollständig in der Lederindustrie genutzt werden. Aus der Schwarte des Schweins hingegen wird kein Leder produziert. Wenn sie nicht am Schlachtkörper verbleibt, wird sie in der Wurst- und Gelatineherstellung sowie zur Produktion von Leim und Haustierfutter verwendet (BRANSCHIED 2007). Da diesbezüglich jedoch keine Daten vorliegen und davon auszugehen ist, dass die hierfür aufgewendeten Mengen gering sind, wird diese Tatsache vernachlässigt.

Anschließend wird jene Menge an tierischen Nebenprodukte berechnet, die zu Tiermehl verarbeitet werden darf. Tiermehl ist per definitionem frei von Haaren, Borsten, Federn, Hufen, Horn, Haut sowie Magen- und Darminhalt (GRECH et al. 2011). Folglich müssen diese Teile von den gesamten tierischen Nebenprodukten subtrahiert werden.

Der nach den beschriebenen Berechnungen verbleibende Rest der tierischen Nebenprodukte bleibt ungenutzt und ist als Verlust anzusehen.

**Tabelle 7 Als Leder oder Tiermehl genutzte und ungenutzte tierische Nebenprodukte (in % des Schlachtkörpergewichts) für Schwein, Rind, Geflügel sowie Schaf und Ziege (Quelle: BRANSCHIED (2007))**

	Haut (%)	Tiermehl- industrie (%)	ungenutzte tierische Nebenprodukte (%)
<b>Schwein</b>	-	2,3	5,2
<b>Rind</b>	13,5	15,8	20,9
<b>Geflügel</b>	-	14,7	18,1
<b>Schaf und Ziege</b>	12,9	16,7	35,1

#### *Tiermehl*

Unter dem Begriff Tiermehl wird nicht nur Tiermehl im engeren Sinne, das durch einen Höchstgehalt an Phosphor und einen Mindestgehalt an Stickstoff gekennzeichnet ist, verstanden. Es werden darunter auch andere Produkte, die in der Fleischmehlindustrie erzeugt werden, wie Fleischknochenmehl und Blutmehl zusammengefasst (SUSENBETH 2004). Es wurde bereits angedeutet, welche Teile des Schlachtkörpers, der Nebenprodukte der Schlachtung und der tierischen Nebenprodukte in die Tiermehlproduktion fließen. Diese werden summiert und mittels Faktoren von GRECH et al. (2011) kann berechnet werden, welche Menge an Tiermehl sich daraus ergibt.

Tiermehl diente lange als eiweißreiches Futtermittel, mit der BSE – Krise zu Beginn des 21. Jahrhunderts geht seit 2001 allerdings ein EU-weites Fütterungsverbot für Nutztiere einher. Seither wird es in Österreich verbrannt, als Düngemittel genutzt oder in Biogasanlagen

entsorgt (WALTER et al. 2008). Folglich wird Tiermehl in der Berechnung für 2010 nicht wie in den vorhergehenden Jahren dem Futtermittel, sondern der anderweitigen Verwendung zugeordnet.

### **2.3.2.1.10 Milch und Milchprodukte**

Milch wird zu Konsummilch, Käse, Butter, Schlag und Rahm, Kondensmilch sowie Milchpulver (entrahmt und nicht entrahmt) verarbeitet. Für die einzelnen Milchprodukte liegen Versorgungsbilanzen vor, die für die Berechnungen herangezogen werden.

Bei der Herstellung von Käse und Topfen entsteht als Kuppelprodukt zudem Molke, deren anfallende Menge nach GALLENKEMPER et al. (2001) berechnet wird. Molke wurde lange als Abfallprodukt bewertet und lediglich als Futtermittel eingesetzt. Diesbezüglich findet jedoch ein Wandel statt und Molke gelangt nun vermehrt in Form von Molkegetränken in die menschliche Ernährung oder wird industriell verwertet (z.B. Einsatz in Kosmetika und Reinigungsmitteln sowie Biogasgewinnung) (SPREER 2011). Die Commodity Balances von Molke geben an, dass sie in Österreich bis 1994 nur als Futter Verwendung findet und erst ab 1995 auch in die Verarbeitung fließt. Nun muss abgeschätzt werden, wie sich 1995 und 2010 die verarbeitete Molke anteilmäßig auf die menschliche Ernährung und industrielle Verwendung aufteilt. 2010 gelangt um den Faktor 24 mehr Molke in die Verarbeitung als 1995. Es wird angenommen, dass diese Molke 1995 ausschließlich der Ernährung dient und 2010 zur Hälfte industriell verwertet wird. Gemäß LISKA (pers. Komm.) sind Molkegetränke bereits in den Versorgungsbilanzen von Konsummilch enthalten. Folglich wird jene Menge an Molke, die in die menschliche Ernährung fließt, nicht in die weiteren Berechnungen miteinbezogen, um eine Doppelzählung zu vermeiden.

### **2.3.2.2 Verluste bei der Lebensmittelverarbeitung**

Das folgende Subsystem Lebensmittelzubereitung bildet die Menge an verfügbaren Lebensmitteln im Einzelhandel bzw. Außer-Haus-Verzehr ab. Folglich müssen alle vorhandenen Lebensmittel, bevor sie dahin gelangen, auch auf diese Ebene gebracht werden. Da jedoch teilweise noch ein weiterer Verarbeitungsschritt der Lebensmittel stattfindet, bevor sie in den Einzelhandel bzw. Außer-Haus-Verzehr gehen, muss dies berücksichtigt werden. Im Weiteren soll nun dargestellt werden, welche Verarbeitungsverluste für die einzelnen Lebensmittelgruppen infolgedessen noch im Subsystem Inlandsverwertung einberechnet werden müssen. Die im Subsystem Lebensmittelzubereitung anfallenden Lebensmittel werden u.a. mittels Faktoren gemäß BERETTA et al. (2013) bestimmt (siehe 2.3.3.1.1). Aufgrund dessen basiert die Berechnung der Verarbeitungsverluste im Subsystem Inlandsverwertung auch auf dieser Studie, wobei deren Faktoren in diesem Bereich teilweise von GUSTAVSSON et al. (2011) stammen. Da keine Abschätzung der Veränderung der hier verwendeten Faktoren im Untersuchungszeitraum getroffen werden kann, müssen sie als gleichbleibend angenommen werden.

Bei den bereits verarbeiteten Produkten (wie z.B. Milchprodukten oder Saft) wird davon ausgegangen, dass diese die Ebene des Einzelhandels bzw. Außer-Haus-Verzehrs abbilden und somit keine weiteren Verluste angenommen werden müssen. Dies entspricht nicht ganz den Tatsachen, da diese Produkte teilweise eine Weiterverarbeitung erfahren, wie z.B. bei

Wein zu Weinessig. Es ist allerdings im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich, diese und die dabei entstehenden Verluste miteinzubeziehen.

Die bisherigen Berechnungen zu Fleisch berücksichtigen den bei der Weiterverarbeitung anfallenden Abfall noch nicht (siehe 2.3.2.1.9). Folglich werden wie bei BERETTA et al. (2013) 5,0% Verluste bei der Fleischverarbeitung miteinberechnet.

Die Angaben bei den Bilanzen von Fisch und Eiern beschränken sich auf die produzierte Menge und den Außenhandel. Somit müssen die bei der Verarbeitung und Verpackung entstehenden Verluste berücksichtigt werden (Fisch 6,0%, Eier 1,2% (BERETTA et al. 2013)).

Unter dem Nahrungsverbrauch netto von Getreide wird die zur Verfügung stehende Menge an Nährmitteln angegeben. BERETTA et al. (2013) gehen bei ihren Abfallfaktoren in den Bereichen Einzelhandel und Haushalt sowie außer-Haus-Verzehr unter Weichweizen vom Verarbeitungsprodukt Brot und bei Hartweizen vom Verarbeitungsprodukt Pasta aus. Infolgedessen muss angenommen werden, dass der gesamte Weichweizen in Form von Brot und der gesamte Hartweizen in Form von Pasta konsumiert wird. Daraus ergeben sich bei ihrer Herstellung Verluste von 3,0% bei Brot und von 7,3% bei Pasta (BERETTA et al. 2013). Da in dieser Arbeit im Gegensatz zu BERETTA et al. (2013) auch Roggen miteinbezogen wird und für diesen die gleiche Verwendung wie für Weichweizen angenommen werden, werden ebenfalls 3,0% Verlust für die Brotproduktion veranschlagt. Für das restliche Getreide wird von keiner weiteren Verarbeitung ausgegangen und infolgedessen auf dieser Ebene keine weiteren Abfallfaktoren angewendet.

Öl- und Hülsenfrüchte werden bei BERETTA et al. (2013) nicht betrachtet, weswegen bezüglich der Verlustfaktoren auf GUSTAVSSON et al. (2011) zurückgegriffen wird. Diese gehen bei der Verarbeitung von einem Verlust von 5,0% aus.

Bei Obst, Gemüse und Kartoffeln wird bei den Versorgungsbilanzen unter Nahrungsverbrauch die Menge an unverarbeiteten und verarbeiteten Produkten in Frischgewicht angegeben. Bei den folgenden Berechnungen wird die gewerbliche Verarbeitung dieser Produkte (beispielsweise zu Marmelade, Tiefkühlgemüse oder Pommes frites) vernachlässigt und davon ausgegangen, dass sie lediglich unverarbeitet in den Einzelhandel bzw. Außer-Haus-Verzehr gelangen. Somit werden gemäß BERETTA et al. (2013) für Obst und Gemüse keine Verluste in diesem Bereich und für Kartoffeln 6,1% Verlust aufgrund mangelnder Qualität angenommen.

### **2.3.3 Lebensmittelzubereitung**

#### **2.3.3.1 Lebensmittelabfall**

Der Input „Lebensmittel“ in das Subsystem Lebensmittelzubereitung bildet die Menge an Lebensmitteln ab, die im Einzelhandel und Außer-Haus-Verzehr für die menschliche Ernährung zur Verfügung stehen. Es muss nun zunächst bestimmt werden, wie viel davon als unvermeidbarer und vermeidbarer Abfall (Definitionen siehe 2.1.2) enden. Es wird vermutet, dass der jeweilige Anteil des unvermeidbaren Abfalls an den einzelnen Lebensmittelgruppen über den Zeitverlauf als gleichbleibend angenommen werden kann. Etwas schwieriger ist es, die Entwicklung des vermeidbaren Abfalls von 1965 bis 2010 zu bestimmen. Dieser wird im

Folgenden durch zwei verschiedene Vorgehensweisen berechnet. Bei der einen wird der Lebensmittelabfall mittels Faktoren nach BERETTA et al. (2013) geschätzt, bei der anderen wird er über die in den Österreichischen Ernährungsberichten angegebene Energiezufuhr der österreichischen Bevölkerung ermittelt. Die beiden durchgeführten Berechnungsvarianten werden nun genauer beschrieben.

#### **2.3.3.1.1 Lebensmittelabfall gemäß Faktoren (Variante 1)**

BERETTA et al. (2013) untersuchten in der Schweiz das Aufkommen von Lebensmittelabfall entlang der gesamten Nahrungskette. Sie geben für ihre unterschiedlichen Bereiche (landwirtschaftliche Produktion, Lagerung und Handel, Verarbeitung, Außer-Haus-Verzehr, Einzelhandel und Haushalte) an, welcher Anteil des jeweiligen Inputs als Lebensmittelabfall endet. Dabei differenzieren sie zwischen unvermeidbaren und vermeidbaren Abfällen. Im Subsystem Lebensmittelzubereitung sind die auf Ebene des Einzelhandels bzw. Außer-Haus-Verzehrs ansetzenden Lebensmittelabfallfaktoren von BERETTA et al. (2013) von Bedeutung. Die Faktoren von BERETTA et al. (2013) stammen aus heutiger Zeit, werden jedoch auch für die Jahre 1995, 1980 und 1965 angewendet. Folglich wird ein gleichbleibender Anteil des vermeidbaren Lebensmittelabfalls an den zur Verfügung stehenden Lebensmitteln über den gesamten Untersuchungszeitraum unterstellt.

Die Lebensmittel werden entweder beim Außer-Haus-Verzehr konsumiert oder gelangen über den Einzelhandel in den Haushalt und werden dort verzehrt. Bei diesen zwei verschiedenen Wegen wenden BERETTA et al. (2013) unterschiedliche Faktoren an. Deswegen muss zuerst abgeschätzt werden, wie sich 2010 in Österreich der Lebensmittelverzehr auf Haushalt und außer Haus aufteilt. Gemäß BERETTA et al. (2013) wird über die monatlichen Ausgaben der privaten Haushalte, die für den Außer-Haus-Verzehr aufgewendet werden, die tatsächlichen Warenkosten der dort konsumierten Lebensmittel ermittelt. Die hierfür notwendigen Daten liefert die Konsumerhebung der Statistik Austria (STATISTIK AUSTRIA 2015). Diese gibt zudem die monatlichen Ausgaben für Lebensmittel, die in die Haushalte gelangen, an. Dadurch kann berechnet werden, dass 2010 in Österreich 12% der Lebensmittel außer Haus und der Rest in den Haushalten verzehrt werden. Ausgehend davon werden für die Jahre 1995, 1980 und 1965 mittels der Angaben zum Außer-Haus-Verzehr und zu den gesamten Ausgaben für Lebensmittel in den entsprechenden Konsumerhebungen (ÖSTAT 1976, ÖSTAT 1997) die Anteile an Nahrungsmitteln geschätzt, die nicht im Haushalt konsumiert werden<sup>4</sup>. Daraus ergibt sich, dass 1995 10%, 1980 9% und 1965 5% der gesamten Lebensmittel außer Haus verzehrt werden.

Nach dieser Aufteilung können die Lebensmittelabfallfaktoren für den Außer-Haus-Verzehr, den Einzelhandel und die Haushalte von BERETTA et al. (2013) angewendet werden, die Tabelle 8 und Tabelle 9 entnommen werden können. Daraus ergibt sich der in diesen Bereichen anfallende Lebensmittelabfall. Es ist noch zu erwähnen, dass nicht für alle in dieser Arbeit miteinbezogenen Lebensmittel Faktoren von BERETTA et al. (2013) vorliegen. Nach einer Einschätzung der Beschaffenheit dieser Lebensmittel sowie ihrer Verwendung

---

<sup>4</sup> 1974 repräsentierte die Stichprobe der Konsumerhebung erstmals die gesamte österreichische Bevölkerung. Davor wurden für das städtische und ländliche Umfeld getrennte Erhebungen durchgeführt (STATISTIK AUSTRIA 2013a). Folglich musste die Konsumerhebung von 1974 für die Abschätzung des Außer-Haus-Verzehrs von 1965 herangezogen werden.

wird für sie ein passend erscheinender Abfallfaktor eines anderen, ähnlichen Lebensmittels angenommen (siehe Tabelle 8 und Tabelle 9). Des Weiteren unterscheiden BERETTA et al. (2013) beim Obst zwischen Äpfeln, anderen frischen Früchten und Beeren sowie bei Gemüse zwischen frischem und lagerfähigem. Da für die Jahre 1965 und 1980 die Ernährungsbilanzen für Obst und Gemüse Daten lediglich in aggregierter Form liefern, kann diese Unterscheidung nicht vorgenommen werden. Infolgedessen wird beim Obst unter Verwendung der Versorgungsbilanzen der Jahre 1995 und 2010 ermittelt, dass sich der österreichische Obstverbrauch zu ungefähr 30% aus Äpfeln, 60% aus anderen frischen Früchten und 10% aus Beeren besteht. Beim Gemüse wird die Annahme getroffen, dass sich der Verbrauch zu 75% frischem und zu 25% lagerfähigem Gemüse zusammensetzt. Nachdem für Obst und Gemüse diese Aufteilung bestimmt worden ist, werden für die Abfallfaktoren von BERETTA et al. (2013) für Äpfel, andere frische Früchte und Beeren sowie für frisches und lagerfähiges Gemüse gewichtete Mittel gebildet. Die Faktoren für Wein und Bier werden mit Angaben von DEFRA (2010) ergänzt. Da beim Fleisch, außer beim Geflügel, bereits die gesamten Knochen herausgerechnet worden sind (siehe 2.3.2.1.9), wird für dieses im Gegensatz zu BERETTA et al. (2013) kein unvermeidbarer Abfall beim Außer-Haus-Verzehr und im Haushalt angenommen. Für Geflügel werden jedoch die Abfallfaktoren von BERETTA et al. (2013) herangezogen.

Zudem wird der ermittelte Lebensmittelabfall in Energieeinheiten umgerechnet, um ihn mit der im Folgenden beschriebenen Berechnung über die Energiezufuhr gemäß den Österreichischen Ernährungsberichten vergleichbar zu machen. Die hierfür verwendeten Brennwerte können dem Anhang in Tabelle 31 entnommen werden.

**Tabelle 8 In Variante 1 verwendete Abfallfaktoren für pflanzliche Produkte (Anteil des Abfalls am jeweiligen Input)**

	Außer-Haus-Verzehr		Einzelhandel		Haushalt		Quelle
	unvermeidbarer Abfall	vermeidbarer Abfall	vermeidbarer Abfall	unvermeidbarer Abfall	vermeidbarer Abfall	vermeidbarer Abfall	
<b>Pflanzliche Produktion</b>							
Weichweizen	0,0%	20,3%	5,1%	0,0%	0,0%	39,0%	BERETTA et al. (2013)
Hartweizen	0,0%	18,5%	0,5%	0,0%	0,0%	32,0%	BERETTA et al. (2013)
Roggen	0,0%	20,3%	5,1%	0,0%	0,0%	39,0%	wie Weichweizen
Gerste	0,0%	18,7%	0,3%	0,0%	0,0%	32,0%	wie Reis
Hafer	0,0%	18,7%	0,3%	0,0%	0,0%	32,0%	wie Reis
Mais	0,0%	18,7%	0,3%	0,0%	0,0%	32,0%	wie Reis
anderes Getreide	0,0%	18,7%	0,3%	0,0%	0,0%	32,0%	wie Reis
Reis	0,0%	18,7%	0,3%	0,0%	0,0%	32,0%	BERETTA et al. (2013)
Kartoffeln	14,5%	16,1%	2,8%	9,0%	9,0%	34,9%	BERETTA et al. (2013)
Sonnenblumenkerne	0,0%	18,7%	0,3%	0,0%	0,0%	32,0%	wie Reis
Sojabohne	0,0%	18,7%	0,3%	0,0%	0,0%	32,0%	wie Reis
sonstige Ölfrüchte	0,0%	18,7%	0,3%	0,0%	0,0%	32,0%	wie Reis
Hülsenfrüchte	0,0%	18,7%	0,3%	0,0%	0,0%	32,0%	wie Reis
Gemüse	14,5%	18,9%	9,6%	9,0%	9,0%	36,3%	nach BERETTA et al. (2013)
Obst	21,8%	13,8%	5,1%	13,5%	13,5%	26,7%	nach BERETTA et al. (2013)
Maisstärke	0,0%	18,7%	0,3%	0,0%	0,0%	32,0%	wie Reis
Kartoffelstärke	0,0%	18,7%	0,3%	0,0%	0,0%	32,0%	wie Reis
Zucker	0,0%	13,3%	3,3%	0,0%	0,0%	12,0%	BERETTA et al. (2013)
Öle	1,8%	16,7%	0,8%	1,1%	1,1%	15,6%	BERETTA et al. (2013)
Saft	0,0%	7,0%	0,8%	0,0%	0,0%	7,0%	nach BERETTA et al. (2013)
Sojamilch	0,0%	5,1%	0,8%	0,0%	0,0%	9,0%	wie Milch/Milchprodukte
Wein	0,0%	7,0%	0,8%	0,0%	0,0%	7,0%	wie Saft, DEFRA (2010)
Bier	0,0%	7,0%	0,8%	0,0%	0,0%	7,0%	wie Saft, DEFRA (2010)

Tabelle 9 In Variante 1 verwendete Abfallfaktoren für tierische Produkte (Anteil des Abfalls am jeweiligen Input)

	Außer-Haus-Verzehr		Einzelhandel		Haushalt		Quelle
	unvermeidbarer Abfall	vermeidbarer Abfall	vermeidbarer Abfall	unvermeidbarer Abfall	vermeidbarer Abfall	vermeidbarer Abfall	
<b>Tierische Produktion</b>							
Schweinefleisch	0,0%	10,3%	1,5%	0,0%	0,0%	16,8%	nach BERETTA et al. (2013)
Rind- und Kalbfleisch	0,0%	9,4%	1,8%	0,0%	0,0%	11,7%	nach BERETTA et al. (2013)
Geflügelfleisch	40,2%	10,1%	1,2%	25,0%	16,5%		BERETTA et al. (2013)
Schaf- und Ziegenfleisch	0,0%	9,4%	1,8%	0,0%	0,0%	11,7%	wie Rind- und Kalbfleisch
Pferdefleisch	0,0%	9,4%	1,8%	0,0%	0,0%	11,7%	wie Rind- und Kalbfleisch
sonstiges Fleisch	0,0%	9,4%	1,8%	0,0%	0,0%	11,7%	wie Rind- und Kalbfleisch
Innereien	0,0%	9,4%	1,8%	0,0%	0,0%	11,7%	wie Rind- und Kalbfleisch
Fisch	13,8%	8,5%	3,6%	8,6%	13,5%		BERETTA et al. (2013)
Eier	29,0%	7,2%	1,4%	18,0%	9,0%		BERETTA et al. (2013)
Butter	0,0%	4,7%	0,3%	0,0%	8,0%		BERETTA et al. (2013)
Milchpulver - entrahmt	0,0%	5,1%	0,8%	0,0%	9,0%		BERETTA et al. (2013)
Milchpulver - nicht entrahmt	0,0%	5,1%	0,8%	0,0%	9,0%		BERETTA et al. (2013)
Obers, Rahm	0,0%	5,1%	0,8%	0,0%	9,0%		BERETTA et al. (2013)
Kondensmilch	0,0%	5,1%	0,8%	0,0%	9,0%		BERETTA et al. (2013)
Käse	4,8%	7,3%	0,8%	3,0%	14,0%		BERETTA et al. (2013)
Konsummilch	0,0%	5,1%	0,8%	0,0%	9,0%		BERETTA et al. (2013)

### 2.3.3.1.2 Lebensmittelabfall gemäß Energiezufuhr (Variante 2)

Der Österreichische Ernährungsbericht erscheint seit 1998 in regelmäßigen Abständen und macht u.a. Angaben zur geschlechts- und altersspezifischen Energiezufuhr. Für die einzelnen Altersgruppen wird die Energieaufnahme des weiblichen und männlichen Geschlechts aus den Ernährungsberichten zusammengetragen (siehe Tabelle 10).

**Tabelle 10 Energiezufuhr nach Alter und Geschlecht in MJ/Kopf/Tag**  
(Quelle: ELMADFA et al. (2003), ELMADFA et al. (2009), ELMADFA et al. (2012))

Alter in Jahren	Energiezufuhr (MJ/Kopf/Tag)	
	weiblich	männlich
bis 6	5,6	5,7
7-9	8,0	8,0
10-12	7,2	8,1
13-14	7,5	8,6
15-17	8,7	11,2
18-24	8,0	10,1
25-50	7,8	9,1
51-64	7,7	9,4
ab 65	7,0	8,0

Die abgebildeten Energiezufuhren stammen von Erhebungen aus dem Zeitraum von 2003 bis 2012. Es wird angenommen, dass die alters- und geschlechtsspezifische Energiezufuhr im Untersuchungszeitraum gleich ist und die Zunahme des Übergewichts auf eine abnehmende körperliche Aktivität zurückzuführen ist (BOUCHARD 2000). Infolgedessen kann für die gesamte österreichische Bevölkerung mit Hilfe der Bevölkerungsstatistik (STATCUBE 2015a) die Gesamtenergiezufuhr in den Jahren 2010, 1995, 1980 und 1965 berechnet werden. Wird diese nun von dem in Energieeinheiten umgewandelten Lebensmittelverbrauchs subtrahiert, nachdem der nach BERETTA et al. (2013) berechnete unvermeidbare Abfall abgezogen worden ist, erhält man für die einzelnen Jahre den vermeidbaren Lebensmittelabfall.

### 2.3.3.2 Lebensmittelverzehr

Zur Ermittlung des im Folgenden tatsächlich angenommenen Lebensmittelverzehrs werden zunächst die Zwischenergebnisse des vermeidbaren Lebensmittelabfalls gemäß Faktoren (siehe 2.3.3.1.1) mit jenen gemäß Energiezufuhr (siehe 2.3.3.1.2) verglichen. Die auf diese beiden Arten berechnete Menge an vermeidbaren Lebensmittelabfall unterscheidet sich deutlich, erwartungsgemäß ist der vermeidbare Lebensmittelabfall gemäß Energiezufuhr höher (siehe Tabelle 11).

**Tabelle 11 Vermeidbarer Lebensmittelabfall gemäß Faktoren und Energiezufuhr sowie deren Differenz und Mittelwert für die Jahre 1965, 1980, 1995 und 2010 in PJ  
(Quelle: eigene Berechnungen)**

	gemäß Faktoren (PJ/a)	gemäß Energiezufuhr (PJ/a)	Differenz (PJ/a)	Mittelwert (PJ/a)
<b>1965</b>	7,9	11,0	3,1	9,4
<b>1980</b>	7,8	12,0	4,2	9,9
<b>1995</b>	8,4	14,6	6,2	11,5
<b>2010</b>	10,0	19,2	9,2	14,6

Unter 4.1.1.4.1 wird genauer auf mögliche Gründe für die unterschiedlichen Ergebnisse eingegangen. Diese führen schlussendlich dazu, dass der Mittelwert aus beiden Berechnungen als vermeidbarer Lebensmittelabfall angenommen wird (siehe Tabelle 11). Die Verteilung des Abfalls auf die einzelnen Lebensmittel wird von BERETTA et al. (2013) übernommen. Die infolgedessen eigens ermittelten Abfallfaktoren für den vermeidbaren Lebensmittelabfall der einzelnen Lebensmittelgruppen in den Jahren 1965, 1980, 1995 und 2010 werden in Tabelle 12 aufgelistet. Durch die Subtraktion des vermeidbaren und unvermeidbaren Lebensmittelabfalls vom Lebensmittelverbrauch wird schlussendlich der Lebensmittelverzehr bestimmt.

**Tabelle 12 Eigens ermittelte Abfallfaktoren der einzelnen Lebensmittelgruppen für den vermeidbaren Abfall in den Jahren 1965, 1980, 1995 und 2010 (Anteil am Input Lebensmittel im Subsystem Lebensmittelzubereitung; keine Angabe: Lebensmittel dient im entsprechenden Jahr nicht dem menschlichen Verzehr)**

	1965	1980	1995	2010
<b>Pflanzliche Produktion</b>				
Weichweizen	49,1%	51,1%	54,6%	57,6%
Hartweizen	-	-	42,4%	44,7%
Roggen	49,1%	51,1%	54,6%	57,6%
Gerste	37,7%	39,5%	42,2%	44,6%
Hafer	37,7%	39,5%	42,2%	44,6%
Mais	37,7%	39,5%	42,2%	44,6%
anderes Getreide	-	-	42,2%	44,6%
Reis	37,7%	39,5%	42,2%	44,6%
Kartoffeln	42,7%	44,4%	47,4%	49,9%
Sonnenblumenkerne	-	-	42,2%	44,6%
Sojabohne	-	-	42,2%	44,6%
sonstige Ölfrüchte	-	-	42,2%	44,6%
Hülsenfrüchte	37,7%	39,5%	42,2%	44,6%
Gemüse	49,3%	51,3%	54,8%	57,7%
Obst	35,4%	36,8%	39,4%	41,5%
Maisstärke	37,7%	39,5%	42,2%	44,6%
Kartoffelstärke	37,7%	39,5%	42,2%	44,6%
Zucker	17,7%	18,8%	20,2%	21,4%
Öle	19,5%	20,8%	22,3%	23,8%
Saft/Most	9,3%	9,9%	10,6%	11,3%
Sojamilch	-	-	12,7%	13,4%
Wein	8,2%	8,7%	9,4%	10,0%
Bier	8,2%	8,7%	9,4%	10,0%
<b>Tierische Produktion</b>				
Schwein	21,1%	22,1%	23,6%	25,0%
Rind und Kalb	15,7%	16,5%	17,7%	18,7%
Geflügel	20,5%	21,4%	22,9%	24,2%
Schaf und Ziege	15,7%	16,5%	17,7%	18,7%
Pferd	15,7%	16,5%	17,7%	18,7%
sonstiges Fleisch	15,7%	16,5%	17,7%	18,7%
Innereien	15,7%	16,5%	17,7%	18,7%
Fisch	19,4%	20,2%	21,6%	22,8%
Eier	12,1%	12,7%	13,6%	14,4%
Butter	9,7%	10,1%	10,8%	11,4%
Milchpulver_entrahmt	-	11,9%	12,7%	13,4%
Milchpulver_nicht entrahmt	11,4%	11,9%	12,7%	13,4%
Obers, Rahm	11,4%	11,9%	12,7%	13,4%
Kondensmilch	11,4%	11,9%	12,7%	13,4%
Käse	17,1%	17,9%	19,1%	20,1%
Konsummilch	11,4%	11,9%	12,7%	13,4%

### 3 Ergebnisse

Im Folgenden wird zunächst das Gesamtergebnis in Form eines Stickstoffflussmodells dargestellt. Daraufhin wird im Detail auf die einzelnen Input- und Outputflüsse der unterschiedlichen Subsysteme eingegangen.

#### 3.1 Gesamtergebnis

Einen Gesamtüberblick über die Stickstoffflüsse von der Landwirtschaft bis zur Lebensmittelzubereitung liefert Abbildung 2. Hier sind sämtliche Stickstoffinputs und –outputs der Subsysteme Landwirtschaft, Inlandsverwertung und Lebensmittelzubereitung in den Jahren 1965, 1980, 1995 und 2010 abgebildet.

Durch diese Gesamtdarstellung werden die unterschiedlichen Dimensionen der Stickstoffflüsse der einzelnen Subsysteme deutlich. Vergleicht man die Stickstoffinputs der verschiedenen Subsysteme miteinander, verzeichnet die Landwirtschaft natürlich die höchsten. 1965 sind die Inputs in die Landwirtschaft um den Faktor 5,1 größer als jene in die Inlandsverwertung, 2010 allerdings nur noch um den Faktor 2,1. Diese Veränderung im Zeitverlauf ist auf eine Erhöhung des Imports und eine Zunahme des Inputs in die Inlandsverwertung von Seiten der Landwirtschaft bei einer gleichzeitigen Abnahme des gesellschaftlichen Inputs in die Landwirtschaft ab 1995 zurückzuführen. Betrachtet man den Input an Stickstoff in das Subsystem Lebensmittelzubereitung ist dieser 1965 um den Faktor 11,0, 1980 um den Faktor 13,1, 1995 um den Faktor 10,9 und 2010 um den Faktor 9,3 geringer als jener in das Subsystem Landwirtschaft. Grund für diese Veränderung liegt zum einen in der Zunahme des Inputs in das Subsystem Lebensmittelzubereitung und zum anderen in dem bereits angedeuteten abnehmenden Input der Gesellschaft in die Landwirtschaft ab 1995.

Bei den Inputs und Outputs der Subsysteme Inlandsverwertung und Lebensmittelzubereitung ist auffällig, dass alle, ausgenommen Fisch und Wild, im Untersuchungszeitraum stetig zunehmen. Die Flüsse des Subsystems Landwirtschaft weisen hingegen eher den Trend einer Zunahme bis 1980 und dann einer Abnahme auf.

An dieser Stelle soll der Input aus der Natur in die Naturkolonie in Form von Deposition und Stickstofffixierung kurz betrachtet werden. Dieser Input verzeichnet im Untersuchungszeitraum eine Abnahme, da GAUBE (2002) Deposition sowie Stickstofffixierung ausgehend von der landwirtschaftlich genutzten Fläche berechnet, die zwischen 1965 und 2010 ebenfalls abnimmt. Im Zeitraum von 1965 bis 1995 geht GAUBE (2002) von einer zunehmenden Deposition pro Hektar aus, zwischen 1995 und 2010 wird diesbezüglich wiederum eine Verringerung angenommen, da die anthropogen bedingten Stickstoffemissionen in diesem Zeitraum zurückgehen (ANDERL et al. 2014).



## 3.2 Detailergebnisse

Nach der Darstellung des Gesamtergebnisses soll nun auf die Ergebnisse im Detail eingegangen werden. Hierzu werden die für die Subsysteme Landwirtschaft, Inlandsverwertung und Lebensmittelzubereitung entsprechenden Inputs und Outputs dargestellt. Zudem findet die Entwicklung des Außenhandels im Untersuchungszeitraum eine separate Betrachtung.

Zur besseren Orientierung im Stickstoffflussmodell (siehe Abbildung 1) bei der Darstellung der Ergebnisse wird am Anfang der folgenden Unterkapitel ein Schaubild gezeigt, das den betrachteten Bereich rot hervorhebt (siehe Abbildung 3, Abbildung 9 und Abbildung 18)

### 3.2.1 Landwirtschaft

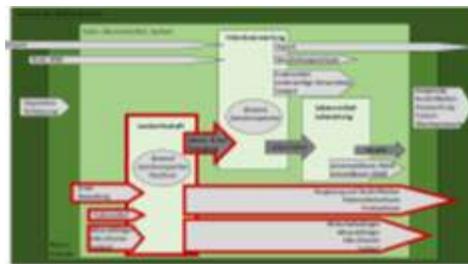


Abbildung 3 Schaubild zum Subsystem Landwirtschaft

Das Subsystem Landwirtschaft wurde bereits von GAUBE (2002) betrachtet, allerdings wurden diesbezüglich einige Änderungen vorgenommen (siehe 2.3.1) sowie teilweise andere Datenquellen verwendet. Dies verändert wiederum die Ergebnisse, die nun genauer betrachtet werden. Die restlichen, gleichgebliebenen Ergebnisse werden lediglich unter den Gesamtergebnissen geführt (siehe 3.1).

#### 3.2.1.1 Input

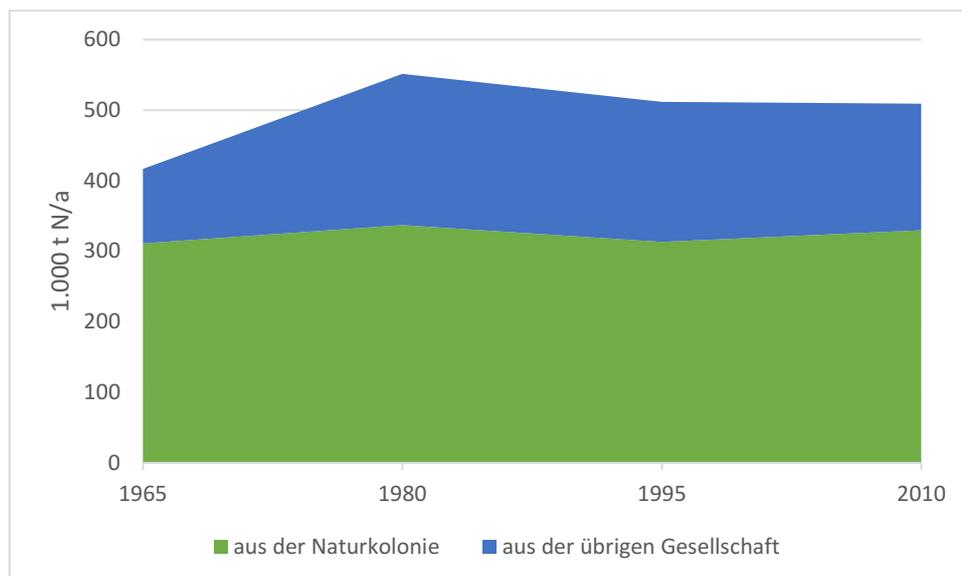
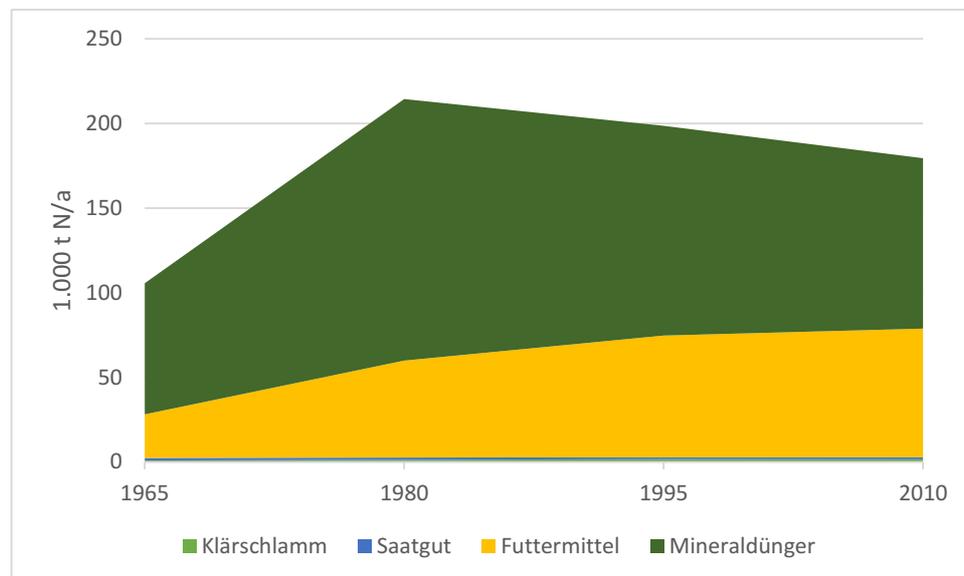


Abbildung 4 Entwicklung des Gesamtinputs in das Subsystem Landwirtschaft

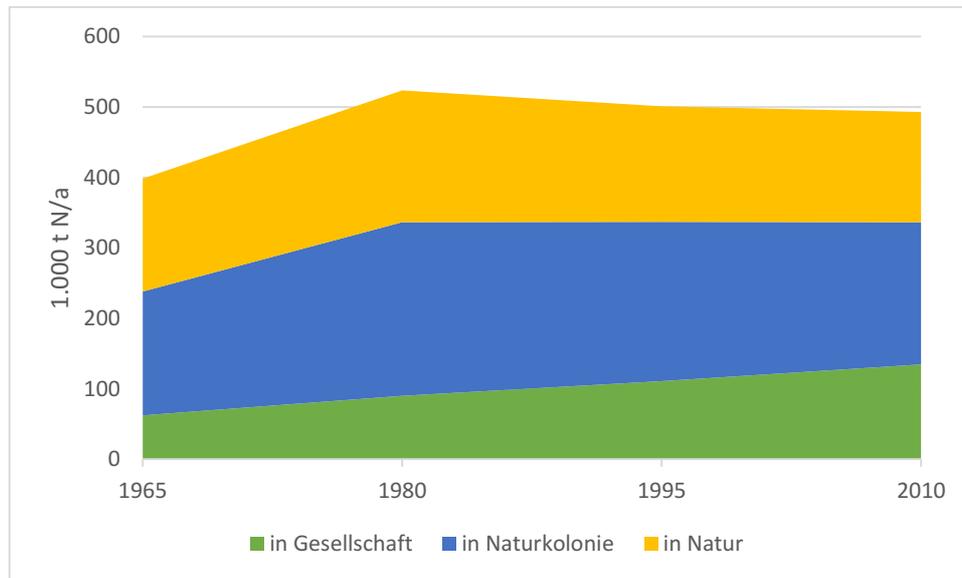
In Abbildung 4 ist zu erkennen, wie sich im Untersuchungszeitraum der Input in das Subsystem Landwirtschaft entwickelt. Dieser steigt von 1965 bis 1980 von 417 auf 552 kt N/a deutlich an, um dann bis 2010 wieder auf 509 kt N/a zurückzugehen.

Der Anteil des Inputs aus der Gesellschaft am Gesamtinput ist 1965 mit 25% am geringsten, nimmt anschließend in den Jahren 1980 und 1995 auf 39% zu und sinkt im Jahr 2010 wieder auf 35%. Bei einer genaueren Betrachtung des Inputs aus der Gesellschaft (siehe Abbildung 5) wird sichtbar, dass der hohe Anteil des gesellschaftlichen Inputs ins Subsystem Landwirtschaft im Jahr 1980 auf den Mineraldünger zurückzuführen ist. Dessen Input nimmt im Jahr 1995 wieder ab, es werden aber vergleichsweise größere Mengen an Futtermitteln aus der Gesellschaft in das Subsystem Landwirtschaft gebracht. Der abnehmende Trend des Inputs an Mineraldünger setzt sich auch im Jahr 2010 fort, wohingegen der Futtermittelininput eine weitere Zunahme erfährt. Die Inputs an Klärschlamm und Saatgut nehmen im Vergleich zu Mineraldünger und Futtermitteln eine untergeordnete Rolle ein.



**Abbildung 5 Entwicklung des Inputs aus der übrigen Gesellschaft in das Subsystem Landwirtschaft**

### 3.2.1.2 Output



**Abbildung 6 Entwicklung des Gesamtoutputs des Subsystems Landwirtschaft**

Abbildung 6 bildet den Output des Subsystems Landwirtschaft in die Gesellschaft, die Naturkolonie und die Natur ab. Der Gesamtoutput beträgt 1965 398 kt N/a, nimmt 1980 auf 523 kt N/a zu und verringert sich bis 2010 wieder bis auf 493 kt N/a. Er liegt somit immer etwas unterhalb des Inputs. Die Differenz zwischen Input und Output ist als statistischer Rest zu verstehen und auf Umwandlungsverluste von pflanzliches in tierisches Eiweiß zurückzuführen.

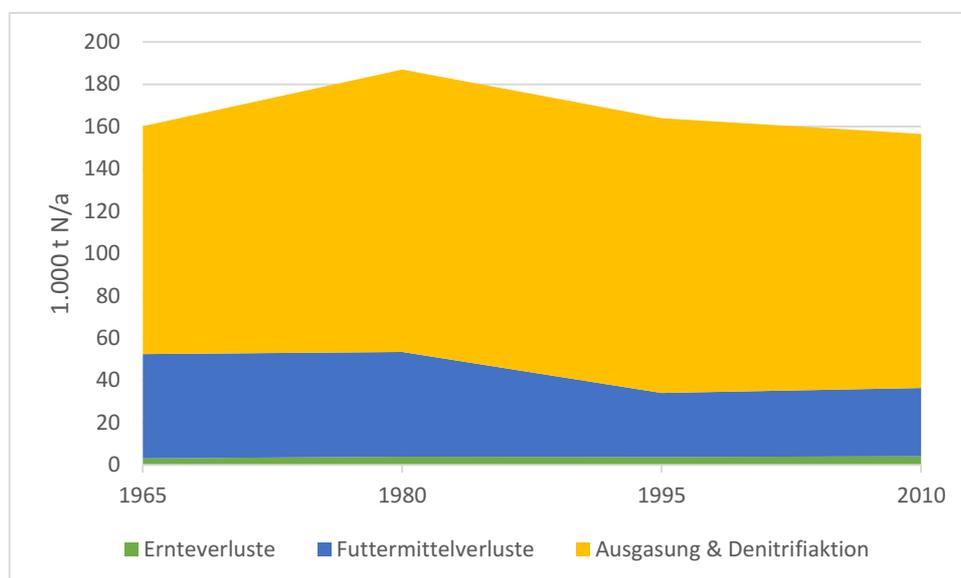
Den größten Anteil am Output des landwirtschaftlichen Subsystems nimmt jener in die Naturkolonie ein, der sich aus Mineral- und Wirtschaftsdünger, Klärschlamm sowie Saatgut zusammensetzt. Mengenmäßig verzeichnet dieser bis 1980 eine Zunahme und in den Folgejahren eine Abnahme. Diese ist zum einen auf den bereits angedeuteten verminderten Einsatz an Mineraldünger zurückzuführen (siehe 3.2.1.1). Zum anderen fließt 2010 ein Teil des Wirtschaftsdüngers nicht mehr auf die landwirtschaftliche Nutzfläche, sondern in Biogasanlagen und wird somit als Input in die Gesellschaft gewertet.

Im Folgenden soll der Stickstoffoutput in die Natur in Form von Ernte- und Futtermittelverlusten sowie Ausgasung und Denitrifikation eine genauere Betrachtung finden (siehe Abbildung 7). Dieser verzeichnet von 1965 bis 1980 eine Zunahme von 160 auf 187 kt N/a und sinkt in den Jahren 1995 und 2010 wieder auf das Niveau von 1965.

Dabei nehmen die Ernteverluste, die im Untersuchungszeitraum zwischen 3 und 4 kt N/a liegen, lediglich eine geringe Rolle ein. Die Futtermittelverluste können als kein gesicherter Wert angesehen werden, da es sich hierbei um einen statistischen Rest aus Futtermittelaufkommen und angenommenen, tatsächlichen Futtermittelverzehr handelt (siehe Tabelle 4). Auffallend ist jedoch, dass der dadurch vermutete, verlorengegangene Stickstoff in den Jahren 1965 und 1980 mit ca. 49 kt N/a um den Faktor 1,5 bis 1,6 größer ist als in den Jahren 1995 und 2010. Dies wird dadurch bedingt, dass der angenommene

Futtermittelverzehr in den Jahren 1965 und 1980 stärker vom Futtermittelaufkommen abweicht als in den späteren zwei Betrachtungsjahren (siehe Tabelle 4).

Die Stickstoffverluste der Landwirtschaft aufgrund von Ausgasung bei Mineral- und Wirtschaftsdünger und von Denitrifikationsprozessen bei Mineral- und Wirtschaftsdünger sowie Klärschlamm bilden den größten Output in die Natur. Von 1965 bis 1980 nehmen diese von 108 auf 134 kt N/a zu, was hauptsächlich auf den vermehrten Einsatz von mineralischem Dünger zurückzuführen ist. Im Jahr 1995 betragen die Stickstoffverluste 130 kt N/a und sinken 2010 weiter auf 120 kt N/a. Die vergleichsweise niedrigen Verluste im Jahr 2010 sind wiederum u.a. dadurch begründet, dass ein gewisser Teil des Wirtschaftsdüngers in die Biogasanlagen und nicht auf die landwirtschaftliche Nutzfläche gelangte. Für diese Menge an Wirtschaftsdünger wurden somit auch keine landwirtschaftlichen Stickstoffverluste aufgrund von Ausgasung und Denitrifikation berechnet.



**Abbildung 7 Entwicklung des landwirtschaftlichen Outputs in die Natur**

Der Output in die Gesellschaft verdoppelt sich im Untersuchungszeitraum gut von 62 auf 135 kt N/a und kann Abbildung 8 entnommen werden. Wie zu erkennen ist, weist der Output der Landwirtschaft in Form von Stickstoff im Gegensatz zu den übrigen landwirtschaftlichen Input- und Outputflüssen nicht den charakteristischen Verlauf einer Zunahme von 1965 bis 1980 und einer darauf folgenden Abnahme auf.

Der landwirtschaftliche Stickstoffoutput in Form von tierischen Produkten setzt sich aus Nutztieren, Milch und Eiern sowie im Jahr 2010 zusätzlich aus Wirtschaftsdünger zusammen. Sein Anteil am Gesamtoutput nimmt im Untersuchungszeitraum von 60% auf 43% ab. Absolut gesehen steigt er von 1965 bis 2010 kontinuierlich von 37 auf 58 kt N/a, wobei im Jahr 2010 2 kt N/a auf Wirtschaftsdünger entfallen.

Der Output an pflanzlichen Produkten steigt in einem noch erheblicheren Ausmaß von 26 auf 77 kt N/a an. Dies wird zum einen dadurch bedingt, dass der Anteil an Futtermitteln und Saatgut, die über den Markt gehen, zunimmt (siehe Anhang Tabelle 20 und Tabelle 21). Zum

anderen dienen im Untersuchungszeitraum pflanzliche, agrarische Rohstoffe immer mehr der industriellen Verarbeitung, was unter 3.2.2.2 noch deutlicher wird. Im Jahr 2010 spielt hier zudem eine Zunahme des Lebensmittelverbrauchs von pflanzlichen Produkten mitein (siehe 3.2.4.1).

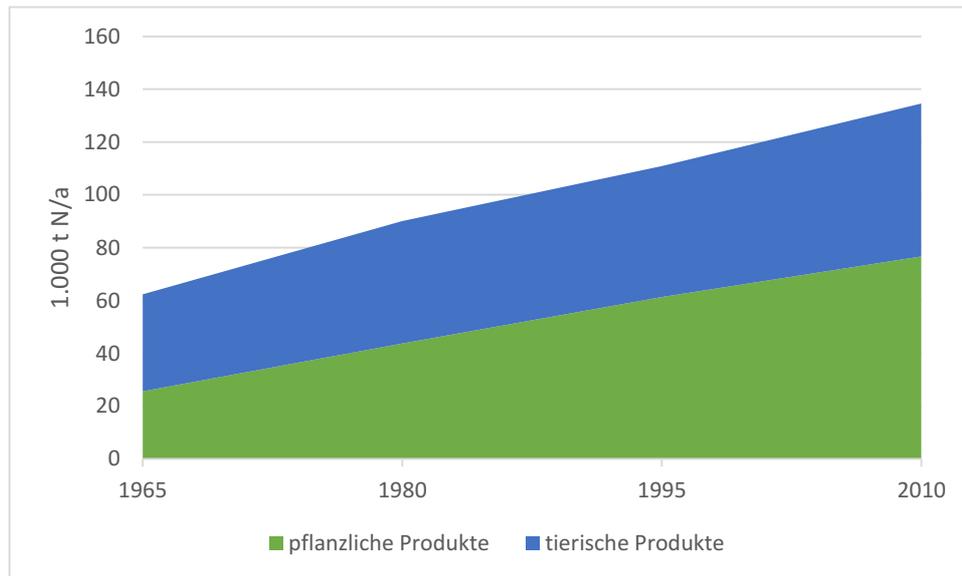


Abbildung 8 Entwicklung des landwirtschaftlichen Outputs in die Gesellschaft

### 3.2.2 Inlandsverwertung

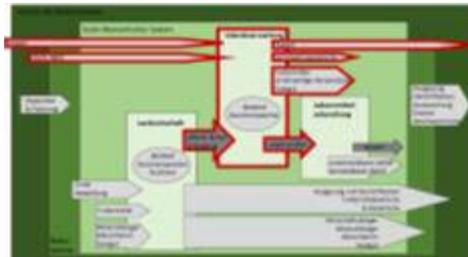
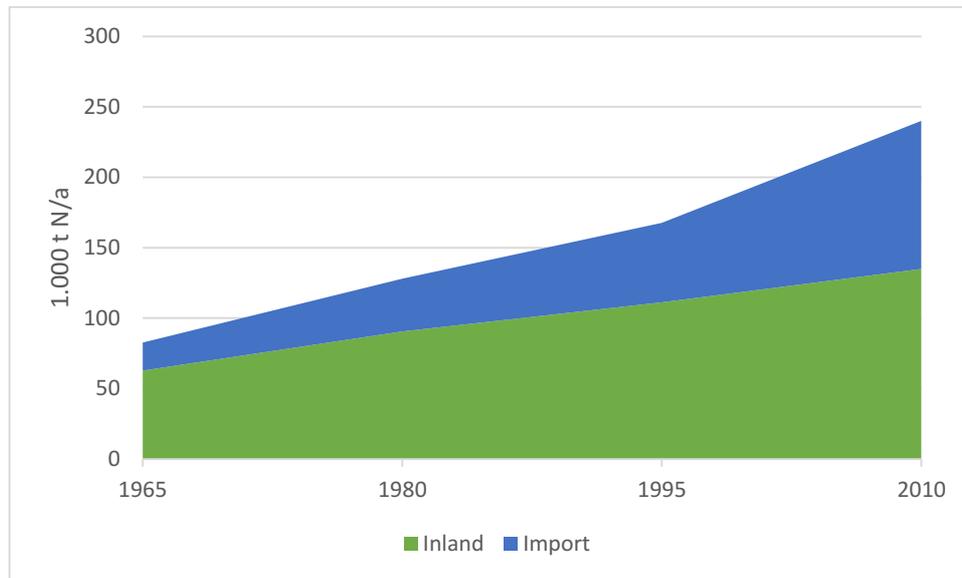


Abbildung 9 Schaubild zum Subsystem Inlandsverwertung

### 3.2.2.1 Input

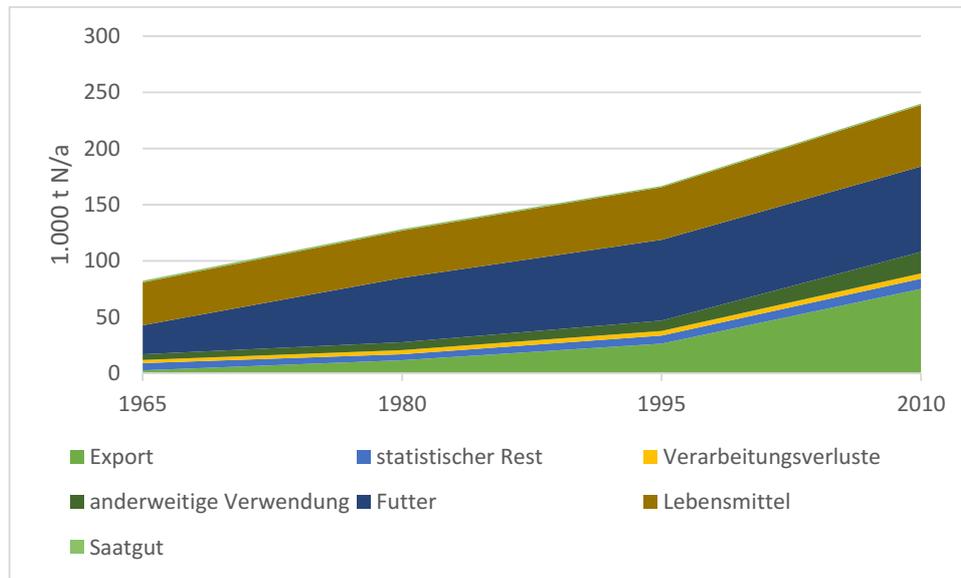


**Abbildung 10 Entwicklung des Gesamtinputs in das Subsystem Inlandsverwertung**

Der Gesamtinput an Stickstoff in das Subsystem Inlandsverwertung im Untersuchungszeitraum wird in Abbildung 10 dargestellt. Dieser setzt sich aus der österreichischen Eigenerzeugung, der wiederum aus der landwirtschaftlichen Produktion sowie Fisch und Wild besteht, und dem Import zusammen. Von 1965 bis 2010 steigt dieser Stickstoffinput von 83 auf 240 kt N/a an, was einer Zunahme um den Faktor 2,9 entspricht. Der zunehmende Input in das Subsystem Inlandsverwertung zwischen 1995 und 2010 wird hauptsächlich durch einen vermehrten Import bedingt. Generell nimmt der Anteil des Imports am Gesamtinput stetig zu, 1965 beträgt er noch 24% und 2010 bereits 44%. Unter 3.2.3 wird noch einmal genauer auf den Außenhandel eingegangen.

Der Stickstoffinput aus dem Inland entspricht fast gänzlich dem Output aus dem Subsystem Landwirtschaft, da der Beitrag von Fisch und Wild vergleichsweise gering ausfällt. Dieser ist um den Faktor 100 bis 1.000 kleiner und bewegt sich im Untersuchungszeitraum lediglich zwischen 353 und 513 t N/a. Beim Stickstoffinput in Form von Fisch ist auffallend, dass dieser aus dem Inland von 1980 bis 2010 stetig abnimmt (von 216 auf 96 t N/a). Sein Import aus dem Ausland verzeichnet hingegen eine kontinuierliche Zunahme, dieser ist 2010 um den Faktor 2,9 höher als 1965.

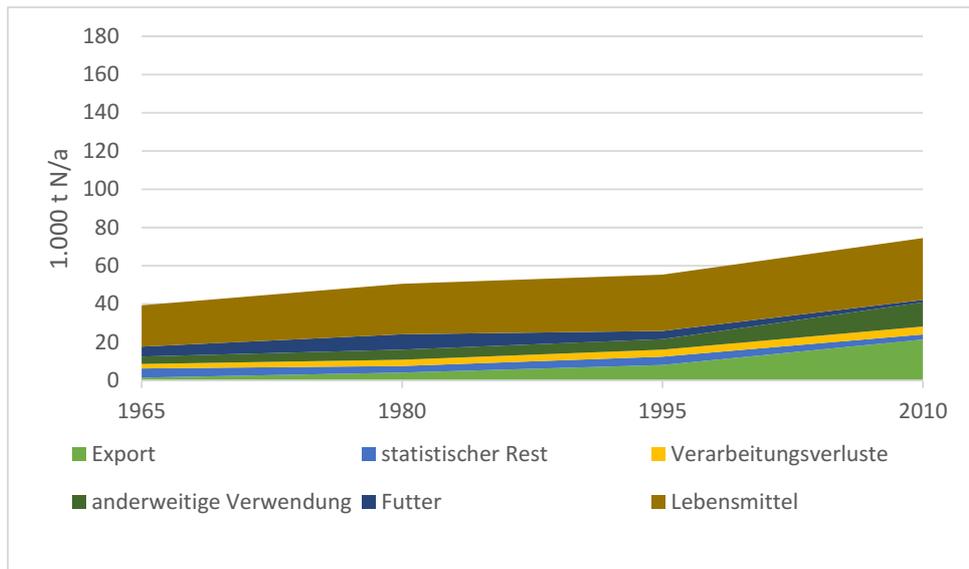
### 3.2.2.2 Output



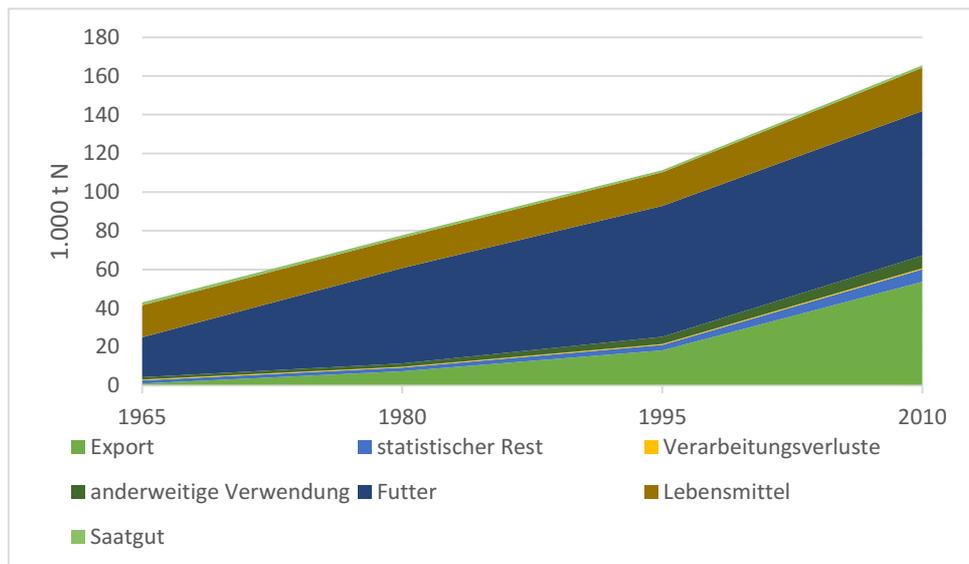
**Abbildung 11 Entwicklung des Gesamtoutputs aus dem Subsystem Inlandsverwertung**

Die Verwendung des im Subsystem Inlandsverwertung zur Verfügung stehenden Stickstoffs im Untersuchungszeitraum wird in Abbildung 11 ersichtlich. Grundlage für dessen Bestimmung war u.a. die Betrachtung der industriellen Verarbeitung agrarischer Rohstoffe und die dabei anfallende Menge an Haupt- und Kuppelprodukten (siehe 2.3.2.1).

Wie beim Input in das Subsystem Inlandsverwertung wird auch beim Output die wachsende Bedeutung des Außenhandels ersichtlich. Der Anteil des Exports am Gesamtoutput im Untersuchungszeitraum steigt von 4% auf 31%. Den größten Anteil am Stickstoffoutput nehmen, abgesehen vom Jahr 1965 – hier fällt der Output in Form von Lebensmitteln höher aus –, die Futtermittel ein. Der Futtermitteloutput bewegt sich 1965 bei 32%, steigt 1980 auf 45% und sinkt in weiterer Folge 1995 auf 43% und 2010 auf 32%. Mengenmäßig verzeichnet der Futtermitteloutput hingegen eine stetige Zunahme von 26 auf 76 kt N/a. Ebenso steigt der Stickstoffoutput in Form von Lebensmitteln von 1965 bis 2010 kontinuierlich von 38 auf 55 kt N/a, wohingegen sein Anteil am Gesamtoutput von 46% auf 23% sinkt. Des Weiteren gewinnt die anderweitige Verwendung im Untersuchungszeitraum an Bedeutung, zwischen 1965 und 1995 steigt sie von 5 auf 9 kt N/a und nimmt 2010 weiter auf 19 kt N/a zu. Am Gesamtoutput nehmen die bei der Lebensmittelverarbeitung anfallenden Verluste mit 3 bis 5 kt N/a nur eine untergeordnete Rolle ein. Da diese ausgehend von der zur Verfügung stehenden Menge an Lebensmitteln berechnet werden, verzeichnen sie wie diese eine Zunahme. Den geringsten Beitrag zum Gesamtoutput an Stickstoff leistet mit ca. 1 kt N/a das Saatgut. Der statistische Rest ergibt sich durch die Verarbeitung agrarischer Rohstoffe und die gewählten Ausbeutefaktoren und Stickstoffgehaltszahlen der Haupt- und Kuppelprodukte. Er bewegt sich im Untersuchungszeitraum zwischen 5 und 9 kt N/a.



**Abbildung 12 Entwicklung des Outputs aus dem Subsystem Inlandverwertung in Form von tierischen Produkten**



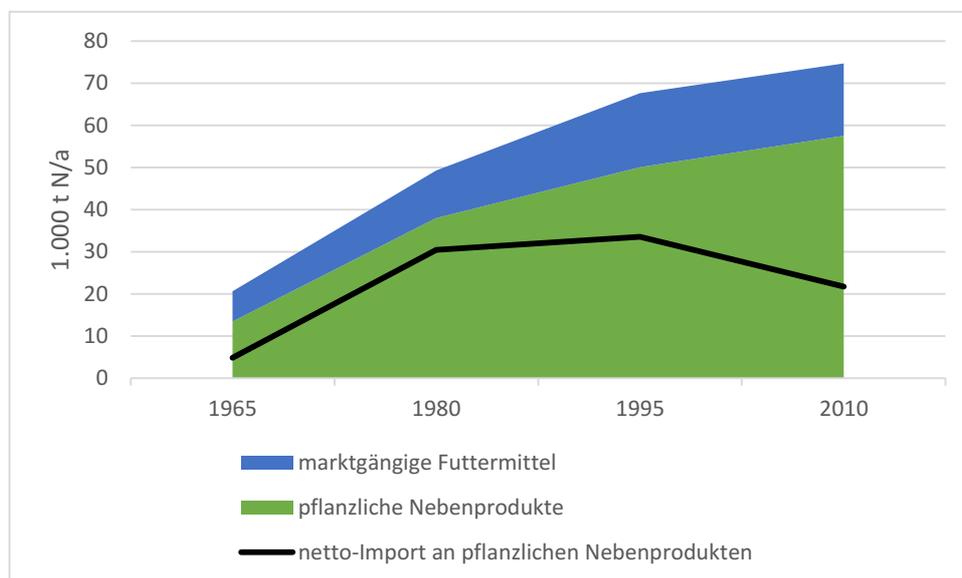
**Abbildung 13 Entwicklung des Outputs aus dem Subsystem Inlandverwertung in Form von pflanzlichen Produkten**

In Abbildung 12 und Abbildung 13 wird beim Stickstoffoutput aus dem Subsystem Inlandsverwertung nach tierischen und pflanzlichen Produkten unterschieden, um deren Beiträge zu den einzelnen Outputs deutlich zu machen.

Der Output an tierischen Produkten in Form von Stickstoff aus dem Subsystem Inlandsverwertung steigt im Untersuchungszeitraum von 39 auf 74 kt N/a. Den Hauptteil daran nehmen die Lebensmittel ein, sie tragen 1965 zu 56%, 1980 zu 51%, 1995 zu 53% und 2010 zu 43% bei. Diese relative Abnahme ist auf den zunehmenden Export zurückzuführen. Der von tierischen Produkten stammende Stickstoff, der als Futtermittel Verwendung findet,

erhöht sich von 1965 auf 1980 von 5 auf 8 kt N/a, in diesem Zeitraum wird vermehrt Molke, Milchpulver und Tiermehl verfüttert. Bis 1995 nimmt die Bedeutung der Verfütterung an Tiermehl und Milchpulver wieder ab und die von tierischen Produkten stammenden Futtermittel sinken auf 4 kt N/a. Bis 2010 findet aufgrund des Tiermehl-Fütterungsverbots eine weitere Abnahme um 75% auf 1 kt N/a statt. Die anderweitige Verwendung der tierischen Produkte hingegen steigt von 1965 bis 1995 von 4 auf 6 kt N/a und macht 2010 einen Sprung auf 13 kt N/a.

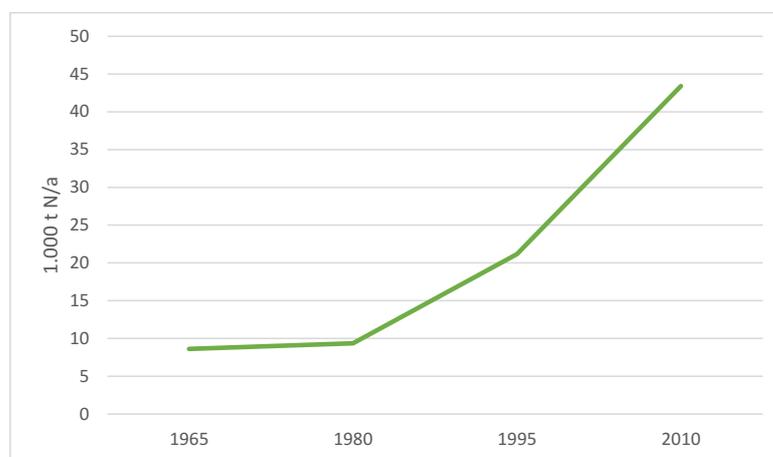
Bei den pflanzlichen Produkten nimmt der Stickstoffoutput aus dem Subsystem Inlandsverwertung von 1965 bis 2010 um den Faktor 3,9 zu und steigt von 43 auf 166 kt N/a. Im Gegensatz zu den tierischen Produkten spielen hier Lebensmittel nicht die zentrale Rolle. Ihr Anteil am Gesamtoutput sinkt im Untersuchungszeitraum von 40% auf 13%. Die anderweitige Verwendung leistet zwar mit 2-4% nur einen geringen Anteil zum Gesamtoutput an pflanzlichen Produkten, mengenmäßig verzeichnet sie von 1965 bis 2010 jedoch einen großen Zuwachs. Sie steigt von 1 auf 7 kt N/a und erfährt folglich eine Zunahme um den Faktor 7,0. Die größte Bedeutung am Output in Form von pflanzlichen Produkten haben die Futtermittel. 1965 werden 49% des Stickstoffs als Futtermittel genutzt, 1980 63%, 1995 61% und 2010 geht der Anteil auf 45% zurück. Dieser prozentuelle Rückgang ist, wie bei den tierischen Produkten, auf den Anstieg des Exports zurückzuführen. Betrachtet man jedoch die absolute Menge an Stickstoff, der als Futtermittel genutzt wird, nimmt dieser von 1965 bis 2010 um den Faktor 3,6 von 21 auf 75 kt N/a zu.



**Abbildung 14 Entwicklung der Zusammensetzung der pflanzlichen Futtermittel aus marktgängigen Futtermitteln und pflanzlichen Nebenprodukten sowie des netto-Imports an pflanzlichen Nebenprodukten**

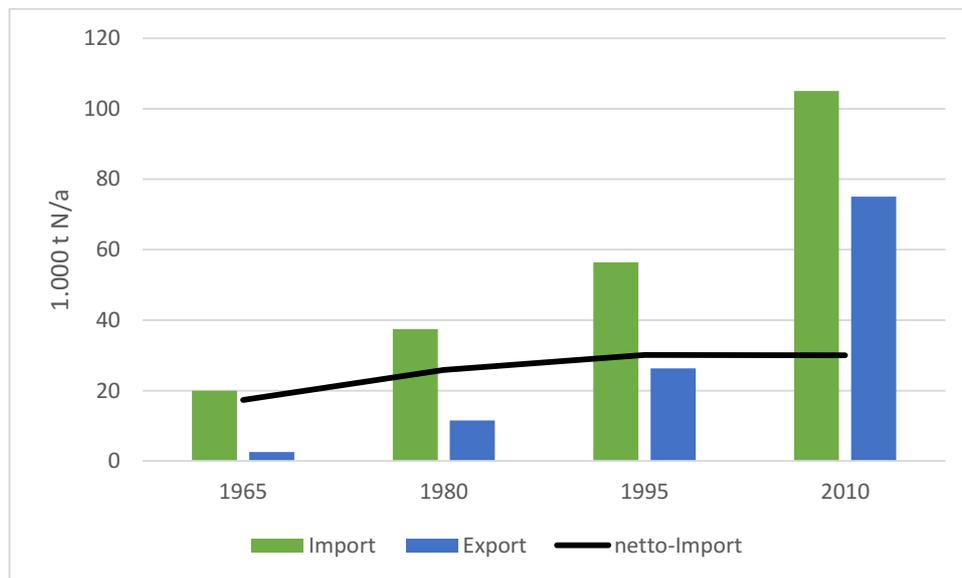
Dabei wächst bei den pflanzlichen Futtermitteln von 1965 bis 2010 die Menge an verfügbaren pflanzlichen Nebenprodukten kontinuierlich an, sie steigt von 13 auf 58 kt N/a (siehe Abbildung 14). Bezüglich dieser eiweißreichen Futtermittel herrscht zwar im gesamten Untersuchungszeitraum eine Importabhängigkeit, es wird jedoch zwischen 1980 und 2010

die österreichische Eigenproduktion an pflanzlichen Nebenprodukten deutlich erhöht. Dies wird durch eine vermehrte industrielle Verarbeitung von agrarischen Rohstoffen bedingt, wobei die dabei anfallenden Kuppelprodukte, sofern sie nicht exportiert werden, hauptsächlich als Futtermittel genutzt werden. Zur Verdeutlichung wird in Abbildung 15 aufgezeigt, wie sich zwischen 1965 und 2010 die Menge an Stickstoff, die in die industrielle Verarbeitung zu Stärke, Ethanol, Zucker, Öl, Saft, Sojamilch, Wein und Bier fließt, verändert. 1965 und 1980 gehen lediglich 9 kt N/a in die Verarbeitung, 1995 bereits 21 kt N/a. Zwischen 1995 und 2010 findet nochmals eine Verdopplung auf 43 kt N/a statt. Da die meisten Hauptprodukte kaum bis keinen Stickstoff aufweisen, findet sich dieser hauptsächlich in den Kuppelprodukten wieder.



**Abbildung 15 Entwicklung der Menge an Stickstoff in Form von pflanzlichen Produkten, die in die industrielle Verarbeitung fließt**

### 3.2.3 Außenhandel

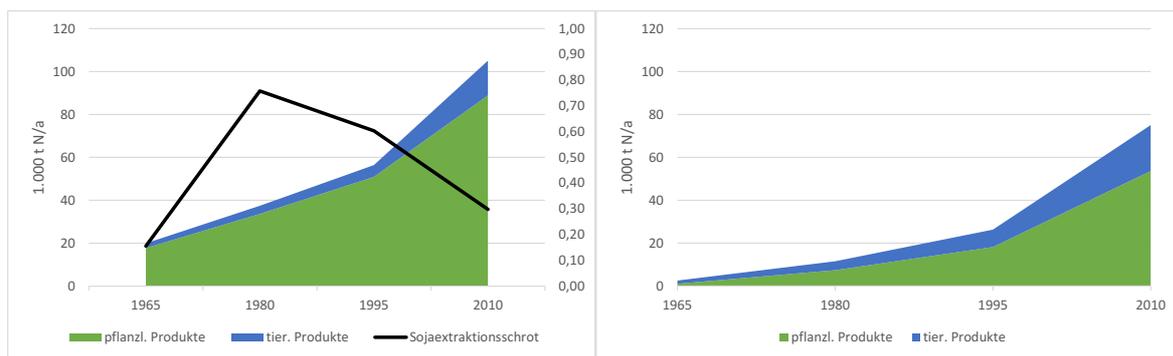


**Abbildung 16 Entwicklung des Imports, Exports und netto-Imports im Subsystem Inlandsverwertung**

Eine Gegenüberstellung von Import und Export des Subsystems Inlandsverwertung sowie die Darstellung des netto-Imports wird in Abbildung 16 gegeben. An dieser Stelle soll noch einmal erwähnt werden, dass der Außenhandel im Zeitverlauf mit Vorsicht betrachtet werden muss. Mit der Umstellung von den Ernährungs- auf die Versorgungsbilanzen im Jahr 1995 ging bei seiner Erfassung eine methodische Änderung einher (siehe 2.2.1). Aufgrund dessen werden im Folgenden hauptsächlich die Jahre 1965 und 1980 sowie 1995 und 2010 miteinander verglichen.

Über dem gesamten Untersuchungszeitraum übertrifft der Stickstoffimport den –export deutlich. Der netto-Import an Stickstoff steigt von 1965 auf 1980 von 17 auf 26 kt N/a und liegt 1995 sowie 2010 bei 30 kt N/a.

Sowohl der Import als auch der Export an Stickstoff in das Subsystem Inlandsverwertung steigen im Untersuchungszeitraum drastisch an. Von 1965 auf 1980 nimmt der Stickstoffimport um den Faktor 1,9 und der Stickstoffexport sogar um den Faktor 4,0 zu. Der Sprung zwischen 1995 und 2010 ist nochmals gravierend, hier erfährt der Stickstoffimport eine Erhöhung um den Faktor 1,9 und der Stickstoffexport um den Faktor 2,9.



**Abbildung 17 links: Entwicklung des Imports in das Subsystem Inlandsverwertung bei gleichzeitiger Betrachtung des Anteils des Imports in Form von Sojaextraktionsschrot; rechts: Entwicklung des Exports aus dem Subsystem Inlandsverwertung**

Abbildung 17 zeigt die Aufteilung auf pflanzliche und tierische Produkte beim Stickstoffimport sowie –export auf. Mengenmäßig übersteigt der Stickstoff der in Form von pflanzlichen Produkten importiert bzw. exportiert wird meist deutlich den in Form von tierischen Produkten. Eine Ausnahme stellt der Export an Stickstoff im Jahr 1965 dar, hier tragen die tierischen Produkte zu 67% bei. Der Anteil des ausgeführten Stickstoffs in Form von tierischen Produkten nimmt 1980 auf 33%, 1995 auf 31% und 2010 auf 28% ab. Beim Import liegt der Anteil der tierischen Produkte in den Jahren 1965, 1980 und 1995 zwischen 9% und 11% und steigt 2010 auf 15%. Zudem soll beim Stickstoffimport an die Bedeutung des Sojaextraktionsschrots, der in Abbildung 17 links dargestellt wird, hingewiesen sein. Dieser nimmt aufgrund seines vergleichsweise hohen Stickstoffgehalts einen bedeutenden Anteil am Gesamtimport an Stickstoff ein. 1965 trägt er 16% zum Gesamtstickstoffimport bei, hält er 1980 bei 76%, sinkt 1980 auf 60% und 2010 weiter auf 30%. Mengenmäßig beträgt der Stickstoffimport in Form von Sojaextraktionsschrot 1965 3 kt N/a, 1980 steigt er auf 28 kt N/a und 1995 weiter auf 34 kt N/a, 2010 geht er wieder auf 31 kt N/a zurück. Folglich verzeichnet der Import an Stickstoff über Sojaextraktionsschrot nur relativ gesehen zum Gesamtimport eine bedeutende Abnahme.

**Tabelle 13 Gegenüberstellung des netto-Imports an Sojaextraktionsschrot und des Futtermittelverzehrs**

	netto-Import an Sojaextraktionsschrot (kt N/a)	Futtermittelverzehr (kt N/a)	Anteil des netto- Imports an Sojaextraktions- schrot am Futtermittelverzehr
1965	3	245	1%
1980	28	281	10%
1995	34	278	12%
2010	29	283	10%

In Tabelle 13 wird der netto-Import an Sojaextraktionsschrot dem Futtermittelverzehr gegenübergestellt. Es ist ersichtlich, dass der netto-Import von Sojaextraktionsschrot am gesamten Futtermittelverzehr 1965 nur 1% ausmacht. 1980 steigt er auf 10% und 1995 weiter auf 12% und sinkt 2010 wieder auf 10%. Vergleicht man den netto-Import von

Sojaextraktionsschrot und den gesamten netto-Import in Form von Stickstoff, wird ersichtlich, dass diese sich in den Jahren 1980, 1995 und 2010 fast entsprechen.

### 3.2.4 Lebensmittelzubereitung

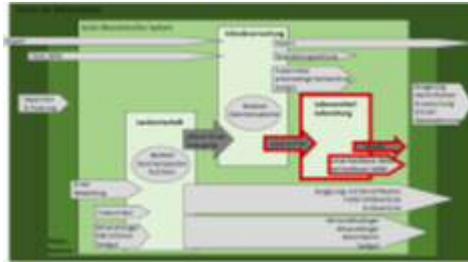


Abbildung 18 Schaubild zum Subsystem Lebensmittelzubereitung

#### 3.2.4.1 Input

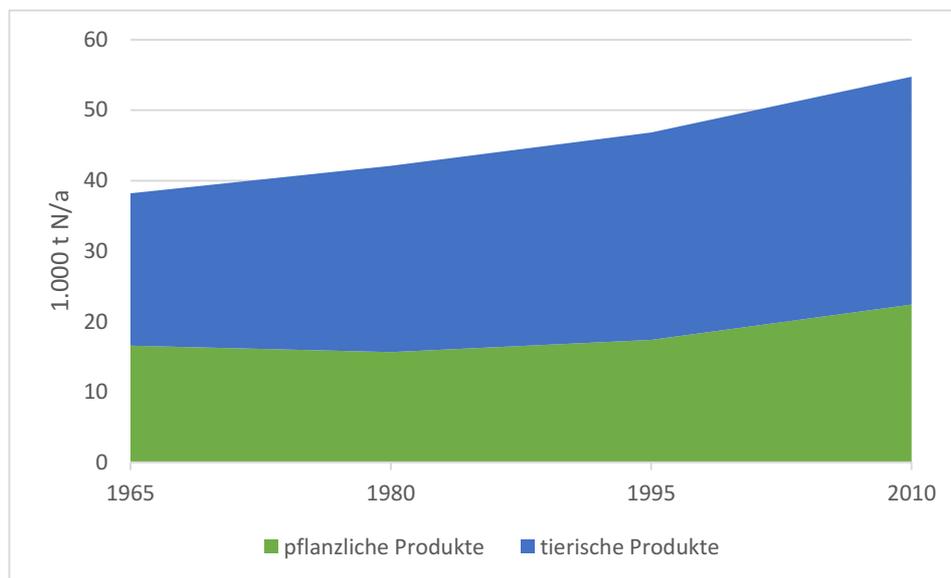
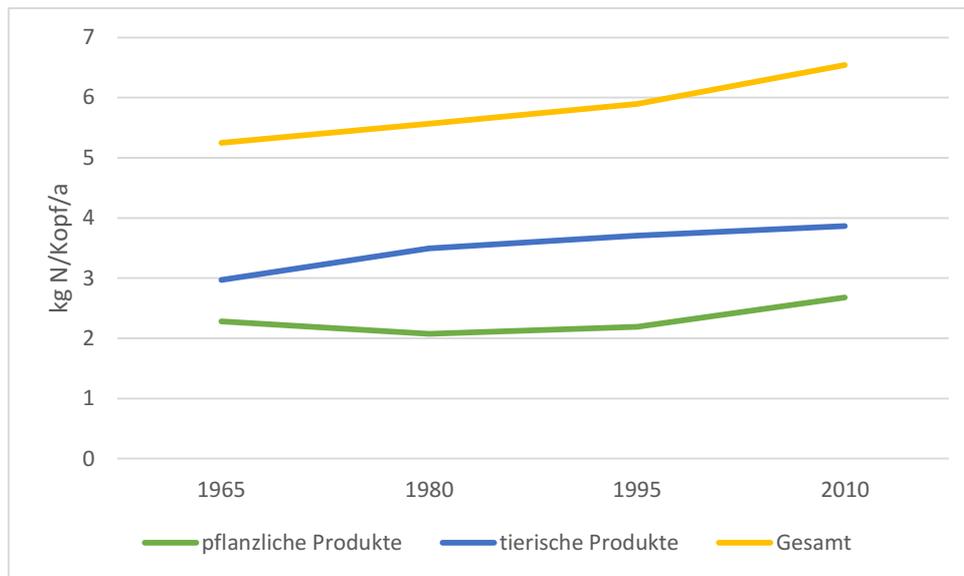


Abbildung 19 Entwicklung des Gesamtinputs in das Subsystem Lebensmittelzubereitung

Der Gesamtinput an das Subsystem Lebensmittelzubereitung nimmt im Untersuchungszeitraum, wie in Abbildung 19 zu erkennen ist, kontinuierlich zu. Er steigt dabei von 38 auf 55 kt N/a, d.h. um den Faktor 1,4.

Den Hauptanteil am Gesamtinput an Stickstoff nehmen dabei stets die tierischen Produkte ein, ihr Beitrag beträgt 1965 58%, nimmt dann 1980 und 1995 auf 62% zu und geht 2010 wieder auf 58% zurück. Absolut betrachtet verzeichnet der Stickstoffinput in Form von tierischen Produkten im Untersuchungszeitraum eine Zunahme um den Faktor 1,5 von 22 auf 32 kt N/a. Den größten Anteil an den tierischen Produkten in Form von Stickstoff hat Fleisch. Er beträgt 1965 50%, nimmt 1980 auf 62% zu und sinkt bis 2010 auf 53%. Der Stickstoffinput in Form von pflanzlichen Produkten beträgt von 1965 bis 1995 zwischen 16 und 17 kt N/a Stickstoff und steigt dann 2010 auf 22 kt N/a. Über den gesamten Untersuchungszeitraum gesehen verzeichnet er einen Zuwachs um den Faktor 1,3.

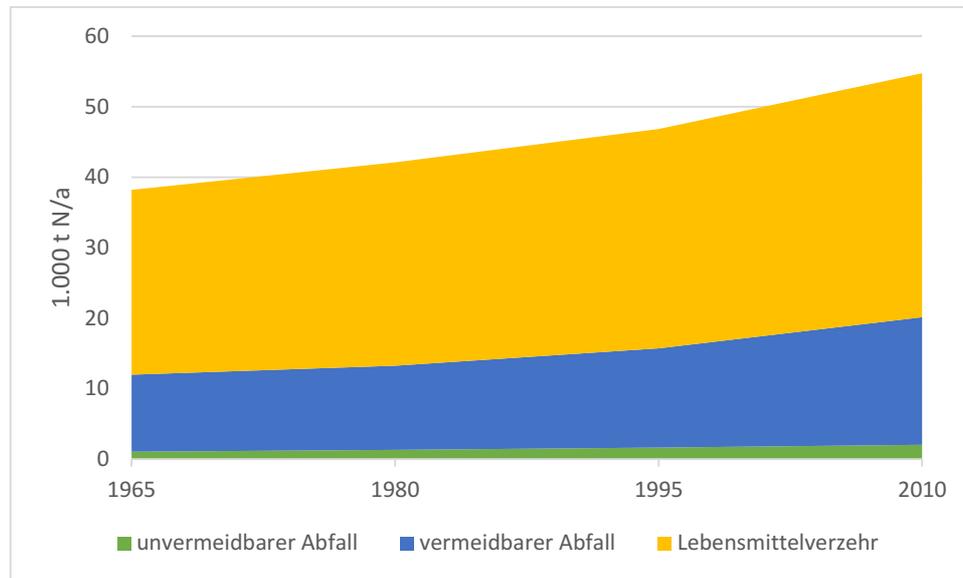


**Abbildung 20 Entwicklung des Lebensmittelverbrauchs pro Kopf**

Um den Einfluss der Bevölkerungszunahme im Untersuchungszeitraum auf den Input aus dem Subsystem Lebensmittelzubereitung zu erfahren, wird dieser in Abbildung 20 pro Kopf abgebildet. Generell bleibt durch diese Betrachtungsweise im Vergleich zur vorherigen der Verlauf der einzelnen Größen gleich, allerdings wird ihre Zunahme etwas relativiert.

Der Gesamtinput pro Kopf steigt im Untersuchungszeitraum um den Faktor 1,2 von 5,3 auf 6,5 kg N/Kopf/a. Betrachtet man die tierischen Produkte separat, wird bei diesen eine Zunahme von 3,0 auf 3,9 kg N/Kopf/a, d.h. um den Faktor 1,3, ersichtlich. Der Stickstoffinput in Form von pflanzlichen Produkten sinkt von 1965 auf 1980 etwas von 2,3 auf 2,1 kg N/Kopf/a und steigt bis 2010 wieder bis auf 2,7 kg N/Kopf/a. Betrachtet man den gesamten Untersuchungszeitraum, findet eine Zunahme um den Faktor 1,2 statt.

### 3.2.4.2 Output



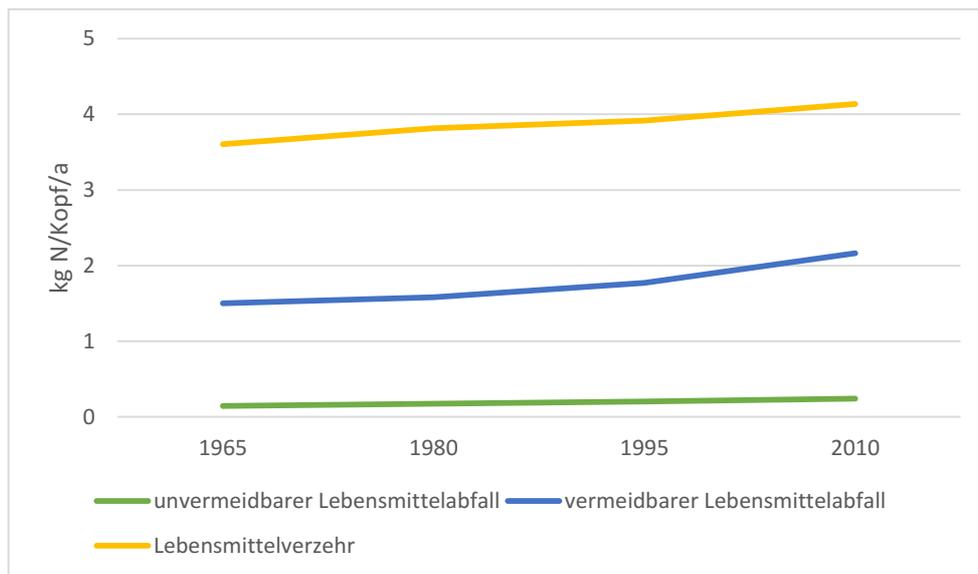
**Abbildung 21 Entwicklung des Gesamtoutputs aus dem Subsystem Lebensmittelzubereitung**

Der in Abbildung 21 aufgezeigte Output aus dem Subsystem Lebensmittelzubereitung setzt sich aus unvermeidbarem und vermeidbarem Abfall sowie dem Lebensmittelverzehr zusammen.

Der Lebensmittelverzehr dominiert den Gesamtoutput, sein Anteil nimmt 1965 und 1980 zwischen 68% und 69% ein, sinkt 1995 auf 66% und 2010 weiter auf 64%. Betrachtet man jedoch seine absolute Menge, die in Form von Stickstoff aus dem Subsystem Lebensmittelzubereitung austritt, verzeichnet man eine Zunahme von 26 auf 35 kt N/a.

Der vermeidbare Abfall stellt die nächstbedeutende Outputgröße dar. Sein Anteil am Gesamtoutput nimmt im Untersuchungszeitraum leicht zu, 1965 und 1980 beträgt er 29%, 1995 30% und 2010 bereits 33%. Mengenmäßig steigt der vermeidbare Abfall um den Faktor 1,6 von 11 auf 18 kt N/a.

Die kleinste Größe bildet der unvermeidbare Abfall, dieser verdoppelt sich jedoch im Zeitraum von 1965 bis 2010 von 1 auf 2 kt N/a. Dies ist dadurch erklärbar, dass er ausgehend von der zur Verfügung stehenden Menge an Lebensmitteln berechnet wird. Da diese eine Zunahme verzeichnet, wirkt sich dies auch auf die Menge an unvermeidbarem Abfall aus.



**Abbildung 22 Entwicklung des unvermeidbaren und vermeidbaren Lebensmittelabfalls sowie des Lebensmittelverzehrs pro Kopf**

Beim Output aus dem Subsystem Lebensmittelzubereitung wird, wie beim Input, ebenfalls betrachtet, inwiefern sich der Bevölkerungszuwachs im Untersuchungszeitraum auf die einzelnen Flüsse auswirkt (siehe Abbildung 22). Infolgedessen findet auch hier eine Relativierung der einzelnen Outputgrößen statt, wobei sie den gleichen Verlauf wie bei der vorherigen Betrachtungsweise erfahren.

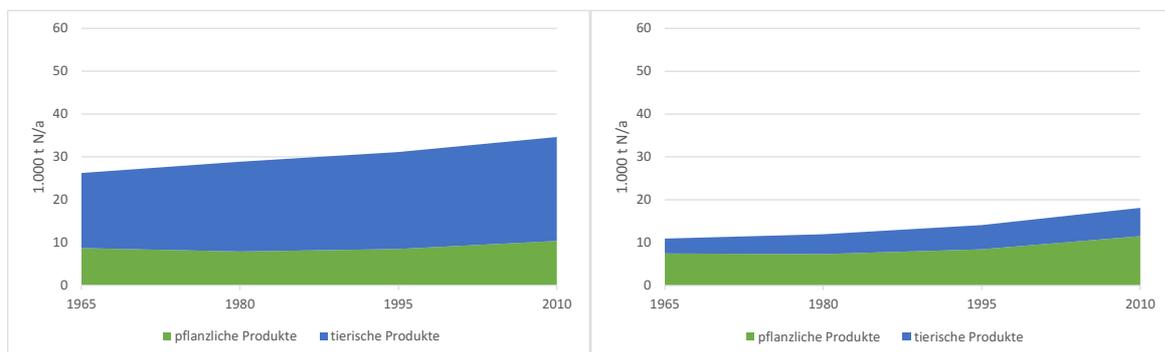
Der Lebensmittelverzehr in Form von Stickstoff nimmt von 1965 bis 2010 von 3,6 auf 4,1 kg N/Kopf/a, d.h. geringfügig um den Faktor 1,1, zu. In Tabelle 14 wird aufgezeigt, wie sich in den einzelnen Jahren der Lebensmittelverzehr in Form von Stickstoff auf pflanzliche und tierische Produkte aufteilt. Eine größere Zunahme von 1,5 auf 2,2 kg N/Kopf/a und somit um den Faktor 1,5 ist des Weiteren beim vermeidbaren Abfall zu verzeichnen. Der unvermeidbare Abfall spielt auch bei der Betrachtung pro Kopf eine untergeordnete Rolle, er erhöht sich aus bereits erwähnten Gründen im Untersuchungszeitraum jedoch um den Faktor 2,0.

**Tabelle 14 Lebensmittelverzehr in Form von pflanzlichen und tierischen Produkten in kg N/Kopf/a**

	kg N/Kopf/a	
	pflanzliche Produkte	tierische Produkte
<b>1965</b>	1,2	2,4
<b>1980</b>	1,0	2,8
<b>1995</b>	1,1	2,9
<b>2010</b>	1,2	2,9

Abbildung 23 zeigt die Outputs Lebensmittelverzehr (links) und vermeidbarer Abfall (rechts) in Form von Stickstoff, unterteilt nach pflanzlichen und tierischen Produkten, an. Vergleicht man den Lebensmittelverzehr mit dem in Abbildung 19 aufgezeigten Gesamtinput in das Subsystem Lebensmittelzubereitung, erkennt man, dass bei beiden der Anteil des Stickstoffs

in Form von tierischen Produkten überwiegt. Beim vermeidbaren Abfall hingegen überwiegt anteils- und mengenmäßig der Stickstoff in Form von pflanzlichen Produkten. Der Grund hierfür sind die Faktoren zum vermeidbaren Lebensmittelabfall, die den Berechnungen zugrunde liegen. Diese fallen für pflanzliche Produkte höher aus als für tierische (siehe Tabelle 12). Für den Lebensmittelverzehr bedeutet dies wiederum, dass der Anteil des Stickstoffs in Form von tierischen Produkten im Vergleich zum Gesamtinput in das Subsystem Lebensmittelzubereitung etwas höher ist. Dieser beträgt 1965 69%, steigt bis 1995 auf 74% und nimmt 2010 wieder auf 69% ab.



**Abbildung 23** Outputs Lebensmittelverzehr (links) und vermeidbarer Abfall (rechts) aus dem Subsystem Lebensmittelzubereitung

## 4 Diskussion

### 4.1 Hauptergebnis

Der Gesamtinput in das **Subsystem Landwirtschaft** sinkt von 1980 bis 2010 von 552 auf 509 kt N/a. Diese Abnahme ist hauptsächlich auf einen sinkenden gesellschaftlichen Input (von 214 auf 179 kt N/a) zurückzuführen. Die Naturentnahme nimmt zwischen 1980 und 1995 zwar ebenfalls ab (von 337 auf 313 kt N/a), steigt aber bis 2010 wieder an (auf 330 kt N/a). Trotz des abnehmenden, landwirtschaftlichen Gesamtinputs, kann in diesem Zeitraum der Output in die Gesellschaft von 90 auf 135 kt N/a erhöht werden. Infolgedessen nehmen die Outputs in die Natur und Naturkolonie ab (von 433 auf 359 kt N/a).

Die aufgezeigten Veränderungen werden durch eine Effizienzsteigerung im Bereich der Landwirtschaft ermöglicht. GAUBE (2002) stellt im Subsystem Landwirtschaft bereits den Input in die Naturkolonie, der zum einen von Seiten der Gesellschaft, wie z.B. durch Düngemittel, und zum anderen durch die Natur aufgrund von Stickstofffixierung und Deposition erfolgt, und dessen Output (Ernte und Abweidung) gegenüber. Dieses Input/Output-Verhältnis sinkt zwischen 1965 und 1980 leicht von 1,6 auf 1,5 und steigt 1995 wieder auf 1,6 (GAUBE 2002). Führt man diesbezüglich eine Erweiterung um das Jahr 2010 durch, wird eine Abnahme dieser Relation auf 1,3 sichtbar. Es ist folglich 2010 ein viel geringerer Stickstoffinput in die Naturkolonie als in den Jahren davor notwendig, um einen gleichen Output an Biomasse zu erzielen.

Nach dieser Darstellung der pflanzlichen Produktion wird nun die tierische näher betrachtet. Errechnet man das Verhältnis zwischen Futtermittelverzehr und Output aus dem landwirtschaftlichen Sektor in Form von tierischen Produkten, wird auch hier eine

Effizienzsteigerung sichtbar. 1965 beträgt dieses 6,7, 1980 fällt es auf 6,1, 1995 auf 5,6 und 2010 weiter auf 5,1.

Von 1965 bis 2010 verursachen die bereits angedeutete Zunahme des landwirtschaftlichen Outputs sowie der kontinuierlich ansteigende Import (von 20 auf 105 kt N/a) einen wachsenden Input in das **Subsystem Inlandsverwertung** von 83 auf 240 kt N/a. Outputseitig sind besonders der daraus resultierende Anstieg des Exports (von 3 auf 75 kt N/a), der anderweitigen Verwendung (von 5 auf 19 kt N/a) und der Futtermittel (von 26 auf 76 kt N/a) augenfällig. Die zunehmende Verfügbarkeit von Futtermitteln in Subsystem Inlandsverwertung ist auf eine steigende industrielle Verarbeitung agrarischer Rohstoffe (von 9 auf 43 kt N/a) zurückzuführen. Bei einer separaten Betrachtung des Außenhandels wird deutlich, dass Österreich während des gesamten Untersuchungszeitraums auf einen netto-Import an Stickstoff angewiesen ist. Wie unter 3.2.3 gezeigt wird, ist in den Jahren 1980, 1995 und 2010 der gesamte netto-Import an Stickstoff fast dem netto-Import in Form von Sojaextraktionsschrot, der wiederum als Eiweißfuttermittel für Nutztiere dient, gleichzusetzen. Folglich kann der österreichische Lebensmittelverbrauch, der durch die österreichische Ernährungsweise und dem verursachten Lebensmittelabfall bedingt wird, nicht durch eine Eigenversorgung gewährleistet werden.

In das **Subsystem Lebensmittelzubereitung** ist von 1965 bis 2010 ebenfalls ein steigender Input zu verzeichnen. Der Lebensmittelinput nimmt sowohl absolut (von 38 auf 55 kt N/a) als auch pro Kopf betrachtet (von 5,3 auf 6,5 kg N/Kopf/a) zu. Dabei erhöht sich in diesem Zeitraum der Stickstoff, der in Form von ressourcenintensiven tierischen Produkten vorliegt. Der Output Lebensmittelverzehr steigt ebenfalls an (von 26 auf 35 kt N/a bzw. von 3,6 auf 4,1 kg N/Kopf/a), dabei dienen, wie beim Input Lebensmittel, hauptsächlich tierische Produkte als Bezugsquelle von Stickstoff. Die Erhöhung des Outputs Lebensmittelverzehr in Form von Stickstoff erfolgt jedoch nicht im gleichen Ausmaß wie der Input Lebensmittel. Dementsprechend verzeichnen die Outputs unvermeidbarer und vermeidbarer Lebensmittelabfall einen stärkeren Anstieg (von 12 auf 20 kt N/a), wobei der unvermeidbare Abfall anteils- und mengenmäßig nur eine untergeordnete Rolle spielt.

#### **4.1.1 Einflussfaktoren auf die Entwicklung der Stickstoffflüsse**

In diesem Unterkapitel wird darauf eingegangen, welche Faktoren die aufgezeigten Entwicklungen der Stickstoffflüsse in den einzelnen Subsystemen sowie im Außenhandel beeinflussen.

##### **4.1.1.1 Landwirtschaft**

Die Effizienzsteigerungen in der pflanzlichen Produktion lassen auf Verbesserungen hinsichtlich des Düngermanagements schließen. Ein solches kann durch eine bessere Anpassung der ausgebrachten Menge an Stickstoffdünger an den Bedarf der Pflanzen gewährleistet werden (CASSMAN et al. 2002). Der Ertrag steigt zwar mit zunehmender Stickstoffdüngung, allerdings nur bis zu einem gewissen Punkt, ab dann ist dieser trotz gesteigerter Stickstoffzufuhr relativ gleichbleibend (ROBERT et al. 2002). Zudem kann die Effizienz durch den Ausbringungszeitpunkt des Stickstoffdüngers beeinflusst werden. Je größer der zeitliche Abstand zwischen der Ausbringung des Stickstoffdüngers und seiner Aufnahme durch die Pflanze ist, desto wahrscheinlicher werden auch Stickstoffverluste

aufgrund von Auswaschung, Denitrifikation oder Ausgasung. Folglich geht bei einer Düngung im Frühjahr weniger Stickstoff verloren als bei einer im Herbst (DINNES et al. 2002). Des Weiteren kann aufgrund technischer Neuerungen, die eine bodennahe Ausbringung des Wirtschaftsdüngers erlauben und somit zu geringeren Ammoniakemissionen führen, die Effizienz erhöht werden (WEBB et al. 2010).

In diesem Zusammenhang müssen zwei politische Maßnahmen genannt werden, zum einen die bereits erwähnte Nitratrichtlinie der EU (siehe 1) und das Österreichische Programm für umweltgerechte Landwirtschaft (ÖPUL). Die Nitratrichtlinie, die in Österreich aktuell durch das Aktionsprogramm Nitrat 2012 umgesetzt wird, macht u.a. Vorgaben zur erlaubten jährlichen ausgebrachten Düngermenge pro Hektar und verbietet die Düngung zwischen Herbst und Frühjahr (BMLFUW 2012a). ÖPUL tritt 1995 in Kraft und erstattet LandwirtInnen Prämien, wenn sie an Agrarumweltmaßnahmen teilnehmen. Diese Maßnahmen beinhalten u.a. die Beschränkung des Düngermitelesinsatzes sowie die bodennahe Wirtschaftsdüngerausbringung (BMLFUW 2015).

Die Erhöhung der Effizienz bei der tierischen Produktion im Untersuchungszeitraum ist zum einen auf die Hochleistungszüchtung von Nutztieren zurückzuführen. Betrachtet man beispielsweise die Entwicklung der Jahresmilchleistung der Milchkühe in dieser Zeit, wird eine deutliche Zunahme ersichtlich. 1965 beträgt diese je Milchkuh 2,9 t Milch pro Jahr, bis 2010 findet mehr als eine Verdopplung auf 6,2 t Milch pro Jahr statt (STATCUBE 2015c). Zum anderen deutet diese Effizienzsteigerung in der tierischen Produktion auf eine Optimierung der Nutztierfütterung, die auf die Tierart und dessen spezifische Leistung angepasst ist, hin. Inwiefern diese Entwicklungen dem Tierwohl entsprechen, kann an dieser Stelle nicht diskutiert werden. Was die Stickstoffflüsse betrifft, steigern sie jedoch die Effizienz.

Außerdem soll in diesem Zusammenhang auch auf den landwirtschaftlichen Output „Futtermittelverluste“ eingegangen werden. Dessen Abnahme in den Jahren 1995 und 2010 im Vergleich zu 1965 und 1980 macht einen geringeren Input in die Landwirtschaft notwendig. Wie bereits erwähnt (siehe 3.2.1.2), handelt es sich zwar hierbei um keinen gesicherten, statistischen Wert. Allerdings ist es wahrscheinlich, dass im Untersuchungszeitraum die Futtermittelverluste in den landwirtschaftlichen Betrieben tatsächlich verringert werden können. Beispielsweise aufgrund von besseren Lagerbedingungen für Futtermittel und effizienteren Fütterungstechniken.

#### **4.1.1.2 Inlandsverwertung**

Seit Mitte der 1970er Jahre herrscht in Österreich eine Überproduktion von Getreide, wohingegen eine Importabhängigkeit bei Öl und Eiweißfuttermitteln besteht. Zu Beginn sind die Getreideexporte noch gewinnbringend, aufgrund einer weltweit vorherrschenden Überkapazität, eines Rückgangs des Weltgetreidehandels sowie des Verfalls des Dollarkurses werden sie aber ab Ende der 1980er Jahre unrentabler (BMLF 1988). Zudem startet die Bundesanstalt für Landtechnik nach der Energiekrise 1973 Grundlagenuntersuchungen zu Kraftstoffen aus tierischen und pflanzlichen Fetten und Ölen. Aufgrund dieser und weiterer Forschungsprojekte können in Österreich die technischen Voraussetzungen geschaffen werden biogene Kraftstoffe und Schmierstoffe zu erzeugen und einzuführen. In diesem Zusammenhang muss die zu Beginn der 1980er Jahren einsetzende staatliche Förderung des Anbaus von Ölfrüchten gesehen werden (ab 1981 von Raps und ab 1987 von Sonnenblumen)

(BMLF 1991). 1991 eröffnet zudem die erste industrielle Biodiesel-Produktionsanlage in Aschach (KRAMMER & PRANKL 2003). Darüber hinaus wird die 1989 in Bruck an der Leitha in Betrieb genommene Ölmühle im Jahr 1992 um eine Großanlage für Biodiesel erweitert (BMLF 1993). Dies erklärt die Erhöhung der industriellen Verarbeitung von Raps und Sonnenblumenkernen zwischen 1980 und 1995, was wiederum eine vermehrte Verfügbarkeit von pflanzlichen Nebenprodukten für Futterzwecke bedingt.

Bis zum Jahr 2010 findet eine weitere Zunahme der industriellen Verarbeitung statt, was einerseits auf eine zunehmende österreichische Biodieselproduktion (BMLF 1996, BMLFUW 2011a) und andererseits auf die Eröffnung der Bioethanolanlage in Pischelsdorf im Jahr 2007 zurückzuführen ist. Bioethanol wird dort hauptsächlich aus Mais und Weizen gewonnen. Die Errichtung der Bioethanolanlage steht in Verbindung mit der Biokraftstoffrichtlinie (2003/30/EG) der EU von 2003. Gemäß dieser soll die Verwendung von Biokraftstoffen und anderen erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor gefördert werden, weswegen den Mitgliedsstaaten für deren Einsatz Richtwerte vorgegeben werden. Diese Richtlinie wird in Österreich durch eine Novelle der Kraftstoffverordnung 1999 (BGBl. II Nr. 417/2004) in nationales Recht umgesetzt<sup>5</sup>. 2010 werden bereits 6,58% der fossilen Treibstoffe durch Biokraftstoffe substituiert und somit wird das Substitutionsziel von 5,75% übertroffen (BMLFUW 2011a). 2010 trägt zur zunehmenden industriellen Verarbeitung agrarischer Rohstoffe darüber hinaus die Steigerung der österreichischen Maisstärkeproduktion bei. Obwohl 2005 das Maisstärkewerk in Hörbranz geschlossen wird (AGRANA 2005), kann dies durch einen kontinuierlichen Ausbau der Maisstärkefabrik in Aschach ab 1996 gewährleistet werden (AIZ 2001).

Folglich findet im Untersuchungszeitraum eine vermehrte Verarbeitung agrarischer Rohstoffe statt, wobei die stickstofflosen bzw. -armen Hauptprodukte Biodiesel- und -ethanol sowie Stärke produziert werden. Die dabei anfallenden, stickstoffreichen Kuppelprodukte werden dann als Futtermittel genutzt

Die auf diese Weise entstehenden Eiweißfuttermittel ersetzen zu einem gewissen Teil das Tiermehl, das seit 2001 aufgrund des EU-Fütterungsverbots nicht mehr an Nutztiere verfüttert werden darf. Dieses Verbot stößt teilweise auf Kritik, weil dadurch in den Augen der KritikerInnen wertvolles Eiweiß verschwendet wird. Es wird argumentiert, dass bei einer ausschließlichen Verfütterung von Tiermehl an Monogastriden für die VerbaucherInnen keine Gefahr ausgehe. Stattdessen werde Tiermehl unter hohem Energieaufwand erzeugt, um dann als Brennstoff in Verbrennungsanlagen zu dienen (BRANSCHIED 2007). Allerdings konnte u.a. aufgrund dieses strikten Verbots der Verfütterung von Tiermehl die BSE-Krise in Griff gebracht werden (DEISCHL et al. 2010). Gemäß den Berechnungen in dieser Arbeit werden als Folge des Fütterungsverbots im Jahr 2010 um die 5 kt N/a nicht als Futtermittel, was 2% des Gesamtfuttermittelverzehrs entspricht, genutzt, sondern fließen in die anderweitige Verwendung.

Neben dem Fütterungsverbot für Tiermehl trägt 2010 das vermehrte Aufkommen von Biogasanlagen zur Verdopplung der anderweitigen Verwertung von Stickstoff im Vergleich zu

---

<sup>5</sup>2009 wird die Biokraftstoffrichtlinie durch die Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energieträger (2009/28/EG) und die Treibstoffqualitätsrichtlinie (2009/30/EG) ersetzt, die ebenfalls Ziele für den Biokraftstoffeinsatz vorgeben. In Österreich wird die Kraftstoffverordnung infolgedessen erneut angepasst (BGBl. II Nr. 168/2009).

1995 bei. Hintergrund hierfür bildet die EU-Richtlinie 2001/77/EG, gemäß welcher die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im EU-Raum gefördert werden soll. Infolgedessen tritt in Österreich 2002 das Ökostromgesetz (BGBl. I Nr. 149/2002) in Kraft (ENERGIE-CONTROL GMBH 2003)<sup>6</sup>. 2010 werden in Österreich 30,8% des Energieverbrauchs durch erneuerbare Energie gedeckt, wobei Biogas mit 1,0% am erneuerbaren Endenergieaufkommen beiträgt (BMLFUW 2012b). Gemäß den Berechnung in dieser Arbeit fließen 2010 4 kt N/a (Wirtschaftsdünger: 2 kt N/a, Mais- und Grassilage: 2 kt N/a) in Biogasanlagen. Im Zeitraum von 2002 und 2013 vervierfacht sich die Anzahl an Biogasanlagen in Österreich (ENERGIE-CONTROL AUSTRIA 2014). Es ist somit anzunehmen, dass sich diese Entwicklung weiter fortsetzt und zukünftig vermehrt Stickstoff in die anderweitige Verwendung gelangt.

Es soll kurz angemerkt werden, dass bei einer materiellen oder energetischen Betrachtung der Flüsse die anderweitige Verwendung in den Jahren 1995 und 2010 eine viel bedeutendere Rolle einnehmen würde. In diesen Fällen würde hier die vermehrte Nutzung von Bioethanol und –diesel zu Tage treten, welche allerdings bei einer Untersuchung auf Basis von Stickstoff nicht sichtbar wird.

#### **4.1.1.3 Außenhandel**

Für den zunehmenden Außenhandel agrarischer Rohstoffe sowie deren Haupt- und Kuppelprodukte kann ab 1995 der EU-Beitritt Österreichs, der den freien Warenverkehr zwischen EU-Mitgliedsländern erlaubt, verantwortlich gemacht werden. Die darauf folgende Etablierung der neuen, österreichischen Handelsbeziehungen dürfte die weitere, drastische Erhöhung der Außenhandelsaktivitäten zwischen 1995 und 2010 erklären.

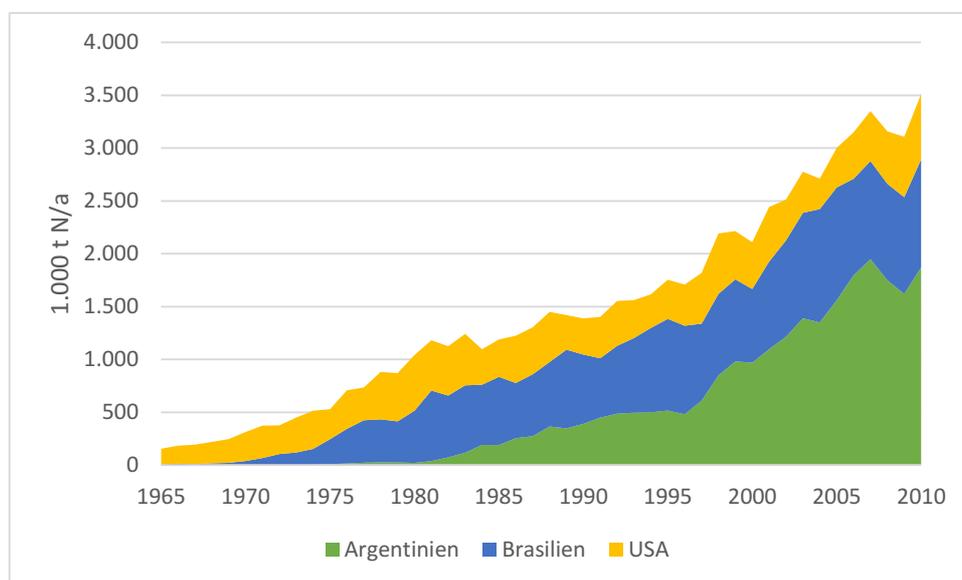
Der Anbau von Körnerleguminosen, die aufgrund ihres hohen Eiweißgehalts hauptsächlich als Eiweißfuttermittel genutzt werden, spielt bis zum Beginn der 80er Jahre in Österreich kaum eine Bedeutung (AUER 2015). Das besondere an Körnerleguminosen ist, dass sie mit Hilfe von symbiotischen Bakterien atmosphärischen Stickstoff fixieren können. Aufgrund der bereits angedeuteten Unrentabilität des Exports der österreichischen Getreideüberschüsse ab Ende der 1980er Jahre (siehe 4.1.1.2), wird neben Raps und Sonnenblumen ab 1988 auch der Anbau der Körnerleguminose Sojabohne gefördert (Förderungen für den Anbau der Körnerleguminosen Ackerbohne und Körnererbsen gibt es bereits ab 1982) (BMLF 1991). Dies stellt auch den Startschuss des Sojaanbaus in Österreich dar. Heute handelt es sich bei der Sojabohne um die einzige Körnerleguminose, die in Österreich in einem relevanten Ausmaß angebaut wird (AUER 2015). Der österreichische Bedarf an Eiweißfuttermitteln kann allerdings dadurch nicht gedeckt werden und somit ist Österreich auf einen netto-Import an Sojaextraktionsschrot angewiesen.

Durch die Gewinnung von Öl aus der Sojabohne wird zum einen ihr hoher Fettanteil genutzt und zum anderen über das dabei anfallende Kuppelprodukt Sojaextraktionsschrot ihr hoher Eiweißgehalt. In Österreich selbst ist dieses Verfahren im großindustriellen Maßstab erst 2011 durch den bereits angedeuteten Umbau der Ölmühle in Güssing möglich (siehe 2.3.2.1.6). Die Hauptexporteure von Sojaextraktionsschrot stellen im

---

<sup>6</sup>2011 wird das Ökostromgesetz (BGBl. I Nr. 149/2002 idF BGBl. I Nr. 104/2009) durch das BGBl. I Nr. 75/2011 abgelöst, was u.a. auf die EU-Richtlinie 2009/28/EG zurückgeht (ENERGIE-CONTROL GMBH 2011).

Untersuchungszeitraum Brasilien, Argentinien und die Vereinigten Staaten dar und die Hauptabnehmerin ist die EU. Österreich selbst bezieht ihn in den Jahren 1995 und 2010 hauptsächlich indirekt über Deutschland, Italien und die Niederlande (FAOSTAT 2015e). In Abbildung 24 ist der netto-Export der Hauptexportländer von Sojaextraktionsschrot in Form von Stickstoff abgebildet. Dieser nimmt im Zeitraum von 1965 bis 2010 kontinuierlich zu. Bis in die 1980er Jahre sind diesbezüglich die USA führend, ab dann werden sie allerdings von Brasilien übertroffen. In Argentinien gewinnt der Sojaextraktionsschrotxport ebenfalls in den 1980er Jahren an Bedeutung und verzeichnet daraufhin eine große Zunahme, v.a. im Zeitraum von 1997 bis 2007. Seit 1998 exportiert Argentinien von diesen drei Ländern den meisten Sojaextraktionsschrot, der Peak ist 2007 mit 1.949 kt N/a.



**Abbildung 24 netto-Export an Stickstoff in Form von Sojaextraktionsschrot der Hauptexporteure Argentinien, Brasilien und USA (Quelle: FAOSTAT (2015e), eigene Berechnungen)**

Es findet folglich ein Stickstofftransfer aus Nord- und Südamerika nach Europa statt. In den Importländern kann dies wiederum die Eutrophierung fördern, da es über den tierischen und menschlichen Verdauungstrakt zu einem Nitrateintrag in Böden und Gewässern kommt. Zudem zieht der Sojaanbau in den Exportländern, v.a. in Südamerika, ökologische Folgen nach sich. Die Umwandlung von Regenwald und Cerrado in Ackerland führen zu Bodendegradation und Biodiversitätsverlust. Darüber hinaus wird immer mehr gentechnisch veränderter Soja angebaut (GRENZ et al. 2007).

Der österreichische Stickstoffimport in Form von Sojaextraktionsschrot ist zwar bezogen auf den Gesamtexport dieser drei Länder gering (1965: 3 kt N/a; 1980: 28 kt N/a; 1995: 34 kt N/a; 2010: 29 kt N/a), trägt aber dennoch zu den Konsequenzen in den Erzeugerländern bei. In diesem Zusammenhang muss auch die Kritik am Fütterungsverbot von Tiermehl gesehen werden, da dieses die Abhängigkeit vom Sojaextraktionsschrotimport erhöht.

An dieser Stelle sei außerdem darauf hingewiesen, dass der Außenhandel von synthetischem Stickstoffdünger in den Berechnungen keine Berücksichtigung fand. Im Mineraldünger liegt

der Stickstoff in Form von unterschiedlichen Salzen vor (z.B. als Ammoniumsulfat oder Calciumnitrat), was die Bestimmung der genauen Menge an enthaltenen Stickstoff erschwert. Bei Betrachtung der Import- und Exportdaten der verschiedenen stickstoffhaltigen mineralischen Düngemittel der FAO wird allerdings deutlich, dass Österreich diesbezüglich im gesamten Untersuchungszeitraum einen netto-Export aufweist (FAOSTAT 2015d). Würde folglich der Außenhandel von synthetischem Stickstoffdünger in die Berechnungen miteinbezogen werden, würde dies den hier gezeigten Trend des netto-Imports an Stickstoff deutlich abschwächen. Der netto-Export an synthetischem Stickstoffdünger kann jedoch nur gewährleistet werden, da Österreich bezüglich Energie einen netto-Import aufweist (KRAUSMANN & HABERL 2002). Das Haber-Bosch-Verfahren geht nämlich, wie bereits unter Punkt 1 erwähnt, nur bei hohen Temperaturen und bei hohem Druck von statten, folglich ist ein hoher Energieeinsatz notwendig (CHERKASOV et al. 2015).

#### **4.1.1.4 Lebensmittelzubereitung**

##### **4.1.1.4.1 methodisch**

Die Zunahme des vermeidbaren Lebensmittelabfalls pro Kopf in Form von Stickstoff um den Faktor 1,5 von 1965 bis 2010 wird stark durch die gewählte Rechenweise bestimmt. Die Bestimmung des vermeidbaren Abfalls erfolgt im Untersuchungszeitraum zum einen mittels Abfallfaktoren von BERETTA et al. (2013). Zum anderen wird er über die in den Österreichischen Ernährungsberichten angegebene alters- und geschlechtsspezifische Energiezufuhr bestimmt. Der durch diese beiden Varianten ermittelte vermeidbare Lebensmittelabfall unterscheidet sich deutlich. Der berechnete vermeidbare Lebensmittelabfall gemäß Faktoren weicht von jenem gemäß Energiezufuhr 1965 um 39%, 1980 um 54%, 1995 um 74% und 2010 um 92% ab. In Tabelle 15 wird aufgezeigt, wie sich für die einzelnen, untersuchten Jahre der Output vermeidbarer Lebensmittelabfall zum Input Lebensmittel in das Subsystem Lebensmittelzubereitung verhält. Dabei wird zwischen den zwei gewählten Berechnungsvarianten sowie dem verwendeten Mittelwert unterschieden. Es ist ersichtlich, dass der Anteil des vermeidbaren Lebensmittelabfalls am Input Lebensmittel gemäß Energiezufuhr im Untersuchungszeitraum kontinuierlich ansteigt, wohingegen der gemäß Faktoren stagniert. Folglich könnte je nach gewählter Rechenweise des vermeidbaren Lebensmittelabfalls sein Anstieg geringer oder stärker ausfallen.

**Tabelle 15 Anteil des vermeidbaren Lebensmittelabfalls am Input Lebensmittel ins Subsystem Lebensmittelzubereitung gemäß Faktoren und Energiezufuhr sowie bei verwendetem Mittelwert**

	<b>1965</b>	<b>1980</b>	<b>1995</b>	<b>2010</b>
<b>gemäß Faktoren</b>	24%	22%	22%	23%
<b>gemäß Energiezufuhr</b>	33%	34%	38%	43%
<b>verwendeter Mittelwert</b>	<b>29%</b>	<b>28%</b>	<b>30%</b>	<b>33%</b>

In Variante 1 wird der vermeidbare Lebensmittelabfall mittels Abfallfaktoren von BERETTA et al. (2013) für den Außer-Haus-Verzehr sowie den Einzelhandel und den Haushalt direkt ermittelt und infolgedessen auf den Lebensmittelverzehr geschlossen. Die Bestimmung der Abfallfaktoren der einzelnen Lebensmittelgruppen beruht bei BERETTA et al. (2013) beim Außer-Haus-Verzehr auf drei Studien, persönliche Mitteilungen und eigene Messungen. Um die Abfallfaktoren im Bereich Einzelhandel ermitteln zu können, erhielten BERETTA et al.

(2013) Daten von zwei Supermarktketten, einem Discounter und fünf Bäckereien. Für die Haushalte wurden bei BERETTA et al. (2013) die Abfallfaktoren von zwei Studien aus dem Vereinigten Königreich übernommen.

Die verwendeten Faktoren, die selbst eine gewisse Unsicherheit aufweisen (BERETTA et al. 2013), wurden zu Beginn des 21. Jahrhunderts für die Schweiz bzw. das Vereinigte Königreich erfasst. In dieser Arbeit werden sie jedoch zum einen auf Österreich und zum anderen in einen anderen zeitlichen Kontext übertragen. Aufgrund der sich ändernden Ausgangsbedingungen im Untersuchungszeitraum (siehe 4.1.1.4.2), ist diese Annahme etwas problematisch (SIBRIÁN et al. 2005). Infolgedessen wird dadurch bei der Bestimmung des Lebensmittelabfalls ein Fehler bedingt, dessen Ausmaß jedoch nicht abschätzbar ist.

Außerdem müssen einige Annahmen getroffen und Vereinheitlichungen gemacht werden, um die Abfallfaktoren von BERETTA et al. (2013) auf die Ernährungs- und Versorgungsbilanzen anwenden zu können (siehe 2.3.3.1.1). Diese erhöhen aber wiederum die Unsicherheit der angenommenen, anfallenden Menge an Lebensmittelabfall.

Der Lebensmittelabfall gemäß Energiezufuhr wird bestimmt, indem vom Lebensmittelverbrauch der unvermeidbare Abfall und der Lebensmittelverzehr subtrahiert werden. Für diese Vorgehensweise spricht, dass es sich beim hierfür herangezogenen Ernährungsbericht um die beste, wenn auch einzige, Quelle über die geschlechts- und altersspezifische Energiezufuhr der österreichischen Bevölkerung handelt. Diese muss allerdings für den gesamten Untersuchungszeitraum als gleich angenommen werden. Dabei stützt sich die Annahme auf eines von drei Szenarien nach BOUCHARD (2000), die die Zunahme von Übergewicht und Adipositas in den letzten Jahrzehnten erklären sollen. Danach ist das vermehrte Auftreten von Übergewicht in der heutigen Gesellschaft im Vergleich zu früheren Generationen auf abnehmende Bewegung bei gleichbleibender Kalorienzufuhr zurückzuführen. Ein anderes Szenario geht von einer vermehrten Aufnahme an Kalorien bei unverändertem Energieverbrauch aus. Das letzte Szenario vermutet eine reduzierte Kalorienzufuhr bei gleichzeitiger, noch stärkerer Abnahme der körperlichen Aktivität. Bouchard schreibt dem erst- und letztgenannten Szenario eine große Bedeutung zu, wohingegen das zweite nur in wenigen Fällen der Grund für Übergewicht sei (BOUCHARD 2000). Eine gesicherte Aussage über die tatsächliche Entwicklung der Kalorienzufuhr der österreichischen Bevölkerung von 1965 bis 2010 ist somit nicht möglich. Da jedoch für die früheren Jahre keine Daten bezüglich des Lebensmittelkonsums vorliegen, muss zwangsweise von einer gleichbleibenden Energiezufuhr im Untersuchungszeitraum ausgegangen werden. Es ist allerdings nicht abschätzbar, welchen Einfluss diese Annahme auf den infolgedessen ermittelten vermeidbaren Lebensmittelabfall hat.

In den Ernährungsberichten selbst wurden bei der Ermittlung der durchschnittlichen Lebensmittelzufuhr in Österreich stets diejenigen ProbandInnen ausgeschlossen, bei denen

ein under- oder overreporting vermutet wurde. Nichtsdestotrotz birgt die Angabe über die Energiezufuhr eine Unsicherheit<sup>7</sup>.

Problematisch bei der Berechnung der Energiezufuhr ist außerdem die Schätzung der Brennwerte. In den Versorgungsbilanzen findet eine große Aggregation von einzelnen Produkten statt. Beispielsweise werden unter „Konsummilch“ Trinkmilch mit unterschiedlichen Fettgehalten, Joghurt, Buttermilch und weitere Milchzubereitungen zusammengefasst. Diese weisen alle unterschiedliche Brennwerte auf und folglich müssen diesbezüglich Mittelwerte verwendet werden. Bei den Verzehrerhebungen der Ernährungsberichte kann hingegen ein sehr produktspezifischerer Brennwert angenommen werden. Die hier verwendete Nährwertdatenbank Bundeslebensmittelschlüssel des Max-Rubner Instituts in Karlsruhe unterscheidet über 10.000 Lebensmittel (MAX RUBNER-INSTITUT 2015). Folglich bringt die Zusammenführung des über die Versorgungsbilanzen erhaltenen Lebensmittelverbrauchs in Energieeinheiten und der über die Ernährungsberichte errechneten Energiezufuhr einen Fehler mit sich.

Die Berechnung des vermeidbaren Lebensmittelabfalls gemäß Energiezufuhr und gemäß Faktoren stellen somit zwei Extremszenarios dar. Variante 1 geht von einem minimalen vermeidbaren Lebensmittelabfall aus, was einen maximalen Lebensmittelverzehr bedingt. Im Gegensatz dazu wird bei Variante 2 ein maximaler vermeidbarer Lebensmittelabfall angenommen und man erhält dadurch einen minimalen Lebensmittelverzehr. Es kann folglich davon ausgegangen werden, dass der tatsächliche vermeidbare Lebensmittelabfall zwischen diesen beiden Varianten liegt. Durch die Verwendung des Mittelwerts kann somit der unumgängliche Fehler bei der Abschätzung des vermeidbaren Lebensmittelabfalls so gering wie möglich gehalten werden.

#### **4.1.1.4.2 sozial und ökonomisch**

Die Plausibilität der Zunahme des Lebensmittelabfalls im Untersuchungszeitraum, die aufgrund der gewählten Methode festgestellt wurde, soll im Folgenden geprüft werden. Dazu werden nun einige Einflussfaktoren auf die Entstehung von Lebensmittelabfall der Entwicklung Österreichs von 1965 bis 2010 gegenübergestellt.

Im Untersuchungszeitraum steigt die Menge an Stickstoff, die in Form von Lebensmitteln pro Kopf zur Verfügung stehen von 5,3 auf 6,5 kg Stickstoff. EVANS et al. (2013) gehen davon aus,

---

<sup>7</sup> Die in den Ernährungsberichten angenommene alters- und geschlechtsspezifische Energiezufuhr wurde bei Kindern prospektiv (3-Tage-Wiegeprotokoll oder 3-Tage-Schätzprotokoll) und ab einem Alter von 15 Jahren retrospektiv (24-Stunden-Erinnerungsprotokoll) erhoben. Diese beiden Vorgehensweisen zur Erhebung der Lebensmittelzufuhr bergen Vor- und Nachteile, die kurz dargestellt werden sollen. Vorteilhaft bei einem retrospektiven Verfahren ist, dass die Lebensmittelzufuhr der Probandin/des Probanden aufgrund der unangekündigten Befragung nicht beeinflusst wird. Allerdings ist man bei dieser Art der Erhebung des Lebensmittelverzehrs auf das Erinnerungsvermögen der Befragten/des Befragten angewiesen. Es kann sein, dass zugeführte Lebensmittel vergessen oder Portionsgrößen falsch eingeschätzt werden. Außerdem können ProbandInnen bewusst falsche Angaben machen, v.a. um eine gesellschaftlich nicht erwünschte zu hohe Energiezufuhr zu verheimlichen. Prospektive Verfahren weisen eine recht hohe Genauigkeit auf, können aber Einfluss auf die Lebensmittelzufuhr nehmen. Zudem ist die Studienteilnahme von Personen, die ein erhöhtes Interesse an Ernährungsthemen haben, wahrscheinlicher. Diese weisen wiederum häufig ein bewussteres Ernährungsverhalten auf (ELMADFA & LEITZMANN 2015).

dass ein Überfluss an – meist billigen – Lebensmitteln einen bedachten Umgang mit ihnen unnötig macht. Infolgedessen kommt es zu einer Zunahme des Lebensmittelabfallaufkommens.

Es gibt zudem Hinweise, dass in Haushalten mit hohem Einkommen mehr Lebensmittelabfälle anfallen als in jenen mit niedrigem (SCHNEIDER & OBERSTEINER 2007,

**Tabelle 16 Anteil der Lebensmittelausgaben an den monatlichen Verbrauchsausgaben der privaten Haushalte von 1974 bis 2010 (Quelle: ÖSTAT (1976), ÖSTAT (1997), STATISTIK AUSTRIA (2015b))**

	Lebensmittel- ausgaben (%)
1974	26,49
1984	23,45
1993/94	21,31
2009/10	18,95

SILVENNOINEN et al. 2014). Betrachtet man die Entwicklung des Realeinkommens in Österreich, so verdreifacht sich dieses von 1958 bis 2010. Die größte Erhöhung ist von 1958 bis 1980 zu verzeichnen, hier findet eine Verdopplung des Realeinkommens statt (WILLERSTORFER 2012). Gleichzeitig sinkt in Österreich gemäß den Konsumerhebungen der Anteil der Ausgaben für Lebensmittel (inkl. alkoholischer Getränke und Außer-Haus-Verzehr) an den gesamten monatlichen Verbrauchsausgaben der privaten Haushalten von 1974 bis 2010 kontinuierlich von 26,49% auf 18,95% (siehe Tabelle 16)<sup>8</sup>. Eine solche Abnahme wird wiederum mit verschwenderischem Verhalten und somit mit einem vermehrten Aufkommen von Lebensmittelabfall in

Verbindung gebracht (PARFITT et al. 2010).

Darüber hinaus gibt es Überlegungen, dass fortschreitende Urbanisierung und der dadurch verloren gegangene Bezug zur landwirtschaftlichen Produktion einen vermehrten Lebensmittelabfall von Seiten der KonsumentInnen bedingt (LUNDQVIST et al. 2008, SCHNEIDER & OBERSTEINER 2007). Absolut betrachtet, nimmt in Österreich die städtische Bevölkerung von 1965 bis 2010 um 20% zu (von 4.736.000 auf 5.667.000 Personen). Setzt man dies allerdings ins Verhältnis zur Gesamtbevölkerung, ist der Anteil der Stadtbevölkerung im Untersuchungszeitraum relativ gleichbleibend (1965: 65%; 2010: 67%) (FAOSTAT 2015a).

LUNDQVIST et al. (2008) gehen außerdem davon aus, dass in Ländern mit hohem Einkommen sowie Urbanisierungsgrad KonsumentInnen gute Qualität von frischen Produkten erwarten und Lebensmittelsicherheit eine höhere Bedeutung zukommt. Meist findet darüber hinaus eine strengere Lebensmittelkennzeichnung statt. Zusammen bedingt dies wiederum ein größeres Aufkommen von Lebensmittelabfällen, v.a. auf Ebene des Einzelhandels (LUNDQVIST et al. 2008).

Einen weiteren Einfluss auf die mengenmäßige Entstehung von Lebensmittelabfall soll die Haushaltsgröße ausüben. Je mehr Personen in einem Haushalt wohnen, umso größere absolute Mengen werden weggeworfen. Betrachtet man allerdings den Lebensmittelabfall pro Kopf, entsteht in Einpersonenhaushalten mehr Lebensmittelabfall als in Haushalten, in denen mehrere Personen leben (VENTOUR 2008). In Österreich verdoppelt sich von 1961 bis

<sup>8</sup> Wie bereits unter 2.3.3.1.1 beschrieben, ist die Konsumerhebung von 1974 die erste, bei der die Stichprobe die gesamte österreichische Bevölkerung repräsentiert. Folglich kann vor 1974 keine Aussage über den Anteil der Ausgaben für Lebensmittel an den Gesamtausgaben getroffen werden.

1998 die Anzahl der Single-Haushalte von 453.000 auf 976.000 (TAZI-PREVE et al. 1999) und steigt bis 2010 weiter auf 1.300.000 (STATCUBE 2015d).

Ein Zusammenspiel der Entwicklung Österreichs von 1965 bis 2010 bezüglich der hier aufgezeigten Faktoren dürfte zu einer Erhöhung des vermeidbaren Abfalls beigetragen haben. Welchen Beitrag die einzelnen Faktoren zum Aufkommen von Lebensmittelabfall tatsächlich leisten, kann allerdings nicht identifiziert werden.

## 4.2 Robustheit der Ergebnisse

### 4.2.1 Vergleich mit der Literatur

Ein Vergleich der hier angeführten Ergebnisse mit der Literatur ist aufgrund unterschiedlich gewählter Systemgrenzen schwierig. Allerdings soll in diesem Unterkapitel versucht werden einzelne Teile sowie Flüsse zu vergleichen.

#### Vergleich mit GAUBE (2002)

Die Überlegungen zum Subsystem Landwirtschaft werden zwar von GAUBE (2002) übernommen, die vorgenommene Erweiterung ihres Modells und die dadurch notwendigen Änderungen erfordern jedoch teilweise eine andere Vorgehensweise. Bei einzelnen Flüssen bedingt dies wiederum andere Ergebnisse, auf diese sowie die Gründe hierfür soll nun kurz eingegangen werden.

Bei der Berechnung des Futtermittelinputs in die Landwirtschaft aus der Gesellschaft werden im Gegensatz zu GAUBE (2002) andere Resultate erhalten (siehe Tabelle 17). In den Jahren 1965 und 1980 wird von relativ gleich großen Futtermittelinputs ausgegangen, wohingegen der eigens angenommene Futtermittelinput im Jahr 1995 um 25 kt N/a höher ist. Dies ist zum einen auf eine andere Berechnung des Futtermittelbedarfs zurückzuführen und zum anderen auf die Einführung des Outputs Futtermittelverluste aus dem Subsystem Landwirtschaft. In der vorliegenden Arbeit wird nämlich die zunehmende Leistung der Nutztiere bei der Berechnung des Futtermittelbedarfs miteinbezogen (siehe 2.3.1.1). GAUBE (2002) macht hingegen keine Angaben, dass deren Veränderung eine Berücksichtigung fand. Es wird vermutet, dass dies den höheren Wert der eigenen Berechnungen im Jahr 1995 im Vergleich zu GAUBE (2002) erklärt. Des Weiteren wird in dieser Arbeit, im Gegensatz zu GAUBE (2002), der Außenhandel miteinbezogen und eine weitreichendere Berechnung der Futtermittel aus pflanzlichen und tierischen Nebenprodukten vorgenommen (siehe 2.3.2.1). Dadurch wird der Input Futtermittel in die Landwirtschaft ebenfalls beeinflusst.

**Tabelle 17 Vergleich des Inputs an Futtermitteln in das Subsystem Landwirtschaft in kt N/a nach GAUBE (2002) mit den eigenen Berechnungen**

	GAUBE (2002) (kt N/a)	eigene Berechnungen (kt N/a)
1965	26	26
1980	54	57
1995	47	72

Zudem werden im Vergleich zu GAUBE (2002) andere Ergebnisse für den Output aus der Landwirtschaft in die Gesellschaft erhalten (siehe Tabelle 18). Bei den tierischen Produkten liegen in den Jahren 1965 bis 1995 die eigens ermittelten Stickstoffoutputs über denen von GAUBE (2002). Grund hierfür ist eine unterschiedliche Datengrundlage und eine andere Vorgehensweise sowie andere Stickstoffgehaltszahlen bei der Bestimmung des in Form von Nutztieren vorliegenden Stickstoffs.

**Tabelle 18 Vergleich des Outputs tierische und pflanzliche Erzeugung aus dem Subsystem Landwirtschaft in kt N/a nach GAUBE (2002) mit den eigenen Berechnungen**

	tierische Erzeugung		pflanzliche Erzeugung	
	GAUBE (2002) (kt N/a)	eigene Berechnungen (kt N/a)	GAUBE (2002) (kt N/a)	eigene Berechnungen (kt N/a)
<b>1965</b>	35	46	116	26
<b>1980</b>	39	50	143	44
<b>1995</b>	39	58	109	61

Der von GAUBE (2002) angenommene Output in Form von pflanzlichen Produkten liegt deutlich über den eigens ermittelten Werten. Teilweise wird dies durch die in dieser Arbeit eingeführten Outputs Ernte- und Futtermittelverluste bedingt, jedoch erklären diese nicht die starke Abweichung der Ergebnisse. Möglicherweise bezieht GAUBE (2002) in diesen Output nichtmarktgängige Futtermittel mitein. In dem folgenden Vergleich mit THALER et al. (2011) wird nämlich bezüglich dieses Outputs eine recht gute Übereinstimmung erzielt.

#### **Vergleich mit THALER et al. (2011)**

Wie bereits erwähnt (siehe 1.1), berechnen THALER et al. (2011) für den Referenzzeitraum 2001 bis 2006 die Stickstoffflüsse von der landwirtschaftlichen Produktion bis zum Lebensmittelverzehr für Österreich. Einzelne Ergebnisse daraus werden den Resultaten der eigenen Berechnungen für die Jahre 1995 und 2010 gegenübergestellt (siehe Tabelle 19). Um die Flüsse vergleichbar zu machen, werden bei den eigenen Ergebnissen bezüglich der pflanzlichen und tierischen Erzeugung (Output der Landwirtschaft in die Inlandsverwertung) Anpassungen vorgenommen. Somit wird für 2010 bei der tierischen Erzeugung der Wirtschaftsdünger, der in die Biogasanlagen fließt, herausgerechnet. Bei der pflanzlichen Erzeugung hingegen werden 1995 und 2010 die marktgängigen Futtermittel sowie das Saatgut, die eigentlich am Hof verbleiben, miteinbezogen.

**Tabelle 19 Vergleich einzelner, eigener Ergebnisse mit jenen von THALER et al. (2011)**

	THALER et al. (2011)	eigene Berechnungen	
	2001-2006 (kg N/Kopf/a)	1995 (kg N/Kopf/a)	2010 (kg N/Kopf/a)
<b>Futtermittelverzehr</b>	27,0	35,0	33,8
<b>Saatgut</b>	0,3	0,4	0,3
<b>pflanzliche Erzeugung</b>	13,0	12,7	13,5
<b>tierische Erzeugung</b>	5,2	6,2	6,7
<b>Import</b>	8,5	7,1	12,6
<b>Export</b>	3,6	3,3	9,0
<b>Verzehr an pflanzlichen Produkten</b>	1,7	1,1	1,2
<b>Verzehr an tierischen Produkten</b>	2,7	2,9	2,9

Sowohl bei THALER et al. (2011) als auch bei den eigenen Berechnungen dienen die Versorgungsbilanzen als Datengrundlage. Dies erklärt die ähnlichen Ergebnisse bei der pflanzlichen Erzeugung und beim Saatgut. Bei der tierischen Erzeugung werden, bei den in dieser Arbeit durchgeführten Berechnungen, etwas höhere Werte erzielt. Dies dürfte auf eine andere Vorgehensweise bei der Ermittlung des Stickstoffgehalts der Nutztiere zurückzuführen sein. Der hier angenommene Futtermittelverzehr ist höher als der von THALER et al. (2011). Diese verwenden für dessen Bestimmung unveröffentlichte Futtermittelbilanzen der Statistik Austria, wohingegen in der vorliegenden Arbeit diesbezüglich eigene Berechnungen durchgeführt werden. Den Import und Export an Stickstoff betreffend, liegen die Resultate von THALER et al. (2011) eher bei den eigens ermittelten Werten für 1995 als für 2010. THALER et al. (2011) vermuten im Vergleich zu dieser Arbeit beim Verzehr von pflanzlichen Produkten in Form von Stickstoff einen höheren Wert, bei den tierischen Produkten jedoch einen geringeren. Grund hierfür ist eine andere Bestimmung des Lebensmittelabfalls. THALER et al. (2011) gehen davon aus, dass nach Abzug des unvermeidbaren Abfalls 15% aller Lebensmittel weggeworfen werden (ZESSNER et al. 2011). Den eigenen Berechnungen zum Lebensmittelabfall liegen die eigens ermittelten Abfallfaktoren zugrunde, die bei pflanzlichen Nahrungsmitteln von einer höheren Abfallrate als bei tierischen ausgehen (siehe Tabelle 12). THALER et al. (2011) ermitteln bei ihrem Subsystem Nahrungsbereitung einen Lebensmittelabfall von 0,6 kg N/Kopf/a. Dieser Wert ist allerdings nicht mit dem in dieser Arbeit ermittelten Werten bezüglich des Lebensmittelabfalls des Subsystems Lebensmittelzubereitung vergleichbar (1995: 2,0 kg N/Kopf/a; 2010: 2,4 kg N/Kopf/a). Hier sind nämlich, im Gegensatz zu THALER et al. (2011), auch die in den Supermärkten anfallenden Abfälle enthalten.

#### **4.2.2 Fehlerabschätzung**

Aus verschiedensten Gründen bergen die durchgeführten Berechnungen einen gewissen Fehler. Allen voran sei erwähnt, dass die verwendeten Stickstoffgehaltszahlen stets mit einer Unsicherheit behaftet sind. In diesem Kapitel wird nun eine Fehlerabschätzung für die Subsysteme Inlandsverwertung und Lebensmittelzubereitung durchgeführt. Die dem Subsystem Landwirtschaft zugrunde liegenden Annahmen werden von DARGE (2002) und GAUBE (2002) übernommen. Da dort diesbezüglich bereits Fehlerabschätzungen vorgenommen wurden und unter 4.2.1 aufgezeigt wurde, inwiefern sich die vorgenommen Änderungen auf die Stickstoffflüsse auswirken, wird hier nicht mehr ausführlich darauf

eingegangen. DARGE (2002) geht bezüglich seiner Angaben zu am Hof verbleibendem und über den Markt gehendem Saatgut, Futtermittel und Stroh sowie zu den Zwischenspeichern von einer Fehlerabweichung von 20-30% aus. Darüber hinaus zeigt GAUBE (2002) einige Beispiele auf, inwiefern sich die gewählte Rechenweise auf einzelne Stickstoffflüsse, wie Wirtschaftsdünger und Auswaschung, auswirkt. Da jedoch die gewählte Methodik während des gesamten Untersuchungszeitraum gleich bleibt, ist davon auszugehen, dass die aufgezeigten Tendenzen der Realität entsprechen (GAUBE 2002).

#### **4.2.2.1 Inlandsverwertung**

Die Grundlage für die Berechnung der Inlandverwertung bilden die Ernährungs- und Versorgungsbilanzen der Statistik Austria, denen eine gute Datenqualität zugeschrieben wird (STATISTIK AUSTRIA 2011). Ein Fehler wird allerdings durch die den Ernährungs- und Versorgungsbilanzen zugrunde liegende Methodik verursacht. Ihre Angaben erfolgen nämlich immer in Frischgewicht bzw. Schlachtgewicht. Findet ein hoher Export von bereits verarbeiteten Produkten statt, wird die ausgeführte Menge an Stickstoff überschätzt. Werden hingegen viele verarbeitete Produkte eingeführt, bedingt dies eine Überschätzung des Imports an Stickstoff. Dies wirkt sich wiederum auf die in Österreich angenommene, zur Verfügung stehende Menge an Stickstoff aus. Wird beispielsweise Weizenmehl exportiert, wird dies in Weizenkornäquivalenten unter Ausfuhr geführt. In Wirklichkeit verbleibt aber möglicherweise die Kleie in Österreich und wird hier als Futtermittel genutzt. Dies kann aber aufgrund der Methodik der Ernährungs- und Versorgungsbilanzen in den Berechnungen nicht erfasst werden.

Des Weiteren bedingt die Umstellung der Ernährungs- auf die Versorgungsbilanzen eine Unsicherheit. Wie bereits erwähnt (siehe 2.2.1), werden ab 1995 im Gegensatz zu den vorherigen Jahren beim Außenhandel Produkte zweiter Verarbeitungsstufe berücksichtigt. Diese Produkte spielen zwar nur zu einem gewissen Anteil in den gesamten Außenhandel mitein. Es ist darüber hinaus anzunehmen, dass ihr Außenhandelsvolumen in den Jahren 1965 und 1980 nicht sonderlich bedeutend gewesen sein dürfte. Dennoch muss der Außenhandel im Untersuchungszeitraum mit einer gewissen Vorsicht betrachtet werden.

Im Bereich der Verarbeitung agrarischer Güter und bei der Verwendung der daraus resultierenden Haupt- und Kuppelprodukte müssen zudem einige Annahmen getroffen werden. Wenn möglich, wird auf Literaturwerte zurückgegriffen (z.B. der Anteil an Malztreber, der in Biogasanlagen fließt). Manchmal, v.a. in den früheren Jahren, liegen diesbezüglich jedoch keine Informationen vor (z.B. bei der Verwendung von Maisstärke) und es müssen eigene Schätzungen gemacht werden. Da es sich aber in diesen Fällen um keine bedeutenden Stickstoffflüsse handelt, wird der dadurch bedingte Fehler als gering eingeschätzt. Des Weiteren wird aufgrund mangelnder Daten eine Vereinfachung mancher Flüsse vorgenommen. Beispielsweise wird die Herstellung von Obstdestillat vernachlässigt und davon ausgegangen, dass Obst lediglich zu Saft verarbeitet wird. Solche Simplifizierungen werden ebenfalls nur bei vergleichsweise kleinen Flüssen an Stickstoff durchgeführt, sodass dadurch nur eine geringe Unsicherheit zu erwarten ist.

Außerdem müssen für die Bestimmung der anfallenden Menge an Haupt- und Kuppelprodukte durch die Verarbeitung agrarischer Rohstoffe Ausbeutefaktoren aus der Literatur herangezogen werden. Ausbeuten können jedoch variieren, da sie von der

Zusammensetzung des Ausgangsprodukts und der angewendeten Technik abhängen. Folglich ist die angenommene Ausbeute an Haupt- und Kuppelprodukten stets mit einer Unsicherheit behaftet. Es werden darüber hinaus über den ganzen Untersuchungszeitraum hinweg gleichbleibende Ausbeutefaktoren verwendet. Allerdings ist zu vermuten, dass von 1965 bis 2010 aufgrund verbesserter Techniken eine Erhöhung mancher Ausbeuten stattfindet. Des Weiteren handelt es sich bei den in den Berechnungen zum Schlachtkörper und Schlachttierabgang vom Nutztier angewendeten Faktoren um Durchschnittswerte, die ebenfalls Unsicherheiten aufweisen.

Die Faktoren für die Berechnung des Outputs „Verarbeitungsverluste“ werden von BERETTA et al. (2013) übernommen und weisen selbst eine Unsicherheit auf. Außerdem kann nicht berücksichtigt werden, inwiefern sich der Anteil der Verarbeitungsverluste bei den einzelnen Lebensmitteln im Untersuchungszeitraum verändert. Möglicherweise findet diesbezüglich eine Effizienzsteigerung statt, was für die früheren Jahre einen Fehler bedingt.

Darüber hinaus bringen die in diesem Bereich notwendigen Annahmen eine Unsicherheit mit sich. Für Weichweizen und Roggen sowie Hartweizen muss angenommen werden, dass diese komplett zu Brot bzw. Pasta verarbeitet werden. Infolgedessen findet eine Überschätzung der Verarbeitungsverluste dieser Produkte statt. Bei Obst, Gemüse und Kartoffeln hingegen wird von keiner gewerblichen Verarbeitung ausgegangen und somit ihre Verluste in diesem Bereich vernachlässigt. Man hätte zwar bezüglich des Anteils an verarbeiteten Produkten Annahmen treffen können, die Abschätzung der Veränderung im Untersuchungszeitraum wäre jedoch schwierig geworden und hätte Fehler bedingt. Folglich wurde entschieden, die Unsicherheit, die sich durch die Unberücksichtigung der Verarbeitung ergibt, hinzunehmen.

#### **4.2.2.2 Lebensmittelzubereitung**

Generell wird eine Unsicherheit bei der Bestimmung des vermeidbaren Lebensmittelabfalls dadurch bedingt, dass die Weiterverarbeitung bereits verarbeiteter Lebensmittel nicht berücksichtigt wird (siehe 2.3.2.2). Durch deren weitere Verarbeitung ändert sich die Masse sowie der Energie- und Stickstoffgehalt. Außerdem können diese Produkte exportiert oder importiert werden, was allerdings in den Versorgungsbilanzen nicht erfasst wird. Infolgedessen kann es zu einer leichten Abweichung zwischen der angenommenen und der tatsächlich zur Verfügung stehenden Menge an Lebensmitteln kommen. Darüber hinaus werden in den Berechnungen aufgrund fehlender Daten die Lebensmittelbestände in den Haushalten vernachlässigt. Es ist zwar anzunehmen, dass Lebensmittel meist nicht länger als ein Jahr in den Haushalten gelagert werden. Dennoch bringt die Unberücksichtigung dieser Lebensmittelbestände einen Fehler mit sich.

### **4.3 Möglichkeiten zur Veränderung der Stickstoffflüsse**

Der Lebensmittelverzehr und der Lebensmittelabfall stehen am Ende der betrachteten Stickstoffflüsse und haben im Vergleich zu anderen Größen keine herausragende Bedeutung. Aufgrund des Inputs, der für ihre Erzeugung notwendig ist, können jedoch durch deren Veränderung vorgelagerte Stickstoffflüsse beeinflusst werden. Im Folgenden soll dies eine genauere Betrachtung finden.

Das derzeitige österreichische Ernährungsverhalten entspricht nicht den Empfehlungen einer bedarfsgerechten Ernährung. Wie bereits erwähnt, berechnen THALER et al. (2011) inwiefern

sich die Stickstoffflüsse in Österreich verändern würden, wenn man sich gemäß den Empfehlungen der DGE ernähren würde (siehe 1.1). Dabei wird von einer Eigenversorgung der österreichischen Bevölkerung mit konventionellen, landwirtschaftlichen Gütern ausgegangen. Im Referenzzeitraum 2001 bis 2006 müssten sich infolgedessen der Fleischverzehr um 60% und der Konsum von Eiern um 20% verringern. Zudem wäre eine Zunahme des Verzehrs von Milch und Milchprodukten um 10% und eine Verdopplung der konsumierten Menge an Fisch notwendig. Bei stärkehaltigen Nahrungsmitteln müsste sich der Konsum um 10%, bei Obst um 50% und bei Gemüse um 60% erhöhen. Des Weiteren müsste die Menge an verzehrten pflanzlichen Ölen um knapp 50% abnehmen (ZESSNER et al. 2011).

Als Folge dieser Veränderungen könnte der Viehbestand reduziert werden und somit auch die benötigte Menge an Futtermitteln. Dadurch stünde zwar weniger Wirtschaftsdünger zur Verfügung, da allerdings weniger Futter gebraucht werden würde, würde sich dennoch der Mineraleinsatz verringern. Insgesamt würde dies wiederum eine verminderte Ausgasung, Denitrifikation, Auswaschung, Erosion und Abschwemmung von Stickstoff bewirken (THALER et al. 2011). Des Weiteren könnte dadurch die Abhängigkeit vom Import an Sojaextraktionsschrot verringert werden.

Ähnliche Auswirkungen könnten durch die Verringerung des Lebensmittelabfalls erreicht werden, da infolgedessen ebenfalls die benötigten Inputs sinken. Es soll nun speziell eine Abnahme des vermeidbaren Lebensmittelabfalls von tierischen Produkten betrachtet werden, da diese das größte Potential bietet. Um 1 t Stickstoff in Form von tierischen Produkten zu erhalten, sind 2010 5,1 t Stickstoff an Futtermitteln notwendig (siehe 4.1). Der durch tierische Produkte verursachte vermeidbare Abfall beträgt im genannten Jahr 7 kt N/a. Vernachlässigt man den Außenhandel tierischer Produkte und nimmt an, dass der vermeidbare Abfall mit 3 kt N/a auf das Niveau von 1965 sinkt, könnten 20 kt N/a an Futtermitteln eingespart werden. Die Verringerung der benötigten Futtermittel fällt im Grunde noch größer aus, da in dieser groben Berechnung der bei der Fleischproduktion anfallende Schlachttierabgang sowie der nicht für die menschliche Ernährung genutzte Teil des Schlachtkörpers keine Berücksichtigung finden.

Wie hier angedeutet werden konnte, könnte durch eine Veränderung des gesellschaftlichen Verhaltens bezüglich der Ernährung und des Umgangs mit Lebensmitteln im Bereich der Landwirtschaft eine weitreichende positive Beeinflussung der Stickstoffflüsse bewirkt werden.

## **5 Conclusio**

Ziel dieser Arbeit war es, die Stickstoffflüsse von der landwirtschaftlichen Produktion bis zum Lebensmittelverzehr für Österreich in den Jahren 1965, 1980, 1995 und 2010 zu quantifizieren. Dadurch sollten die Wechselwirkungen zwischen Landwirtschaft und Lebensmittelkonsum sichtbar werden. Hierzu musste ein Blick auf die Entwicklung der Nutzung landwirtschaftlicher Rohstoffe sowie deren Haupt- und Kuppelprodukte und des vermeidbaren Lebensmittelabfalls geworfen werden. Als Grundlage für die durchgeführten Berechnungen diente ein Stickstoffflussmodell, das sämtliche relevanten Flüsse abbildet. In dem angewendeten Modell wird zwischen den Subsystemen Gesellschaft, Inlandsverwertung und Lebensmittelzubereitung unterschieden.

Die im Untersuchungszeitraum festgestellte Effizienzsteigerung im Bereich der Landwirtschaft ermöglicht trotz ihres sinkenden Gesamtinputs eine Zunahme des Outputs in das Subsystem Inlandsverwertung. In diesem Bereich findet von 1965 bis 2010 eine steigende industrielle Verarbeitung agrarischer Rohstoffe statt, wobei die anfallenden Hauptprodukte eine vermehrte energetische Nutzung erfahren. Die eiweißreichen Kuppelprodukte, die dabei entstehen, werden als Futtermittel genutzt. Außerdem spielt ab dem Bilanzjahr 2010 die Nutzung von Biogasanlagen in Österreich eine Rolle, in die ein Teil des verfügbaren Stickstoffs fließt. Diese Entwicklungen stehen im Zusammenhang mit politischen Maßnahmen, die seit des EU-Beitritts Österreichs im Jahr 1995 auf EU-Richtlinien gründen.

Trotz der vermehrten Verfügbarkeit an eiweißreichen Futtermitteln ist Österreich im gesamten Untersuchungszeitraum auf einen netto-Import an Stickstoff angewiesen. In den Jahren 1980, 1995 und 2010 entspricht dieser dem netto-Import an Sojaextraktionsschrot. Folglich kann der österreichische Lebensmittelverbrauch nicht durch eine Eigenversorgung gewährleistet werden. Dies ist zum einen auf den hohen Anteil an tierischen Produkten in der österreichischen Ernährung zurückzuführen. Zum anderen nimmt das Aufkommen von Lebensmittelabfall zwischen Lebensmittelverbrauch und –verzehr von 1965 bis 2010 gemäß den Berechnungen, die jedoch diesbezüglich eine große Unsicherheit aufweisen, zu. Hierzu dürften im Untersuchungszeitraum Faktoren wie die Erhöhung des Realeinkommens, der abnehmende Anteil der Lebensmittelausgaben an den Gesamtausgaben der privaten Haushalte und die wachsende Zahl der in Städten lebenden Menschen sowie der Single-Haushalte beigetragen haben. Eine Ernährungsweise, die mehr auf pflanzlichem Eiweiß basiert, sowie eine Verringerung des Lebensmittelabfalls könnten die Importabhängigkeit sowie Stickstoffverluste im Bereich der Landwirtschaft aufgrund von Ausgasung, Denitrifikation, Auswaschung, Erosion und Abschwemmung verringern.

## 6 Literatur

- AGRANA (2005): Bericht über die ersten drei Quartale – Q3\_2004/05, Wien, Download unter [http://www.wienerbourse.at/berichte/1/8309\\_3q\\_20042005.pdf](http://www.wienerbourse.at/berichte/1/8309_3q_20042005.pdf).
- AGROSCOPE (2015): Schweizerische Futtermitteldatenbank, Download unter <http://www.feedalp.admin.ch/index.php>.
- AIZ (2001): AGRANA steigert Maisstärkeproduktion in Aschach, Download unter [http://www.ots.at/presseaussendung/OTS\\_20010821\\_OTS0128/agrana-steigert-maisstaerkeproduktion-in-aschach](http://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20010821_OTS0128/agrana-steigert-maisstaerkeproduktion-in-aschach).
- AMA (2015a): Getreidebilanz Österreich ab 1999, Download unter [http://www.ama.at/Portal.Node/public?genetics.rm=PCP&genetics.pm=gti\\_full&p.contentid=10008.172370&160\\_Getreidebilanz\\_Oesterreich\\_ab\\_1999\\_\\_endgueltige\\_gekuerzt.pdf](http://www.ama.at/Portal.Node/public?genetics.rm=PCP&genetics.pm=gti_full&p.contentid=10008.172370&160_Getreidebilanz_Oesterreich_ab_1999__endgueltige_gekuerzt.pdf).
- AMA (2015b): Lebend- und Schlachtgewichte, Schlachtausbeute, Schlachtungen sowie Fleischanfall, Download unter [https://www.ama.at/getattachment/c9170514-b892-46ff-9e27-f2fd74e0d9b9/220\\_schlachtgew\\_2003-2014.pdf](https://www.ama.at/getattachment/c9170514-b892-46ff-9e27-f2fd74e0d9b9/220_schlachtgew_2003-2014.pdf).
- ANDERL, M., JOBSTMANN, H., KÖTHER, T., LAMPERT, C., MOOSMANN, L., PAZDERNIK, K., PRINTERITS, M., POUPA, S., STRANNER, G., ZECHMEISTER, A. (2014): Austria's annual air emission inventory 1990-2012, Umweltbundesamt, Wien.
- AUER, O. (2015): Land der Bohne? – Über das soziale System und die kulturellen Praktiken hinter der österreichischen Körnerleguminosenproduktion. Masterarbeit, Alpen-Adria-Universität Klagenfurt, Wien.
- BAUER, B., HRIBERNIG, K., ROGL, A., SANDBERG, S., SCHRÖCK, T., WALTER, E. (2001): Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Österreich – Marktanalyse und Handlungsmaßnahmen, Bundesministerium für Verkehr Innovation und Technologie, Wien.
- BERETTA, C., STOESEL, F., BAIER, U., HELLWEG, S. (2013): Quantifying food losses and the potential for reduction in Switzerland. *Waste management* 33, (3), 764–773.
- BIESALSKI, H.-K., GRIMM, P. (2007): Taschenatlas der Ernährung, Thieme, Stuttgart. 4. Aufl.
- BMLF (1988): Grüner Bericht 1987 – Bericht über die Situation der österreichischen Landwirtschaft, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- BMLF (1991): Grüner Bericht – Bericht über die Lage der österreichischen Landwirtschaft 1990, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- BMLF (1993): Grüner Bericht – Bericht über die Lage der österreichischen Landwirtschaft 1992, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- BMLF (1996): Grüner Bericht 1995 – Bericht über die Lage der österreichischen Landwirtschaft, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- BMLFUW (2008): Grüner Bericht 2008 – Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft, Bundesministerium für Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW (2009): Grüner Bericht 2009 – Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft, Bundesministerium für Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW (2010): Grüner Bericht 2010 – Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft, Bundesministerium für Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW (2011a): Biokraftstoffe im Verkehrssektor, Bundesministerium für Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW (2011b): Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW (2011c): Grüner Bericht 2011 – Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft, Bundesministerium für Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

- BMLFUW (2012a): Aktionsprogramm Nitrat 2012, Download unter [http://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasser-oesterreich/wasserrecht\\_national/recht\\_gewaesserschutz/APNitrat2012.html](http://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasser-oesterreich/wasserrecht_national/recht_gewaesserschutz/APNitrat2012.html).
- BMLFUW (2012b): Grüner Bericht 2012 – Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft, Bundesministerium für Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW (2013): Grüner Bericht 2013 – Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft, Bundesministerium für Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW (2014): Grüner Bericht 2014 – Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW (2015): Sonderrichtlinie ÖPUL 2015, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasser, Wien.
- BOBBINK, R., HORNING, M., ROELOFS, J. (1998): The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation. *Journal of Ecology* 86, 717–738.
- BOUCHARD, C. (2000): Introduction. In: BOUCHARD, C., Hrsg., *Physical activity and obesity, Human Kinetics, Champaign*, 3–20.
- BRANSCHIED, W. (2007): Tierische Nebenprodukte. In: BRANSCHIED, W. et al., Hrsg., *Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Band 1, Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main*, 513–548.
- CASSMAN, K., DOBERMANN, A., WALTERS, D. (2002): Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. *Ambio* 31, (2), 132–140.
- CHERKASOV, N., IBHADON, A., FITZPATRICK, P. (2015): A review of the existing and alternative methods for greener nitrogen fixation. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification* 90, 24–33.
- D-A-CH (2000): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, Umschau/Braus, Frankfurt am Main. 1. Aufl.
- DARGE, E. (2002): Energieflüsse im österreichischen Landwirtschaftssektor 1950 - 1995 – Eine humanökologische Untersuchung, IFF Social Ecology, Wien.
- DEFRA (2010): Household food and drink waste linked to food and drink purchases, Department for Environment, Food and Rural Affairs, York.
- DEISCHL, K., HABEREDER, P., HAUTMANN, W., HELLWIG, M., LUDWIG, M., MITSCHKE, C., NOTTENKÄMPER-GERTH, D., SCHICK, M., SING, A., WILDNER, M., ZAPF, A. (2010): Schutz vor BSE: Anstrengungen, Maßnahmen, Erfolge und Kosten. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 53, (6), 589–596.
- DIAZ, R., ROSENBERG, R. (2008): Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems. *Science* 321, (5891), 926–929.
- DINNES, D., KARLEN, D., JAYNES, D., KASPAR, T., HATFIELD, J., COLVIN, T., CAMBARDELLA, C. (2002): Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile-drained midwestern soils. *Agronomy Journal* 94, (1), 153–171.
- DLG (1991): DLG-Futterwerttabellen - Schweine, DLG-Verlag, Frankfurt am Main. 6. Aufl.
- DLG (1997): DLG-Futterwerttabellen - Wiederkäuer, DLG-Verlag, Frankfurt am Main. 7. Aufl.
- DÖCKER, U., PAYER, H., RÜTZLER, H., SIEDER, R., KLOIMÜLLER, I., LANDSTEINER, G., MAYER, M., NOHEL, C., REITER, W., SIEBER, W., STOCKER, K. (1994): Ernährungsweisen und Eß- und Trinkkultur in Österreich – Endbericht des multidisziplinären Forschungsprojekts "Ernährungskultur in Österreich", Institut für Kulturstudien, Wien.
- ELMADFA, I., BURGER, P. (1998): Österreichischer Ernährungsbericht 1998, Institut für Ernährungswissenschaften, Wien.
- ELMADFA, I., FREISLING, H., JÜRGEN, K. (2003): Österreichischer Ernährungsbericht 2003, Institut für Ernährungswissenschaften, Wien.
- ELMADFA, I., FREISLING, H., NOWAK, V., HOFSTÄDTER, D. (2009): Österreichischer Ernährungsbericht 2008, Institut für Ernährungswissenschaften, Wien.

- ELMADFA, I., HASENEGGER, V., WAGNER, K., PUTZ, P., WEIDL, N.-M., WOTTAWA, D., KUEN, T., SEIRINGER, G., MAYER, A., STURTZEL, B., KIEFER, I., ZILBERSZAC, A., SGARABOTTOLO, V., MEIDLINGER, B., RIEDER, A. (2012): Österreichischer Ernährungsbericht 2012, Institut für Ernährungswissenschaften, Wien.
- ELMADFA, I., LEITZMANN, C. (2015): Ernährung des Menschen, Ulmer, Stuttgart. 5. Aufl.
- ELZEBROEK, T., WIND, K. (2008): Guide to cultivated plants, CABI, Wallingford.
- ENERGIE-CONTROL AUSTRIA (2014): Ökostrombericht 2014, Wien.
- ENERGIE-CONTROL GMBH (2003): Bericht über die Ökostromentwicklung und Kraft-Wärme-Kopplung – gemäß Ökostromgesetz § 25 Abs. 1 zur Vorlage beim Bundesminister für Wirtschaft und Arbeit und beim Elektrizitätsbeirat, Wien.
- ENERGIE-CONTROL GMBH (2010): Ökostrombericht 2010 – Bericht der Energie-Control Austria gemäß § 25 Abs. 1 Ökostromgesetz, Wien.
- ENERGIE-CONTROL GMBH (2011): Ökostrombericht 2011 – Bericht der Energie-Control Austria gemäß § 25 Abs. 1 Ökostromgesetz, Wien.
- ERISMAN, J., SUTTON, M., GALLOWAY, J., KLIMONT, Z., WINIWARTER, W. (2008): How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nature Geoscience* 1, (10), 636–639.
- EVANS, D., CAMPBELL, H., MURCOTT, A. (2013): A brief pre-history of food waste and the social sciences. *Sociological Review* 60, (2), 5–26.
- FAOSTAT (2015a): Annual Population – Urban Population, Download unter <http://faostat3.fao.org/download/O/OA/E>.
- FAOSTAT (2015b): Commodity Balances – Crops Primary Equivalents, Download unter <http://faostat3.fao.org/download/FB/BC/E>.
- FAOSTAT (2015c): Commodity Balances – Livestock and Fish Primary Equivalent, Download unter <http://faostat3.fao.org/download/FB/BL/E>.
- FAOSTAT (2015d): Inputs – Fertilizers archive, Download unter <http://faostat3.fao.org/download/R/RA/E>.
- FAOSTAT (2015e): Trade – Crops and livestock products, Download unter <http://faostat3.fao.org/download/T/TP/E>.
- FISCHER-KOWALSKI, M. (1997a): Methodische Grundsatzfragen. In: FISCHER-KOWALSKI, M. et al., Hrsg., Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur. Ein Versuch in Sozialer Ökologie, G+B Verlag Fakultas, Amsterdam, 57–66.
- FISCHER-KOWALSKI, M. (1997b): Society's metabolism – On the development of concepts and methodology of material flow analysis ; a review of the literature, IFF Social Ecology, Wien.
- FISCHER-KOWALSKI, M., HABERL, H. (1997): Stoffwechsel und Kolonisierung: Konzepte zur Beschreibung des Verhältnisses von Gesellschaft und Natur. In: FISCHER-KOWALSKI, M. et al., Hrsg., Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur. Ein Versuch in Sozialer Ökologie, G+B Verlag Fakultas, Amsterdam, 3–12.
- GALLENKEMPER, B., KRUMMEN, S., BECKER, G. (2001): Mitbehandlung von Abfällen in kommunalen Kläranlagen – Gewässerbezogene Stoffflüsse geeigneter biogener Abfälle. Endbericht, Labor für Abfallwirtschaft, Siedlungswasserwirtschaft, Umweltchemie, Münster.
- GALLOWAY, J., DENTENER, F., CAPONE, D., BOYER, E., HOWARTH, R., SEITZINGER, S., ASNER, G., CLEVELAND, C., GREEN, P., HOLLAND, E., KARL, D., MICHAELS, A., PORTER, J., TOWNSEND, A., VÖRÖSMARTY, C. (2004): Nitrogen cycles: past, present, and future. *Biogeochemistry* 70, (2), 153–226.
- GAUBE, V. (2002): Gesellschaftliche Stickstoffflüsse des österreichischen Landwirtschaftssektors 1950 - 1995 – Eine humanökologische Untersuchung. Diplomarbeit, Universität Wien, Wien.
- GEISLER, A. (1998): Quantifizierung und ökologische Bewertung des Stickstoffhaushaltes von Wien. Diplomarbeit, Universität Wien, Wien.
- GÖTZ, B., ZETHNER, G. (1996): Regionale Stoffbilanzen in der Landwirtschaft – Der Nährstoffhaushalt im Hinblick auf seine Umweltwirkung am Beispiel des Einzugsgebietes Strem, Umweltbundesamt, Wien.
- GRECH, H., ANGERER, T., SCHEIBENGRAF, M. (2011): Bestandsaufnahme der thermischen Entsorgung von verarbeiteten tierischen Proteinen in Österreich, Umweltbundesamt GmbH, Wien.

- GRENZ, J., VETOULI, T., TZITIKLI, E., SAUERBORN, J. (2007): Umweltwirkungen der globalen Sojawirtschaft – Ressourcen- und Wertströme in Argentinien, Brasilien und Deutschland. *GAIA* 16, (3), 208–214.
- GRÜBLER, A. (2003): *Technology and global change*, Cambridge University Press, Cambridge.
- GUSTAVSSON, J., CEDERBERG, C., SONESSON, ULF, VAN OTTERDIJK, R., MEYBECK, A. (2011): *Global food losses and food waste*, Swedish Institute for Food and Biotechnology (Gothenburg), FAO (Rom).
- HABERL, H. (2002): *Biomasseinsatz und Landnutzung Österreich 1995 - 2020*, Wien.
- HABERL, H., FISCHER-KOWALSKI, M., KRAUSMANN, F., WEISZ, H., WINIWARTER, V. (2004): Progress towards sustainability? What the conceptual framework of material and energy flow accounting (MEFA) can offer. *Land Use Policy* 21, (3), 199–213.
- HABERL, H., ZANGERL-WEISZ, H. (1997): Kolonisierende Eingriffe: Systematik und Wirkungsweise. In: FISCHER-KOWALSKI, M. et al., Hrsg., *Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur. Ein Versuch in Sozialer Ökologie*, G+B Verlag Fakultas, Amsterdam, 129–148.
- HEISS, R., Hrsg. (2004): *Lebensmitteltechnologie – Biotechnologische, chemische, mechanische und thermische Verfahren der Lebensmittelverarbeitung*, Springer, Berlin.
- IFA, FAO (2001): *Global estimates of gaseous emissions of NH<sub>3</sub>, NO and N<sub>2</sub>O from agricultural land*, FAO, Rom.
- KAAS, T., FLECKSEDER, H., BRUNNER, P. (1994): *Stickstoffbilanz des Kremstales – Anhang*, TU Wien AWS, Wien.
- KIEFER, I. (2001): *Die Kalorien-Fibel I – 6.000 Werte*, Kneipp Verlag, Leoben.
- KNAPPE, F., BÖß, A., FEHRENBACH, H., GIEGRICH, J., VOGT, R., DEHOUST, G., FRITSCH, U., SCHÜLER, D., WIEGMANN, K. (2006): *Stoffstrommanagement von Biomasseabfällen mit dem Ziel der Optimierung der Verwertung organischer Abfälle*, Umweltbundesamt, Dessau.
- KRAMMER, K., PRANKL, H. (2003): *Abschlussbericht zum Projekt BLT013314 – Verwendung von Pflanzenölkraftstoffen - Marktbetreuung II*, Wieselburg.
- KRAUSMANN, F. (2001): *Rekonstruktion der Entwicklung von Materialflüssen im Zuge der Industrialisierung – Veränderungen im sozioökonomischen Biomassenmetabolismus in Österreich 1830 bis 1998*, Breuninger-Stiftung, Stuttgart.
- KRAUSMANN, F., HABERL, H. (2002): The process of industrialization from the perspective of energetic metabolism: Socioeconomic energy flows in Austria 1830–1995. *Ecological Economics* 41, (2), 177–201.
- KRAUSMANN, F., SCHANDL, H. (2006): *Der soziale Metabolismus der Industrialisierung – Die Überwindung der energetischen Schranken des agrarischen Wirtschaftens*. *GAIA* 15, (4), 285–293.
- LISKA, P. (pers. Komm.): *E-Mailverkehr zum Jahresbericht Milch und Milchprodukte (AMA) mit Hr. P. Lisaka*, AMA, Wien, 01.04.2015.
- LÖHR, L. (1990): *Faustzahlen für den Landwirt*, Leopold Stocker Verlag, Graz. 7. Aufl.
- LUNDQVIST, J., FRAITURE, C. de, MOLDEN, D. (2008): *Saving water: From field to fork – Curbing food losses and wastage in the food chain*, Stockholm International Water Institute, Stockholm.
- MAX RUBNER-INSTITUT (2015): *Bundeslebensmittelschlüssel*, Karlsruhe, Download unter <http://www.bls.nvs2.de/index.php?id=92>.
- ÖKOSOZIALES FORUM (2015): *Maisanbau in Österreich – Zahlen und Fakten*, Wien.
- ÖSTAT (1976): *Konsumerhebung 1974 – Ausgewählte Hauptergebnisse (1. Teil)*. *Statistische Nachrichten* 31, (1).
- ÖSTAT (1997): *Konsumerhebung 1984 und 1993/94: Monatliche Verbrauchsausgaben der Haushalte*. *Statistische Nachrichten* 52, (1).
- O'TOOLE, D. (1999): Characteristics and use of okara, the soybean residue from soy milk production - A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47, (2), 363–371.
- PARFITT, J., BARTHEL, M., MACNAUGHTON, S. (2010): Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365, (1554), 3065–3081.
- PIERER, M., WINIWARTER, W., LEACH, A., GALLOWAY, J. (2014): The nitrogen footprint of food products and general consumption patterns in Austria. *Food Policy* 49, 128–136.

- QUADE, J. (1993): Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau, Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup. 12. Aufl.
- QUESTED, T., JOHNSON, H. (2009): Household food and drink waste in the UK, WRAP, Banbury.
- RABALAIS, N., TURNER, R., WISEMAN, W. (2002): Gulf of Mexico hypoxia, aka "The dead zone". Annual Review of Ecology and Systematics 33, 235–263.
- REISINGER, H., DOMENIG, M., THALER, P., LAMPERT, C. (2012): Rückstände aus der Nahrungs- und Genussmittelproduktion – Materialien zur Abfallwirtschaft, Umweltbundesamt GmbH, Wien.
- ROBERT, H., BOYER, E., PABICH, W., GALLOWAY, J. (2002): Nitrogen use in the United States from 1961–2000 and potential future trends. *Ambio* 31, (2), 88–96.
- ROBERTSON, G., VITOUSEK, P. (2009): Nitrogen in agriculture: Balancing the cost of an essential resource. Annual Review of Environment and Resources 34, 97–125.
- SCHNEIDER, F., OBERSTEINER, G. (2007): Food waste in residual waste of households - regional and socio-economic differences. Eleventh International Waste Management and Landfill Symposium (Sardinien).
- SCHOBINGER, U. (2001): Frucht- und Gemüsesäfte – Technologie, Chemie, Mikrobiologie, Analytik, Bedeutung, Recht, Ulmer, Stuttgart. 3. Aufl.
- SCHUSTER, W. (1992): Ölpflanzen in Europa, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main.
- SIBRIÁN, R., KOMOROWSKA, J., MERNIES, J. (2005): Estimation household in institutional food wastage and losses in the context of measuring food deprivation and food excess in the total population, Statistics Division Working Paper Series, FAO.
- SILVENNOINEN, K., KATAJAJUURI, J., HARTIKAINEN, H., HEIKKILÄ, L., REINIKAINEN, A. (2014): Food waste volume and composition in Finnish households. *British Food Journal* 116, (6), 1058–1068.
- SMIL, V. (1999): Nitrogen in crop production: An account of global flows. *Global Biogeochemical Cycles* 13, (2), 647–662.
- SMITH, J. (1996): Safflower, AOCS Press, Champaign.
- SMITH, V., TILMAN, G., NEKOLA, J. (1999): Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution* 100, (1), 179–196.
- SOUCI, S., KIRCHHOFF, E. (2008): Food composition and nutrition tables, Medpharm Scientific Publisher; Taylor and Francis Group, Stuttgart. 7. Aufl.
- SPREER, E. (2011): Technologie der Milchverarbeitung, Behr, Hamburg. 10. Aufl.
- STATCUBE (2015a): Bevölkerungsstatistik, Download unter <http://statcube.at/statistik.at/ext/superweb/loadDatabase.do?db=debevstprog>.
- STATCUBE (2015b): Feldfruchtproduktion, Download unter <http://statcube.at/statistik.at/ext/superweb/loadDatabase.do?db=depffeld>.
- STATCUBE (2015c): Milcherzeugung und -verwendung, Download unter <http://statcube.at/statistik.at/ext/superweb/loadDatabase.do?db=demilch>.
- STATCUBE (2015d): Privathaushalte (Mikrozensus-Arbeitskräfteerhebung).
- STATCUBE (2015e): Versorgungsbilanzen, Download unter [http://www.statistik.at/web\\_de/services/datenbank\\_superstar/](http://www.statistik.at/web_de/services/datenbank_superstar/).
- STATISTIK AUSTRIA (2011): Standard - Dokumentation – Metainformationen (Definitionen, Erläuterungen, Methoden, Qualität) zu den Versorgungsbilanzen für den tierischen und pflanzlichen Sektor, Direktion Raumwirtschaft, Bereich Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- STATISTIK AUSTRIA (2013a): Standard - Dokumentation – Metainformationen (Definitionen, Erläuterungen, Methoden und Qualität) zu Konsumerhebung 2009/10, Direktion Bevölkerung, Bereich Soziales und Lebensbedingungen, Wien.
- STATISTIK AUSTRIA (2013b): Versorgungsbilanzen für pflanzliche Produkte 2011/2012. *Statistische Nachrichten* 68, (6).
- STATISTIK AUSTRIA (2014): Ernährungsbilanzen, von Statistik Austria zur Verfügung gestellt.
- STATISTIK AUSTRIA (2015): Konsumerhebung 2009/10, Download unter [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/soziales/verbrauchsangaben/konsumerhebung\\_2009\\_2010/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/soziales/verbrauchsangaben/konsumerhebung_2009_2010/index.html).

- STAUDACHER, W., POTTHAST, V. (2014): DLG-Futterwerttabellen - Schweine, DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main. 7. Aufl.
- STEWART, W., DIBB, D., JOHNSTON, A., SMYTH, T. (2005): The contribution of commercial fertilizer nutrients to food production. *Agronomy Journal* 97, (1), 1–6.
- SUSENBETH, A. (2004): Nebenprodukte der Lebensmittelverarbeitung als Futtermittel. *Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie* 16, (1), 29–32.
- TAIBINGER, P., SCHOTT, R. (1995): Branchenkonzept Nahrungs- und Genußmittelindustrie – Abfälle und Stoffströme, Bundesministerium für Umwelt Sektion III, Wien.
- TAZI-PREVE, I., KYTIR, J., LEBHART, G., MÜNZ, R. (1999): Bevölkerung in Österreich – Demographische Trends, politische Rahmenbedingungen, entwicklungspolitische Aspekte, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Institut für Demographie, Wien.
- TEGGE, G., Hrsg. (2004): Stärke und Stärkederivate, Behr, Hamburg.
- THALER, S., ZESSNER, M., MAYR, M., HAIDER, T., KROISS, H., RECHBERGER, H. (2013): Impacts of human nutrition on land use, nutrient balances and water consumption in Austria. *Sustainability of Water Quality and Ecology* 1-2, 24–39.
- THALER, S., ZESSNER, M., MAYR, M., HAIDER, T., KROISS, H., WAGNER, K., RUZICKA, K. (2011): Der Einfluss von Ernährungsgewohnheiten auf die Nährstoffbilanz Österreichs. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft* 63, (5-6), 117–128.
- TRAGNER, F., LINS, S., HORNBACHNER, D., KRYVORUCHKO, V., KONRAD, G., BOMATTER, A. (2008): Biogas-Branchenmonitor – Erhebung von Wirtschaftsdaten und Trends zu Biogas in Österreich, Bundesministerium für Verkehr Innovation und Technologie, Wien.
- VELTHOF, G., LESSCHEN, J., WEBB, J., PIETRZAK, S., MIATKOWSKI, Z., PINTO, M., KROS, J., OENEMA, O. (2014): The impact of the Nitrates Directive on nitrogen emissions from agriculture in the EU-27 during 2000-2008. *Science of The Total Environment* 468-469, 1225–1233.
- VENTOUR, L. (2008): The food we waste, WRAP, Banbury.
- VITOUSEK, P., ABER, J., HOWARTH, R., LIKENS, G., MATSON, P., SCHINDLER, D., SCHLESINGER, W., TILMAN, D. (1997): Human alteration of the global nitrogen cycle: Sources and consequences. *Ecological Applications* 7, (3), 737–750.
- VITOUSEK, P., MENGE, DUNCAN N L, REED, S., CLEVELAND, C. (2013): Biological nitrogen fixation: rates, patterns and ecological controls in terrestrial ecosystems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 368, (1621), 20130119.
- WALTER, B., KÜGLER, I., ÖHLINGER, A., LAMPERT, C. (2008): Tierische Nebenprodukte 2004-2006 – Erhebung der Mengen an tierischen Nebenprodukten in Österreich, Umweltbundesamt GmbH, Wien.
- WEBB, J., PAIN, B., BITTMAN, S., MORGAN, J. (2010): The impacts of manure application methods on emissions of ammonia, nitrous oxide and on crop response—A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 137, (1–2), 39–46.
- WEISZ, H., FISCHER-KOWALSKI, M., GRÜNBÜHEL, C., HABERL, H., KRAUSMANN, F., WINIWARTER, V. (2001): Global environmental change and historical transitions. *Innovation: The European Journal of Social Science Research* 14, (2), 117–142.
- WILDLING, E. (pers. Komm.): Persönliches Gespräch zu den Versorgungsbilanzen mit Hr. E. Wildling, Statistik Austria, Wien, 30.12.2014.
- WILLERSTORFER, T. (2012): Der Fleischverbrauch in Österreich von 1950-2010 – Trends und Drivers als Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage. Masterarbeit, Alpen-Adria-Universität, Klagenfurt.
- WÜRDINGER, E., ROTH, U., WEGENER, A., PECHE, R., BORKEN, J., DETZEL, A., FEHRENBACH, J., GIEGRICH, J., MÖHLER, S., PATYK, A., REINHARDT GUIDO, VOGT, R., MÜHLBERGER DIETER, WANTE JOHN (2002): Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen: Vergleichende Ökobilanz für Loose-fill-Packmittel aus Stärke bzw. Polystyrol – Endbericht, Bayerisches Institut für Angewandte Umweltforschung und -technik, Augsburg.

- ZESSNER, M., HELMICH, K., THALER, S., WEIGL, M., WAGNER, K., HAIDER, T., MAYER, M., HEIGL, S. (2011): Ernährung und Flächennutzung in Österreich. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 63, (5-6), 95–104.
- ZESSNER-SPITZENBERG, M. (1992): Stickstoff-Haushalt des Landes Oberösterreich – Bericht, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft Technische Universität Wien, Wien.

## 7 Anhang

### 7.1 Berechnungsgrundlage für das Subsystem Landwirtschaft

#### Marktgängige Futtermittel und marktgängiges Saatgut

Es wird eine Unterscheidung zwischen marktgängigen und nichtmarktgängigen Futtermitteln, die die Systemgrenze des landwirtschaftlichen Sektors nicht passieren (z.B. Silo- und Grünmais und Futterrüben), getroffen. Die marktgängigen Futtermittel müssen allerdings nicht zwangsläufig über den Markt gehen, sondern verbleiben in der Praxis oft am Hof und werden dort verfüttert. DARGE (2002) stellte für das marktgängige Futtermittel Getreide Überlegungen an, welche Anteile tatsächlich am Markt gehandelt werden. Die hier von DARGE (2002) angenommene Verteilung wird für die Jahre 1965, 1980 und 1995 übernommen bzw. für das Jahr 2010 nach seiner Vorgehensweise ergänzt. Bezüglich der Futterkartoffel wurde von DARGE (2002) festgestellt, dass sie vollständig am Hof verbleibt und nicht über den Markt geht.

Beim Saatgut verhält es sich wie beim marktgängigen Futtermittel Getreide, einerseits kann es über den Markt gehen, andererseits kann es aber auch am Hof verbleiben. Diesbezüglich werden ebenfalls die von DARGE (2002) angestellten Berechnungen übernommen bzw. um das Jahr 2010 ergänzt.

#### *Futtermittel: Getreide*

**Tabelle 20** Verteilung des am Hof verbleibenden und über den Markt gehenden Futtermittels Getreide für die Jahre 1965, 1980, 1995 und 2010

	am Hof	über Markt	Quelle
<b>1965</b>	78%	22%	DARGE (2002)
<b>1980</b>	78%	22%	DARGE (2002)
<b>1995</b>	78%	22%	DARGE (2002)
<b>2010</b>	75%	25%	eigene Berechnung nach AMA (2015a)

#### *Saatgut*

**Tabelle 21** Verteilung des am Hof verbleibenden und über den Markt gehenden Saatguts für die Jahre 1965, 1980, 1995 und 2010

	am Hof	über Markt	Quelle
<b>1965</b>	62%	38%	DARGE (2002)
<b>1980</b>	62%	38%	DARGE (2002)
<b>1995</b>	62%	38%	DARGE (2002)
<b>2010</b>	52%	48%	eigene Berechnung nach AMA (2015a)

#### **Bestände**

#### *Futtermittel*

25 % des Gesamtfuttermittelaufkommens (DARGE 2002)

## **Saatgut**

**Tabelle 22 Speicherdauer und Bestandsfaktoren für den Bestand Saatgut für die Jahre 1965, 1980, 1995 und 2010**

	<b>Speicherdauer</b>	<b>Bestandsfaktor</b>	<b>Quelle</b>
<b>1965</b>	7 Monate	0,58	DARGE (2002)
<b>1980</b>	6 Monate	0,50	DARGE (2002)
<b>1995</b>	6 Monate	0,50	DARGE (2002)
<b>2010</b>	6 Monate	0,50	eigene Annahme nach DARGE (2002)

## **Viehbestand**

Um den Viehbestand in Stickstoff abzubilden, wird wie bei den Berechnungen zum Nutztier (siehe 2.3.2.1.9) vorgegangen. Dabei wird das Schlachtgewicht mit Hilfe von LÖHR (1990) abgeschätzt.

## **Stroh (Einstreu)**

**Tabelle 23 Speicherdauer und Bestandsfaktoren für den Bestand Stroh für die Jahre 1965, 1980, 1995 und 2010**

	<b>Speicherdauer</b>	<b>Bestandsfaktor</b>	<b>Quelle</b>
<b>1965</b>	9 Monate	0,75	DARGE (2002)
<b>1980</b>	8 Monate	0,66	DARGE (2002)
<b>1995</b>	7 Monate	0,58	DARGE (2002)
<b>2010</b>	7 Monate	0,58	eigene Annahme nach DARGE (2002)

## **Nutzung des Strohs**

Es werden ebenfalls die von DARGE (2002) getroffenen Annahmen zur Nutzung des Strohs übernommen.

**Tabelle 24 Nutzung des Strohs in den Jahren 1965, 1980, 1995 und 2010**

	<b>Futter</b>	<b>Unterlage</b>	<b>Heizzwecke</b>	<b>Quelle</b>
<b>1965</b>	12%	88%	0,0%	DARGE (2002)
<b>1980</b>	7%	93%	0,1%	DARGE (2002)
<b>1995</b>	5%	96%	1,0%	DARGE (2002)
<b>2010</b>	0%	95%	5,0%	eigene Annahme nach DARGE (2002)

## Input aus der übrigen Gesellschaft in die Landwirtschaft

Tabelle 25 Mineraldünger- und Klärschlamm-Input aus der übrigen Gesellschaft in die Landwirtschaft in den Jahren 1965, 1980, 1995 und 2010

	Mineraldünger		Klärschlamm	
	t N/a	Quelle	t N/a	Quelle
<b>1965</b>	77.500	GAUBE (2002)	860	GAUBE (2002)
<b>1980</b>	154.560	GAUBE (2002)	1.279	GAUBE (2002)
<b>1995</b>	123.950	GAUBE (2002)	1.654	GAUBE (2002)
<b>2010</b>	100.680	BMLFUW (2014)	1.572	BMLFUW (2011b)

## Input aus der Natur in die Naturkolonie

### *Deposition*

Tabelle 26 Deposition in den Jahren 1965, 1980, 1995 und 2010

	t N/a	Quelle
<b>1965</b>	74.415	GAUBE (2002)
<b>1980</b>	71.232	GAUBE (2002)
<b>1995</b>	68.626	GAUBE (2002)
<b>2010</b>	56.955	Annahme nach GAUBE (2002) gemäß ANDERL et al. (2014)

### *Stickstofffixierung*

Tabelle 27 Stickstofffixierung in den Jahren 1965, 1980, 1995 und 2010

	t N/a	Quelle
<b>1965</b>	250.667	GAUBE (2002)
<b>1980</b>	200.059	GAUBE (2002)
<b>1995</b>	191.866	GAUBE (2002)
<b>2010</b>	177.642	Berechnung nach GAUBE (2002) mittels BMLFUW (2010), BMLFUW (2012b) und BMLFUW (2014)

## Output in die Naturkolonie

### *Wirtschaftsdünger*

Tabelle 28 Output in die Naturkolonie in Form von Wirtschaftsdünger in den Jahren 1965, 1980, 1995 und 2010

	t N/a	Quelle
<b>1965</b>	110.722	GAUBE (2002)
<b>1980</b>	121.406	GAUBE (2002)
<b>1995</b>	126.988	GAUBE (2002)
<b>2010</b>	119.431	Berechnung nach GEISLER (1998) mittels Viehbestandszahlen

## Output von der Naturkolonie in die Natur

### *Ausgasung, Denitrifikation, Auswaschung, Erosion und Abschwemmung*

Tabelle 29 Output von der Naturkolonie in die Natur durch Ausgasung, Denitrifikation, Erosion und Abschwemmung in den Jahren 1965, 1980, 1995 und 2010

	t N/a	Quelle
<b>1965</b>	131.386	GAUBE (2002)
<b>1980</b>	124.996	GAUBE (2002)
<b>1995</b>	134.148	GAUBE (2002)
<b>2010</b>	113.268	Berechnung nach GAUBE (2002) mittels BMLFUW (2010), BMLFUW (2012b) und BMLFUW (2014)

## 7.2 Stickstoffbedarf der Nutztiere

Tabelle 30 Jährlicher Stickstoffbedarf der einzelnen Nutztiere in kg

		kg N/a und Tier			
		1965	1980	1995	2010
	Pferde	43,10	43,10	43,10	43,10
<b>Rinder</b>	Jungvieh bis unter 2 Jahre	40,30	40,59	43,07	45,84
	Stiere, Ochsen, Schlacht-, Zucht- und Nutzkalbinnen ab 2 Jahren	58,40	58,40	59,57	64,82
	Milchkühe	67,69	85,67	122,64	186,24
	andere Kühe	53,73	53,73	57,82	59,57
	Schafe	11,32	11,32	12,41	12,41
	Ziegen	9,13	9,13	9,13	11,32
<b>Schweine</b>	Ferkel	6,83	6,83	6,83	8,64
	Jungschweine	20,32	20,32	21,37	22,37
	Schlacht- und Mastschweine	19,62	19,86	20,15	22,37
	Zuchtsauen	46,72	46,72	50,22	53,73
	Zuchteber	26,28	26,28	26,28	29,20
<b>Geflügel</b>	Hühner	0,14	0,14	0,14	0,18
	Truthühner	0,18	0,18	0,21	0,25
	sonstiges Geflügel	0,14	0,14	0,18	0,21

## 7.3 Brennwerte

Tabelle 31 Verwendete Brennwerte

	Brennwert im FG (MJ/kg)	Quelle
<b>Pflanzliche Produktion</b>		
Weichweizen	15,7	HABERL (2002)
Hartweizen	15,7	HABERL (2002)
Roggen	15,4	HABERL (2002)
Gerste	15,6	HABERL (2002)
Hafer	16,1	HABERL (2002)
Mais	15,9	HABERL (2002)
anderes Getreide	15,5	HABERL (2002)
Reis	15,9	HABERL (2002)
Kartoffeln	3,7	HABERL (2002)
Sonnenblumenkerne	27,0	HABERL (2002)
Sojabohne	5,0	HABERL (2002)
sonstige Ölfrüchte	5,0	HABERL (2002)
Hülsenfrüchte	3,6	HABERL (2002)
Gemüse	1,5	HABERL (2002)
Obst	3,0	HABERL (2002)
Maisstärke	14,96	HABERL (2002)
Kartoffelstärke	14,96	HABERL (2002)
Zucker	17,8	HABERL (2002)
Öle	36,7	HABERL (2002)
Sojamilch	2,2	SOUCI & KIRCHHOFF (2008)
Saft	3,6	eigene Annahme nach KIEFER (2001)
Wein	3,0	Schätzung nach SOUCI & KIRCHHOFF (2008)
Bier	1,6	Schätzung nach SOUCI & KIRCHHOFF (2008)
<b>Tierische Produktion</b>		
Schweinefleisch	10,3	BERETTA et al. (2013)
Rind- und Kalbfleisch	8,1	BERETTA et al. (2013)
Geflügelfleisch	5,3	BERETTA et al. (2013)
Schaf- und Ziegenfleisch	8,1	wie Rind- und Kalbfleisch
Pferdefleisch	8,1	wie Rind- und Kalbfleisch
sonstiges Fleisch	8,1	wie Rind- und Kalbfleisch
Innereien	6,0	HABERL (2002)
Fisch	6,4	BERETTA et al. (2013)
Eier	7,0	HABERL (2002)
Butter	30,9	SOUCI & KIRCHHOFF (2008)
Milchpulver - entrahmt	15,2	SOUCI & KIRCHHOFF (2008)
Milchpulver - nicht entrahmt	20,16	SOUCI & KIRCHHOFF (2008)
Obers, Rahm	7,7	Schätzung nach SOUCI & KIRCHHOFF (2008)
Kondensmilch	6,5	Schätzung nach SOUCI & KIRCHHOFF (2008)
Käse	11,3	BERETTA et al. (2013)
Konsummilch	2,5	BERETTA et al. (2013)

Band 1

**Umweltbelastungen in Österreich als Folge menschlichen Handelns. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Ökologie-Institut.** Fischer-Kowalski, M., Hg. (1987)

Band 2

**Environmental Policy as an Interplay of Professionals and Movements - the Case of Austria. Paper to the ISA Conference on Environmental Constraints and Opportunities in the Social Organisation of Space, Udine 1989.** Fischer-Kowalski, M. (1989)

Band 3

**Umwelt & Öffentlichkeit. Dokumentation der gleichnamigen Tagung, veranstaltet vom IFF und dem Österreichischen Ökologie-Institut in Wien, (1990)**

Band 4

**Umweltpolitik auf Gemeindeebene. Politikbezogene Weiterbildung für Umweltgemeinderäte.** Lackner, C. (1990)

Band 5

**Verursacher von Umweltbelastungen. Grundsätzliche Überlegungen zu einem mit der VGR verknüpfbaren Emittenteninformationssystem.** Fischer-Kowalski, M., Kissler, M., Payer, H., Steurer A. (1990)

Band 6

**Umweltbildung in Österreich, Teil I: Volkshochschulen.** Fischer-Kowalski, M., Fröhlich, U.; Harauer, R., Vymazal R. (1990)

Band 7

**Amtliche Umweltberichterstattung in Österreich.** Fischer-Kowalski, M., Lackner, C., Steurer, A. (1990)

Band 8

**Verursacherbezogene Umweltinformationen. Bausteine für ein Satellitensystem zur österr. VGR. Dokumentation des gleichnamigen Workshop, veranstaltet vom IFF und dem Österreichischen Ökologie-Institut, Wien (1991)**

Band 9

**A Model for the Linkage between Economy and Environment. Paper to the Special IARIW Conference on Environmental Accounting, Baden 1991.** Dell'Mour, R., Fleissner, P., Hofkirchner, W.; Steurer A. (1991)

Band 10

**Verursacherbezogene Umweltindikatoren - Kurzfassung. Forschungsbericht gem. mit dem Österreichischen Ökologie-Institut.** Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Payer, H.; Steurer, A., Zangerl-Weisz, H. (1991)

Band 11

**Gezielte Eingriffe in Lebensprozesse. Vorschlag für verursacherbezogene Umweltindikatoren. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Ökologie-Institut.** Haberl, H. (1991)

Band 12

**Gentechnik als gezielter Eingriff in Lebensprozesse. Vorüberlegungen für verursacherbezogene Umweltindikatoren. Forschungsbericht gem. m. dem Österr. Ökologie-Institut.** Wenzl, P.; Zangerl-Weisz, H. (1991)

Band 13

**Transportintensität und Emissionen. Beschreibung österr. Wirtschaftssektoren mittels Input-Output-Modellierung. Forschungsbericht gem. m. dem Österr. Ökologie-Institut.** Dell'Mour, R.; Fleissner, P.; Hofkirchner, W.; Steurer, A. (1991)

Band 14

**Indikatoren für die Materialintensität der österreichischen Wirtschaft. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Ökologie-Institut.** Payer, H. unter Mitarbeit von K. Turetschek (1991)

Band 15

**Die Emissionen der österreichischen Wirtschaft. Systematik und Ermittelbarkeit. Forschungsbericht gem. m. dem Österr. Ökologie-Institut.** Payer, H.; Zangerl-Weisz, H. unter Mitarbeit von R.Fellinger (1991)

Band 16

**Umwelt als Thema der allgemeinen und politischen Erwachsenenbildung in Österreich.** Fischer-Kowalski M., Fröhlich, U.; Harauer, R.; Vymazal, R. (1991)

Band 17

**Causer related environmental indicators - A contribution to the environmental satellite-system of the Austrian SNA. Paper for the Special IARIW Conference on Environmental Accounting, Baden 1991.** Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Payer, H., Steurer, A. (1991)

Band 18

**Emissions and Purposive Interventions into Life Processes - Indicators for the Austrian Environmental Accounting System. Paper to the ÖGBPT Workshop on Ecologic Bioprocessing, Graz 1991.** Fischer-Kowalski M., Haberl, H., Wenzl, P., Zangerl-Weisz, H. (1991)

Band 19

**Defensivkosten zugunsten des Waldes in Österreich. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Institut für Wirtschaftsforschung.** Fischer-Kowalski et al. (1991)

Band 20\*

**Basisdaten für ein Input/Output-Modell zur Kopplung ökonomischer Daten mit Emissionsdaten für den Bereich des Straßenverkehrs.** Steurer, A. (1991)

Band 22

**A Paradise for Paradigms - Outlining an Information System on Physical Exchanges between the Economy and Nature.** Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Payer, H. (1992)

Band 23

**Purposive Interventions into Life-Processes - An Attempt to Describe the Structural Dimensions of the Man-Animal-Relationship. Paper to the Internat. Conference on "Science and the Human-Animal-Relationship", Amsterdam 1992.** Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1992)

Band 24

**Purposive Interventions into Life Processes: A Neglected "Environmental" Dimension of the Society-Nature Relationship. Paper to the 1. Europ. Conference of Sociology, Vienna 1992.** Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1992)



Band 25

**Informationsgrundlagen struktureller Ökologisierung. Beitrag zur Tagung "Strategien der Kreislaufwirtschaft: Ganzheitl. Umweltschutz/Integrated Environmental Protection", Graz 1992.** Steurer, A., Fischer-Kowalski, M. (1992)

Band 26

**Stoffstrombilanz Österreich 1988.** Steurer, A. (1992)

Band 28

**Naturschutzaufwendungen in Österreich.** Gutachten für den WWF Österreich. Payer, H. (1992)

Band 29

**Indikatoren der Nachhaltigkeit für die Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung - angewandt auf die Region.** Payer, H. (1992). In: KudlMudl SonderNr. 1992: Tagungsbericht über das Dorfsymposium "Zukunft der Region - Region der Zukunft?"

Band 31

**Leerzeichen. Neuere Texte zur Anthropologie.** Macho, T. (1993)

Band 32

**Metabolism and Colonisation. Modes of Production and the Physical Exchange between Societies and Nature.** Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1993)

Band 33

**Theoretische Überlegungen zur ökologischen Bedeutung der menschlichen Aneignung von Nettoprimärproduktion.** Haberl, H. (1993)

Band 34

**Stoffstrombilanz Österreich 1970-1990 - Inputseite.** Steurer, A. (1994)

Band 35

**Der Gesamtenergieinput des Sozio-ökonomischen Systems in Österreich 1960-1991. Zur Erweiterung des Begriffes "Energieverbrauch".** Haberl, H. (1994)

Band 36

**Ökologie und Sozialpolitik.** Fischer-Kowalski, M. (1994)

Band 37

**Stoffströme der Chemieproduktion 1970-1990.** Payer, H., unter Mitarbeit von Zangerl-Weisz, H. und Fellinger, R. (1994)

Band 38

**Wasser und Wirtschaftswachstum. Untersuchung von Abhängigkeiten und Entkoppelungen, Wasserbilanz Österreich 1991.** Hüttler, W., Payer, H. unter Mitarbeit von H. Schandl (1994)

Band 39

**Politische Jahreszeiten. 12 Beiträge zur politischen Wende 1989 in Ostmitteleuropa.** Macho, T. (1994)

Band 40

**On the Cultural Evolution of Social Metabolism with Nature. Sustainability Problems Quantified.** Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1994)

Band 41

**Weiterbildungslehrgänge für das Berufsfeld ökologischer Beratung. Erhebung u. Einschätzung der Angebote in Österreich sowie von ausgewählten Beispielen in Deutschland, der Schweiz, Frankreich, England und europaweiten Lehrgängen.** Rauch, F. (1994)

Band 42

**Soziale Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung.** Fischer-Kowalski, M., Madlener, R., Payer, H., Pfeffer, T., Schandl, H. (1995)

Band 43

**Menschliche Eingriffe in den natürlichen Energiefluß von Ökosystemen. Sozio-ökonomische Aneignung von Nettoprimärproduktion in den Bezirken Österreichs.** Haberl, H. (1995)

Band 44

**Materialfluß Österreich 1990.** Hüttler, W., Payer, H.; Schandl, H. (1996)

Band 45

**National Material Flow Analysis for Austria 1992. Society's Metabolism and Sustainable Development.** Hüttler, W., Payer, H., Schandl, H. (1997)

Band 46

**Society's Metabolism. On the Development of Concepts and Methodology of Material Flow Analysis. A Review of the Literature.** Fischer-Kowalski, M. (1997)

Band 47

**Materialbilanz Chemie-Methodik sektoraler Materialbilanzen.** Schandl, H., Weisz, H. Wien (1997)

Band 48

**Physical Flows and Moral Positions. An Essay in Memory of Wildavsky.** A. Thompson, M. (1997)

Band 49

**Stoffwechsel in einem indischen Dorf. Fallstudie Merkar.** Mehta, L., Winiwarter, V. (1997)

Band 50+

**Materialfluß Österreich- die materielle Basis der Österreichischen Gesellschaft im Zeitraum 1960-1995.** Schandl, H. (1998)

Band 51+

**Bodenfruchtbarkeit und Schädlinge im Kontext von Agrargesellschaften.** Dirlinger, H., Fliegenschnee, M., Krausmann, F., Liska, G., Schmid, M. A. (1997)

Band 52+

**Der Naturbegriff und das Gesellschaft-Natur-Verhältnis in der frühen Soziologie.** Lutz, J. Wien (1998)

Band 53+

**NEMO: Entwicklungsprogramm für ein Nationales Emissionsmonitoring.** Bruckner, W., Fischer-Kowalski, M., Jorde, T. (1998)

Band 54+

**Was ist Umweltgeschichte?** Winiwarter, V. (1998)

Mit + gekennzeichnete Bände sind unter  
<http://www.uni-klu.ac.at/socec/inhalt/1818.htm>  
Im PDF-Format und in Farbe downloadbar.

Band 55+

**Agrarische Produktion als Interaktion von Natur und Gesellschaft: Fallstudie SangSaeng.** Grünbüchel, C. M., Schandl, H., Winiwarter, V. (1999)

Band 57+

**Colonizing Landscapes: Human Appropriation of Net Primary Production and its Influence on Standing Crop and Biomass Turnover in Austria.** Haberl, H., Erb, K.H., Krausmann, F., Loibl, W., Schulz, N. B., Weisz, H. (1999)

Band 58+

**Die Beeinflussung des oberirdischen Standing Crop und Turnover in Österreich durch die menschliche Gesellschaft.** Erb, K. H. (1999)

Band 59+

**Das Leitbild "Nachhaltige Stadt".** Astleithner, F. (1999)

Band 60+

**Materialflüsse im Krankenhaus, Entwicklung einer Input-Output Methodik.** Weisz, B. U. (2001)

Band 61+

**Metabolismus der Privathaushalte am Beispiel Österreichs.** Hutter, D. (2001)

Band 62+

**Der ökologische Fußabdruck des österreichischen Außenhandels.** Erb, K.H., Krausmann, F., Schulz, N. B. (2002)

Band 63+

**Material Flow Accounting in Amazonia: A Tool for Sustainable Development.** Amann, C., Bruckner, W., Fischer-Kowalski, M., Grünbüchel, C. M. (2002)

Band 64+

**Energieflüsse im österreichischen Landwirtschaftssektor 1950-1995, Eine humanökologische Untersuchung.** Darge, E. (2002)

Band 65+

**Biomasseeinsatz und Landnutzung Österreich 1995-2020.** Haberl, H.; Krausmann, F.; Erb, K.H.;Schulz, N. B.; Adensam, H. (2002)

Band 66+

**Der Einfluss des Menschen auf die Artenvielfalt. Gesellschaftliche Aneignung von Nettoprimärproduktion als Pressure-Indikator für den Verlust von Biodiversität.** Haberl, H., Fischer-Kowalski, M., Schulz, N. B., Plutzar, C., Erb, K.H., Krausmann, F., Loibl, W., Weisz, H.; Sauberer, N., Pollheimer, M. (2002)

Band 67+

**Materialflussrechnung London.** Bongardt, B. (2002)

Band 68+

**Gesellschaftliche Stickstoffflüsse des österreichischen Landwirtschaftssektors 1950-1995, Eine humanökologische Untersuchung.** Gaube, V. (2002)

Band 69+

**The transformation of society's natural relations: from the agrarian to the industrial system. Research strategy for an empirically informed approach towards a European Environmental History.** Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Schandl, H. (2003)

Band 70+

**Long Term Industrial Transformation: A Comparative Study on the Development of Social Metabolism and Land Use in Austria and the United Kingdom 1830-2000.** Krausmann, F., Schandl, H., Schulz, N. B. (2003)

Band 72+

**Land Use and Socio-economic Metabolism in Pre-industrial Agricultural Systems: Four Nineteenth-century Austrian Villages in Comparison.** Krausmann, F. (2008)

Band 73+

**Handbook of Physical Accounting Measuring bio-physical dimensions of socio-economic activities MFA – EFA – HANPP.** Schandl, H., Grünbüchel, C. M., Haberl, H., Weisz, H. (2004)

Band 74+

**Materialflüsse in den USA, Saudi Arabien und der Schweiz.** Eisenmenger, N.; Kratochvil, R.; Krausmann, F.; Baart, I.; Colard, A.; Ehgartner, Ch.; Eichinger, M.; Hempel, G.; Lehrner, A.; Müllauer, R.; Nourbakhch-Sabet, R.; Paler, M.; Patsch, B.; Rieder, F.; Schembera, E.; Schieder, W.; Schmiedl, C.; Schwarzmüller, E.; Stadler, W.; Wirl, C.; Zandl, S.; Zika, M. (2005)

Band 75+

**Towards a model predicting freight transport from material flows.** Fischer-Kowalski, M. (2004)

Band 76+

**The physical economy of the European Union: Cross-country comparison and determinants of material consumption.** Weisz, H., Krausmann, F., Amann, Ch., Eisenmenger, N., Erb, K.H., Hubacek, K., Fischer-Kowalski, M. (2005)

Band 77+

**Arbeitszeit und Nachhaltige Entwicklung in Europa: Ausgleich von Produktivitätsgewinn in Zeit statt Geld?** Proinger, J. (2005)

Band 78+

**Sozial-Ökologische Charakteristika von Agrarsystemen. Ein globaler Überblick und Vergleich.** Lauk, C. (2005)

Band 79+

**Verbrauchsorientierte Abrechnung von Wasser als Water-Demand-Management-Strategie. Eine Analyse anhand eines Vergleichs zwischen Wien und Barcelona.** Machold, P. (2005)

Band 80+

**Ecology, Rituals and System-Dynamics. An attempt to model the Socio-Ecological System of Trinket Island.** Wildenberg, M. (2005)

Band 81+

**Southeast Asia in Transition. Socio-economic transitions, environmental impact and sustainable development.** Fischer-Kowalski, M., Schandl, H., Grünbüchel, C., Haas, W., Erb, K.H., Weisz, H., Haberl, H. (2004)

Band 83+

**HANPP-relevante Charakteristika von Wanderfeldbau und anderen Langbrachesystemen.** Lauk, C. (2006)

Band 84+

**Management unternehmerischer Nachhaltigkeit mit Hilfe der Sustainability Balanced Scorecard.** Zeitlhofer, M. (2006)

Band 85+

**Nicht-nachhaltige Trends in Österreich: Maßnahmenvorschläge zum Ressourceneinsatz.** Haberl, H., Jasch, C., Adensam, H., Gaube, V. (2006)

Band 87+

**Accounting for raw material equivalents of traded goods. A comparison of input-output approaches in physical, monetary, and mixed units.** Weisz, H. (2006)



Band 88+

**Vom Materialfluss zum Gütertransport. Eine Analyse anhand der EU15 – Länder (1970-2000).**

Rainer, G. (2006)

Band 89+

**Nutzen der MFA für das Treibhausgas-Monitoring im Rahmen eines Full Carbon Accounting-Ansatzes; Feasibilitystudie; Endbericht zum Projekt BMLFUW-UW.1.4.18/0046-V/10/2005.** Erb, K.-H., Kastner, T., Zandl, S., Weisz, H., Haberl, H., Jonas, M., (2006)

Band 90+

**Local Material Flow Analysis in Social Context in Tat Hamelt, Northern Mountain Region, Vietnam.** Hobbes, M.; Kleijn, R. (2006)

Band 91+

**Auswirkungen des thailändischen logging ban auf die Wälder von Laos.** Hirsch, H. (2006)

Band 92+

**Human appropriation of net primary production (HANPP) in the Philippines 1910-2003: a socio-ecological analysis.** Kastner, T. (2007)

Band 93+

**Landnutzung und landwirtschaftliche Entscheidungsstrukturen. Partizipative Entwicklung von Szenarien für das Traisental mit Hilfe eines agentenbasierten Modells.** Adensam, H., V. Gaube, H. Haberl, J. Lutz, H. Reisinger, J. Breinesberger, A. Colard, B. Aigner, R. Maier, Punz, W. (2007)

Band 94+

**The Work of Konstantin G. Gofman and colleagues: An early example of Material Flow Analysis from the Soviet Union.** Fischer-Kowalski, M.; Wien (2007)

Band 95+

**Partizipative Modellbildung, Akteurs- und Ökosystemanalyse in Agrarintensivregionen; Schlußbericht des deutsch-österreichischen Verbundprojektes.** Newig, J., Gaube, V., Berkhoff, K., Kaldrack, K., Kastens, B., Lutz, J., Schlußmeier B., Adensam, H., Haberl, H., Pahl-Wostl, C., Colard, A., Aigner, B., Maier, R., Punz, W.; Wien (2007)

Band 96+

**Rekonstruktion der Arbeitszeit in der Landwirtschaft im 19. Jahrhundert am Beispiel von Theyern in Niederösterreich.** Schaschl, E.; Wien (2007)

Band 98+

**Local Material Flow Analysis in Social Context at the forest fringe in the Sierra Madre, the Philippines.** Hobbes, M., Kleijn, R. (Hrsg); Wien (2007)

Band 99+

**Human Appropriation of Net Primary Production (HANPP) in Spain, 1955-2003: A socio-ecological analysis.** Schwarzlmüller, E.; Wien (2008)

Band 100+

**Scaling issues in long-term socio-ecological biodiversity research: A review of European cases.** Dirnböck, T., Bezák, P., Dullinger S., Haberl, H., Lotze-Campen, H., Mirtl, M., Peterseil, J., Redpath, S., Singh, S., Travis, J., Wijdeven, S.M.J.; Wien (2008)

Band 101+

**Human Appropriation of Net Primary Production (HANPP) in the United Kingdom, 1800-2000: A socio-ecological analysis.** Musel, A.; Wien (2008)

Band 102 +

**Wie kann Wissenschaft gesellschaftliche Veränderung bewirken? Eine Hommage an Alvin Gouldner, und ein Versuch, mit seinen Mitteln heutige Klima-politik zu verstehen.** Fischer-Kowalski, M.; Wien (2008)

Band 103+

**Sozialökologische Dimensionen der österreichischen Ernährung – Eine Szenarienanalyse.** Lackner, M.; Wien (2008)

Band 104+

**Fundamentals of Complex Evolving Systems: A Primer.** Weis, E.; Wien (2008)

Band 105+

**Umweltpolitische Prozesse aus diskurstheoretischer Perspektive: Eine Analyse des Südtiroler Feinstaubproblems von der Problemkonstruktion bis zur Umsetzung von Regulierungsmaßnahmen.** Paler, M.; Wien (2008)

Band 106+

**Ein integriertes Modell für Reichraming. Partizipative Entwicklung von Szenarien für die Gemeinde Reichraming (Eisenwurzen) mit Hilfe eines agentenbasierten Landnutzungsmodells.** Gaube, V., Kaiser, C., Widenberg, M., Adensam, H., Fleissner, P., Kobler, J., Lutz, J., Smetschka, B., Wolf, A., Richter, A., Haberl, H.; Wien (2008)

Band 107+

**Der soziale Metabolismus lokaler Produktionssysteme: Reichraming in der oberösterreichischen Eisenwurzen 1830-2000.** Gingrich, S., Krausmann, F.; Wien (2008)

Band 108+

**Akteursanalyse zum besseren Verständnis der Entwicklungsoptionen von Bioenergie in Reichraming. Eine sozialökologische Studie.** Vrzak, E.; Wien (2008)

Band 109+

**Direktvermarktung in Reichraming aus sozial-ökologischer Perspektive.** Zeitlhofer, M.; Wien (2008)

Band 110+

**CO<sub>2</sub>-Bilanz der Tomatenproduktion: Analyse acht verschiedener Produktionssysteme in Österreich, Spanien und Italien.** Theurl, M.; Wien (2008)

Band 111+

**Die Rolle von Arbeitszeit und Einkommen bei Rebound-Effekten in Dematerialisierungs- und Dekarbonisierungsstrategien. Eine Literaturstudie.** Bruckner, M.; Wien (2008)

Band 112+

**Von Kommunikation zu materiellen Effekten - Ansatzpunkte für eine sozial-ökologische Lesart von Luhmanns Theorie Sozialer Systeme.** Rieder, F.; Wien (2008)

Band 114+

**Across a Moving Threshold: energy, carbon and the efficiency of meeting global human development needs.** Steinberger, J. K., Roberts, J.T.; Wien (2008)

Band 115

**Towards a low carbon society: Setting targets for a reduction of global resource use.** Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M., Steinberger, J.K., Ayres, R.U.; Wien (2010)

Band 116+

**Eating the Planet: Feeding and fuelling the world sustainably, fairly and humanely - a scoping study.** Erb, K-H., Haberl, H., Krausmann, F., Lauk, C., Plutzar, C., Steinberger, J.K., Müller, C., Bondeau, A., Waha, K., Pollack, G.; Wien (2009)

Band 117+

**Gesellschaftliche Naturverhältnisse: Energiequellen und die globale Transformation des gesellschaftlichen Stoffwechsels.** Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M.; Wien (2010)

Band 118+

**Zurück zur Fläche? Eine Untersuchung der biophysikalischen Ökonomie Brasiliens zwischen 1970 und 2005.** Mayer, A.; Wien (2010)

Band 119+

**Das nachhaltige Krankenhaus: Erprobungsphase.** Weisz, U., Haas, W., Pelikan, J.M., Schmied, H., Himpelmann, M., Purzner, K., Hartl, S., David, H.; Wien (2009)

Band 120+

**LOCAL STUDIES MANUAL**  
**A researcher's guide for investigating the social metabolism of local rural systems.** Singh, S.J., Ringhofer, L., Haas, W., Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M.; Wien (2010)

Band 121+

**Sociometabolic regimes in indigenous communities and the crucial role of working time: A comparison of case studies.** Fischer-Kowalski, M., Singh, S.J., Ringhofer, L., Grünbühel C.M., Lauk, C., Remesch, A.; Wien (2010)

Band 122+

**Klimapolitik im Bereich Gebäude und Raumwärme. Entwicklung, Problemfelder und Instrumente der Länder Österreich, Deutschland und Schweiz.** Jöbstl, R.; Wien (2012)

Band 123+

**Trends and Developments of the Use of Natural Resources in the European Union.** Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M., Steinberger, J.K., Schaffartzik, A., Eisenmenger, N., Weisz, U.; Wien (2011)

Band 125+

**Raw Material Equivalents (RME) of Austria's Trade.** Schaffartzik, A., Eisenmenger, N., Krausmann, F., Weisz, H.; Wien (2013)

Band 126+

**Masterstudium "Sozial- und Humanökologie": Selbstevaluation 2005-2010.** Schmid, M., Mayer A., Miechtner, G.; Wien (2010)

Band 127+

**Bericht des Zentrums für Evaluation und Forschungsberatung (ZEF). Das Masterstudium „Sozial- und Humanökologie“.** Mayring, P., Fenzl, T.; Wien (2010)

Band 128+

**Die langfristigen Trends der Material- und Energieflüsse in den USA in den Jahren 1850 bis 2005.** Gierlinger, S.; Wien (2010)

Band 129+

**Die Verzehrssteuer 1829 – 1913 als Grundlage einer umwelthistorischen Untersuchung des Metabolismus der Stadt Wien.** Hauer, F.; Wien (2010)

Band 130+

**Human Appropriation of Net Primary Production in South Africa, 1961- 2006. A socio-ecological analysis.** Niedertscheider, M.; Wien (2011)

Band 131+

**The socio-metabolic transition. Long term historical trends and patterns in global material and energy use.** Krausmann, F. (Editor); Wien (2011)

Band 132+

**„Urlaub am Bauernhof“ oder „Bauernhof ohne Urlaub“? Eine sozial-ökologische Untersuchung der geschlechtsspezifischen Arbeitsteilung und Zeitverwendung auf landwirtschaftlichen Betrieben in der Gemeinde Andelsbuch, Bregenzerwald.** Winder, M.; Wien (2011)

Band 133+

**Spatial and Socio-economic Drivers of Direct and Indirect Household Energy Consumption in Australia.** Wiedenhofer, D.; Wien (2011)

Band 134+

**Die Wiener Verzehrssteuer. Auswertung nach einzelnen Steuerposten (1830 – 1913).** Hauer, F., Gierlinger, S., Nagele, C., Albrecht, J., Uschmann, T., Martsch, M.; Wien (2012)

Band 135+

**Zeit für Veränderung? Über die geschlechtsspezifische Arbeitsteilung und Zeitverwendung in landwirtschaftlichen Betrieben und deren Auswirkungen auf Landnutzungsveränderungen in der Region „Westlicher Wienerwald“.** Eine sozial-ökologische Untersuchung. Madner, V.; Wien (2013)

Band 136+

**The Impact of Industrial Grain Fed Livestock Production on Food Security: an extended literature review.** Erb, K-H., Mayer, A., Kastner, T., Sallet, K-E., Haberl, H.; Wien (2012)

Band 137+

**Human appropriation of net primary production in Africa: Patterns, trajectories, processes and policy implications.** Fetzel, T., Niedertscheider, M., Erb, K-H., Gaube, V., Gingrich, S., Haberl, H., Krausmann, F., Lauk, C., Plutzar, C.; Wien (2012)

Band 138+

**VERSCHMUTZT – VERBAUT – VERGESSEN: Eine Umweltgeschichte des Wienflusses von 1780 bis 1910.** Pollack, G.; Wien (2013)

Band 139+

**Der Fleischverbrauch in Österreich von 1950-2010. Trends und Drivers als Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage.** Willerstorfer, T.; Wien (2013)

Band 140+

**Veränderungen im sektoralen Energieverbrauch ausgewählter europäischer Länder von 1960 bis 2005.** Draxler, V.; Wien (2014)

Band 141+

**Wie das ERP (European Recovery Program) die Entwicklung des alpinen, ländlichen Raumes in Vorarlberg prägte.** Groß, R.; Wien (2013)

Band 142+

**Exploring local opportunities and barriers for a sustainability transition on a Greek island.** Petridis, P., Hickisch, R., Klimek, M., Fischer, R., Fuchs, N., Kostakiotis, G., Wendland, M., Zipperer, M., Fischer-Kowalski, M.; Wien (2013)



Band 143+

**Climate Change Mitigation in Latin America: A Mapping of Current Policies, Plans and Programs.** Ringhofer, L., Singh, S.J., Smetschka, B.; Wien (2013)

Band 144+

**Arbeitszeit und Energieverbrauch: Grundsatzfragen diskutiert an der historischen Entwicklung in Österreich.** Weisz, U., Possanner, N.; Wien (2013)

Band 145+

**Barrieren und Chancen für die Realisierung nachhaltiger Mobilität. Eine Analyse der Zeitabhängigkeit von Mobilitätsmustern am Beispiel von Krems/Donau.** Gross, A.; Wien (2013)

Band 147+

**The rise of the semi-periphery: A physical perspective on the global division of labour. Material flow analysis of global trade flows (1970-2005).** Loy, C.; Wien (2013)

Band 148+

**Historische Energietransitionen im Ländervergleich. Energienutzung, Bevölkerung, Wirtschaftliche Entwicklung.** Pallua, I.; Wien (2013)

Band 149+

**Socio-Ecological Impacts of Land Grabbing for Nature Conservation on a Pastoral Community: A HANPP-based Case Study in Oloosokwan Village, Northern Tanzania.** Bartels, L. E.; Wien (2014)

Band 150+

**Teilweise waren Frauen auch Traktorist. Geschlechtliche Arbeitsteilung in landwirtschaftlichen Betrieben Ostdeutschlands heute – Unterschiede in der biologischen und konventionellen Bewirtschaftung.** Fehlinger, J.; Wien (2014)

Band 151+

**Economy-wide Material Flow Accounting Introduction and guide.** Krausmann, F., Weisz, H., Schütz, H., Haas, W., Schaffartzik, A.; Wien (2014)

Band 152+

**Large scale societal transitions in the past. The Role of Social Revolutions and the 1970s Syndrome.** Fischer-Kowalski, M., Hausknost, D. (Editors); Wien (2014)

Band 153+

**Die Anfänge der mineralischen Düngung in Österreich-Ungarn (1848-1914).** Mayrhofer, I.; Wien (2014)

Band 154+

**Environmentally Extended Input-Output Analysis.** Schaffartzik, A., Sachs, M., Wiedenhofer, D., Eisenmenger, N.; Wien (2014)

Band 155+

**Rural Metabolism: Material flows in an Austrian village in 1830 and 2001.** Haas, W., Krausmann, F.; Wien (2015)

Band 156+

**A proposal for a workable analysis of Energy Return On Investment (EROI) in agroecosystems. Part I: Analytical approach.** Tello, E., Galán, E., Cunfer, G., Guzmán-Casado, G.I., Gonzales de Molina, M., Krausmann, F., Gingrich, S., Sacristán, V., Marco, I., Padró, R., Moreno-Delgado, D.; Wien (2015)

Band 157+

**Auswirkungen des demographischen Wandels auf die Landwirtschaft und Landnutzung in der LEADER Region Mostviertel-Mitte.** Riegler, M.; Wien (2014)

Band 158+

**Ökobilanzierung im Zierpflanzenbau. Treibhausgasemissionen der Produktion von Zierpflanzen am Beispiel eines traditionellen Endverkaufsbetriebs in Österreich.** Wandl, M. T.; Wien (2015)

Band 159+

**CO<sub>2</sub>-Emissionen und Ressourcennutzung im Bergtourismus. Zur Frage der nachhaltigen Bewirtschaftung einer alpinen Schutzhütte und des Carbon Footprint ihrer Gäste.** Fink, R.; Wien (2015)

Band 160+

**Social Multi-Criteria Evaluation (SMCE) in Theory and Practice: Introducing the software OPTamos.** Singh, S. J., Smetschka, B., Grima, N., Ringhofer, L., Petridis, P., Biely, K.; Wien (2016)

Band 161+

**„Und dann war das Auto auch wieder weg“ – Biografische Betrachtung autofreier Mobilität.** Sattlegger, L.; Wien (2015)

Band 162+

**Die Konstruktion von traditional ecological knowledge: Eine kritische Analyse wissenschaftlicher Umwelt- und Naturschutzdiskurse.** Andrej, M.; Wien (2015)

Band 163+

**Stickstoffflüsse von der landwirtschaftlichen Produktion bis zum Lebensmittelverzehr in Österreich von 1965 bis 2010.** Sinnhuber, L.; Wien (2015)