

# Möglichkeiten von Großküchen zur Reduktion ihrer CO<sub>2</sub>-Emissionen

*(Maßnahmen, Rahmenbedingungen und Grenzen)*

Endbericht



**APFEL**

Wien, März 2011



„wir sind“



**Klimabündnis  
Betrieb**



Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

**Ressourcen Management Agentur**

# **Möglichkeiten von Großküchen zur Reduktion ihrer CO<sub>2</sub>- Emissionen (Maßnahmen, Rahmenbedingun- gen und Grenzen) - Sustainable Kitchen**

(Projekt SUKI)

**APFEL**

(Vers. 1.0)

**Hans Daxbeck  
Doris Ehrlinger  
Diederik de Neef  
Marianne Weineisen**

gefördert aus Mitteln  
des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung  
des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft,  
Umwelt und Wasserwirtschaft  
des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit  
der Stadt Wien – MA22 (ÖkoKauf) und MA38  
des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung  
des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung

Wien, März 2011

## IMPRESSUM :

### Projektleitung:

Hans Daxbeck

### Projektsachbearbeitung:

Hans Daxbeck, Diederik de Neef, Doris Ehrlinger, Marianne Weineisen

### Projektpartner:

Österreich: Ressourcen Management Agentur (RMA), BIO AUSTRIA

Tschechien: Südböhmische Universität České Budějovice, Daphne ČR, EPOS

### Mitarbeitende Großküchen:

#### Österreich:

Wien: Sozialmedizinisches Zentrum Baumgartner Höhe Otto-Wagner-Spital; EB-Restaurantsbetriebe Ges.m.b.H.

Niederösterreich: Landhausküche in St. Pölten, HBLA und Bundesamt für Wein- und Obstbau in Klosterneuburg

Oberösterreich: Landtagsküche in Linz; Landeskrankenhaus Rohrbach

#### Tschechien:

Südböhmen: Koleje a menzy der Südböhmischen Universität České Budějovice, Küche der Grundschule in Sezimovo Ústí

Vysočina: Küche der Fachschule in Jihlava

Südmähren: Küche der Grundschule in Brunn

### Leadpartner:

Ressourcen Management Agentur (RMA)

Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung  
ZVR Zahl: 482686233

Argentinerstraße 48/2. Stock  
1040 Wien

Tel.: +43 (0)1 913 22 52.0

Fax: +43 (0)1 913 22 52.22

Email: office@rma.at; www.rma.at

## Kurzfassung

Die Lebensmittelproduktion hat beträchtliche Auswirkungen auf den Klimawandel, welcher eine der größten Herausforderungen unserer Zeit darstellt. Die Landwirtschaft ist weltweit für etwa 14 % aller anthropogenen Treibhausgasemissionen (v.a. CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O und CO<sub>2</sub>), für 52 % der anthropogenen Methan- und für 84 % der Lachgasemissionen verantwortlich. Durch die Wahl der verwendeten Lebensmittel können Großküchen einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Der Untersuchungsrahmen umfasst die biologische und konventionelle Produktion von Äpfeln aus Italien (Region Trentino-Alto Adige) und beinhaltet die vorgelagerten Prozesse sowie die Prozesse Landwirtschaft und Handel. Die vorgelagerten Prozesse setzen sich aus der Erzeugung von Düngemittel, Pflanzenschutzmittel, Saatgut und Energie zusammen. Der Beitrag zur Veränderung des Klimas wird mithilfe von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (kurz CO<sub>2</sub> eq) angegeben. Für Projekt SUKI wird die derzeit aktuellste Methode, ReCiPe 2008, gewählt, welche im November 2009 letztmals auf den neuesten Stand gebracht wurde und sich auf die zuletzt veröffentlichten Treibhauspotentiale des International Panel on Climate Change (IPCC) bezieht.

Die Gesamtemissionen der konventionellen Produktion von Äpfeln betragen 0,17 kg CO<sub>2</sub> pro Kilogramm Äpfel. Die biologisch produzierten Äpfel emittieren 0,16 kg CO<sub>2</sub> pro Kilogramm Äpfel. Die Anteile der Prozesse Handel und Landwirtschaft sind an den gesamten THG-Emissionen weitgehend ausgeglichen.

Bei konventionell produzierten Äpfeln beträgt der Anteil der Landwirtschaft an den Gesamtemissionen 49 %, der Anteil des Handels rund 51 %. Die Landwirtschaft emittiert somit insgesamt 0,08 kg CO<sub>2</sub>, der Handel 0,09 kg CO<sub>2</sub>. Im Prozess Handel sind die Prozesse Transport und Lagerung ausschlaggebend für die Höhe der gesamten CO<sub>2</sub> Emissionen.

Der Anteil der Landwirtschaft von biologisch produzierten Äpfeln an den Gesamtemissionen beträgt 47 % und der Anteil des Handels rund 53 %. Der Prozess Landwirtschaft emittiert 0,08 kg CO<sub>2</sub> und der Prozess Handel 0,09 kg CO<sub>2</sub>. Auch in der biologischen Produktion von Äpfeln sind innerhalb des Prozesses Handel die Prozesse Transport und Lagerung ausschlaggebend für die Höhe der gesamten CO<sub>2</sub> Emissionen.

Aus den Ergebnissen des Projektes SUKI können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- 1°kg biologisch produzierte Äpfel aus Italien (Region Trentino-Alto Adige) emittiert mit 0,16°kg CO<sub>2</sub> 3 % weniger CO<sub>2</sub> als 1°kg konventionell produzierte Äpfel aus derselben Herkunftsregion (0,17°kg CO<sub>2</sub>).

- Die landwirtschaftliche biologische Produktion von 1°kg Äpfeln in Italien (Region Trentino-Alto Adige) emittiert mit 0,07°kg CO<sub>2</sub> 6 % weniger THG-Emissionen als 1°kg konventionell produzierte Äpfel aus derselben Herkunftsregion (0,08°kg CO<sub>2</sub>).
- Der Handel (Transport und Lagerung) von Äpfeln hat mit 53°% in der biologischen Produktion bzw. mit 51°% in der konventionellen Produktion den höchsten Anteil an den Gesamtemissionen. Beim Handel von Italien (Region Trentino-Alto Adige) nach Österreich (Wien) werden 0,10°kg CO<sub>2</sub> freigesetzt.

# Inhaltsverzeichnis

KURZFASSUNG .....	V
INHALTSVERZEICHNIS .....	I
1 EINLEITUNG .....	1
2 ZIELSETZUNG, FRAGESTELLUNG.....	3
3 METHODISCHES VORGEHEN .....	5
3.1 Untersuchungsrahmen – Systemdefinition .....	5
3.2 Vorgelagerte Prozesse.....	6
3.2.1 Erzeugung von Düngemittel.....	6
3.2.2 Erzeugung Pflanzenschutzmittel.....	8
3.2.3 Erzeugung von Saatgut .....	9
3.2.4 Erzeugung von Energie .....	10
3.3 Prozess Landwirtschaft.....	12
3.3.1 Allgemeine Annahmen.....	12
3.3.2 Landwirtschaftliche Inputs.....	12
3.3.3 Feldemissionen.....	15
3.3.3.1 Direkte N <sub>2</sub> O-Feldemissionen .....	15
3.3.3.2 Indirekte N <sub>2</sub> O-Feldemissionen .....	19
3.3.4 Maschineneinsatz .....	22
3.4 Prozess Handel.....	28
3.4.1 Transport.....	28
3.4.1.1 Straßentransport.....	28
3.4.1.2 Transportszenarien.....	29
3.4.2 Lagerung.....	31
3.5 Verarbeitung.....	33
4 ERGEBNISSE .....	35
5 SCHLUSSFOLGERUNGEN .....	41
6 LITERATUR.....	43





# 1 Einleitung

Die Lebensmittelproduktion hat beträchtliche Auswirkungen auf den Klimawandel, welcher eine der größten Herausforderungen unserer Zeit darstellt. Die Landwirtschaft ist weltweit für etwa 14 % aller anthropogenen Treibhausgasemissionen (v.a. CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O und CO<sub>2</sub>), für 52 % der anthropogenen Methan- und für 84 % der Lachgasemissionen verantwortlich.

Der Trend zur Verpflegung außer Haus ist ungebrochen. Gründe dafür sind wachsende berufliche, räumliche und soziale Mobilität, die Zunahme von Single-Haushalten und die zunehmenden Entfernungen zwischen Wohnort und Arbeitsplatz. Rund ein Fünftel der Lebensmittelausgaben der KonsumentInnen entfällt auf die Ernährung außer Haus, das entspricht rund 3 Mrd. Euro.

Großküchen verbrauchen täglich große Mengen an Energie. Diese setzt sich zum einen zusammen aus der direkten Energie, die für die Zubereitung von Speisen, Kühlung der Lebensmittel, Heizung, Beleuchtung, Lüftung, etc. aufgewendet wird. Zum anderen steckt neben dem Energiebedarf der Küche auch in den verarbeiteten Lebensmitteln Energie. Dieser indirekte Energiebedarf ergibt sich aus dem gesamten Energieverbrauch, der während der Produktion, Lagerung bzw. Kühlung und dem Transport vom Feld über den Handel bis in die Küche anfällt. Dieser indirekte Energiebedarf ist der so genannte „Ökologische Rucksack“ der Lebensmittel.

Während der direkte Energieverbrauch einer Küche relativ einfach ermittelt werden kann, ist der indirekte Energieverbrauch weitgehend unbekannt. Die Höhe der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Großküchen wird sowohl durch die Wahl der Lebensmittel als auch der Speisen wesentlich beeinflusst. Großküchen produzieren täglich bis zu 1,5 Mio. Speisen. Das Energieeinsparungspotential ist hoch. Untersuchungen zeigen, dass zwischen 20 % und 25 % des Energieverbrauchs eingespart werden können.

Durch die Wahl der verwendeten Lebensmittel können Großküchen einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Neben ernährungsphysiologischen und ökonomischen Kriterien, spielen zunehmend auch ökologische Kriterien bei der Zusammensetzung der Menüs eine wichtige Rolle. Die Frage, die sich stellt, lautet: Wie groß ist der Einfluss der Art der Produktion (konventionell/biologisch), des Ortes der Produktion (aus der Region/nicht aus der Region) und des Kaufzeitpunkts (saisonal/nicht saisonal) auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Lebensmitteln bzw. Speisen?

Eine bewusste Auswahl der Lebensmittel hat jedoch nicht nur ökologische Vorteile, sie trägt zudem zum Wohlbefinden der KonsumentInnen bei und stellt insbesondere in Schulküchen und in Küchen von Kindergärten eine Vorbildwirkung für jüngere Generationen dar.



## 2 Zielsetzung, Fragestellung

Das Ziel des Projekts SUKI ist es, die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen der am Projekt beteiligten Großküchen zu erfassen und die direkten und die indirekten Einflussmöglichkeiten von Großküchen auf ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen zu analysieren. Es werden Möglichkeiten und Grenzen von Großküchen zur Reduktion ihrer CO<sub>2</sub>-Emissionen aufgezeigt.

Folgende Fragen werden beantwortet:

- Wie viel Energie wird in Großküchen für den gesamten Produktionsprozess eingesetzt?
- Inwiefern unterscheidet sich der Energieverbrauch von Frischkostküchen im Vergleich zu Cook&Chill Küchen?
- Wie viel Energie verbrauchten die eingesetzten Lebensmittel auf ihrem Weg vom Feld in die Küche? Welchen Einfluss hat die Berücksichtigung der Produktionsart (konventionell, biologisch/ökologisch) bei der Auswahl der Lebensmittel auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Großküchen?
- Welchen Einfluss hat die Berücksichtigung der Herkunft (Regionalität) bei der Auswahl der Lebensmittel auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Großküchen?
- Welchen Einfluss hat die Berücksichtigung der Saisonalität bei der Auswahl der Lebensmittel auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Großküchen?
- Welche Speise trägt den größten ökologischen Rucksack?
- Welche kurz-, mittel- und langfristigen Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktion können in den Großküchen getroffen werden?

Hintergrund ist das Bestreben, Großküchen auf dem Weg zu einer nachhaltigen Produktion und gleichzeitiger Erhöhung der Ernährungsqualität zu unterstützen, indem am Beispiel der THG-Emissionen ausgewählter Lebensmittel sowie Speisen aus unterschiedlichen Regionen und verschiedenen Produktionssystemen durch die Wahl der Rohstoffe bedingte Möglichkeiten einer Emissionseinsparung abgeleitet werden.



### 3 Methodisches Vorgehen

#### 3.1 Untersuchungsrahmen – Systemdefinition

Die funktionelle Einheit ist 1 Kilogramm Apfel, das vom Hauptanbaugebiet in Trentino-Alto Adige, Südtalien/Hauptstadt Trient nach Österreich (Wien) geliefert wird. Das Produktsystem beinhaltet alle wesentlichen CO<sub>2</sub>-relevanten Größen für die Produktion von 1 kg Apfel.

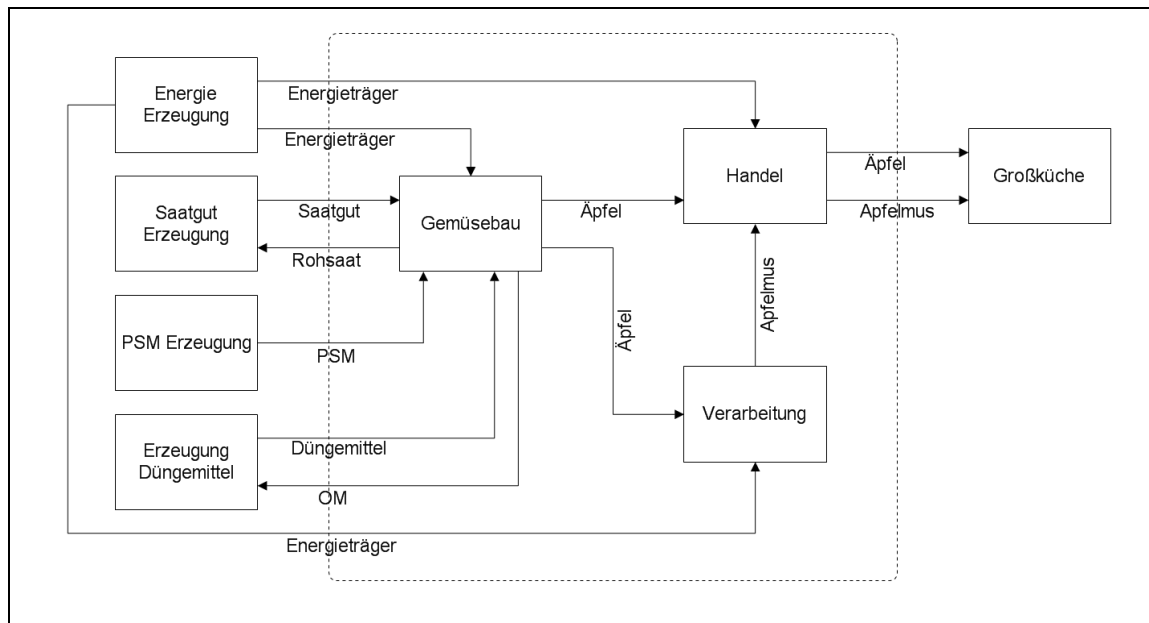


Abbildung 3-1: Systemdefinition Herstellung, Transport und Verarbeitung von Äpfeln (Italien – Trentino-Alto Adige), (frisch und verarbeitet)

OM: Organisches Material  
 PSM: Pflanzenschutzmittel

## 3.2 Vorgelagerte Prozesse

### 3.2.1 Erzeugung von Düngemittel

#### Mineralische Düngemittelerzeugung

Die Herstellung mineralischer Düngemittel verursacht Emissionen von Ammoniak (NH<sub>3</sub>), Phosphor- und Salpetersäure (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; HNO<sub>3</sub>) [International Fertilizer Industry Association (IFA)]. Im Rahmen der Produktion von Mineraldüngern werden die drei primären Nährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) und Kalium (K<sub>2</sub>O) berücksichtigt. Die verwendeten Emissionsfaktoren basieren auf Davis und Hagl [Davis, 1999], die derzeit umfassendste und aktuellste Studie. Die Klimawirkung (bzw. kg CO<sub>2</sub>e kg<sup>-1</sup>) der mineralischen Düngemittelherstellung werden [Ecoinvent Centre, 2007] entnommen (siehe Tabelle 3-1).

Tabelle 3-1: Allgemeine Annahmen bezüglich der Erzeugung von mineralischen Düngemitteln

Konventionelle Landwirtschaft			
Düngemittel	Einheit	Größe	Quelle und Bemerkungen
N-Düngemittel	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	<b>8,16</b>	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Ammonium nitrate, as N, at regional storehouse/RER U“
	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	8,2	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Calcium ammonium nitrate, as N, at regional storehouse/RER U“
	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	5,49	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Urea ammonium nitrate, as N, at regional storehouse/RER U“
	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	4,7	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Ammonium nitrate phosphate, as N, at regional storehouse/RER U“
	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	2,39	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Ammonium sulphate, as N, at regional storehouse/RER U“
	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	4,43	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Calcium nitrate, as N, at regional storehouse/RER U“
	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	3,07	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Urea, as N, at regional storehouse/RER U“
	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	2,49	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Monoammonium phosphate, as N, at regional storehouse/RER U“
	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	15,4	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Potassium nitrate, as N, at regional store-

Konventionelle Landwirtschaft			
Düngemittel	Einheit	Größe	Quelle und Bemerkungen
			house/RER U“
	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	2,5	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Diammonium phosphate, as N, at regional storehouse/RER U“
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Düngemittel	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	1,4	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Monoammonium phosphate, as P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , at regional storehouse/RER U“
	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	2,1	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Single superphosphate, as P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , at regional storehouse/RER U“
	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	<b>1,74</b>	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Triple superphosphate, as P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , at regional storehouse/RER U“
	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	1,38	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Diammonium phosphate, as P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , at regional storehouse/RER U“
	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	1,09	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Ammonium nitrate phosphate, as P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , at regional storehouse/RER U“
K <sub>2</sub> O-Düngemittel	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	0,677	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Potassium nitrate, as K <sub>2</sub> O, at regional storehouse/RER U“
	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	<b>1,13</b>	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Potassium sulphate, as K <sub>2</sub> O, at regional storehouse/RER U“

### Organische Düngemittelerzeugung

In der Tabelle 3-2 sind die aus [Ecoinvent Centre, 2007] entnommenen Prozesse für die organische Düngemittelherstellung aufgelistet. Für die Erzeugung von Gülle und Festmist (organische Düngemittel) werden 12 neue Prozesse erstellt. Diese Prozesse wurden vom Düngermanagement der Viehhaltung abgeleitet. Bezüglich der Methanemissionen sowie der direkten und indirekten Lachgasemissionen werden für Mastvieh und Milchvieh jeweils Gülle und Festmist berücksichtigt, wobei Gülle als Nebenprodukt der konventionellen Tierhaltung (Milch- und Fleischerzeugung) festgelegt wird und Festmist als Nebenprodukt der ökologischen Tierhaltung. Die Umweltauswirkungen werden mittels Allokationsfaktor den entsprechenden ‚Outputs‘ zugerechnet. Die Umweltauswirkung wird anhand einer ökonomischen Allokation den Düngemitteln zugeschrieben.

Tabelle 3-2: Allgemeine Annahmen bezüglich der Erzeugung von organischen Düngemitteln

Konventionelle Landwirtschaft			
Düngemittel	Einheit	Größe	Quelle und Bemerkungen
Kompost	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	0,325	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Compost, at plant/CH U“
Hornmehl	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	0,252	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Horn meal, at regional storehouse/CH U“
Hühnermist	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	0,0966	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Poultry manure, dried, at regional storehouse/CH U“
Vinasse	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	0,0157	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Vinasse, at regional storehouse/CH U“
Gründüngung, konventionell	kg CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup>	915	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Green manure IP, until February/CH U“
Gründüngung, biologisch	kg CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup>	498	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Green manure organic, until February/CH U“
Festmist, Mastbullen	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	0,0362	FESTMIST; aus Mastbullenhaltung;DE v02.1
Festmist, Milchvieh	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	<b>0,0118</b>	FESTMIST; aus Milchviehhaltung;DE v02.1
Gülle, Mastbullen	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	0,0154	GÜLLE; aus Mastbullenhaltung;DE v02.1
Gülle, Milchvieh	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	0,0204	GÜLLE; aus Milchviehhaltung;DE v02.1

Die Treibhausgasemissionen Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) (direkte und indirekte N<sub>2</sub>O Emissionen) aus dem Düngermanagement werden nach der IPCC 2006-Methode [De Klein et al., 2006] berechnet. Grundlage für die Berechnung ist die Gesamtmenge an ausgeschiedenem Wirtschaftsdünger und der Stickstoffgehalt im Dünger. Die Daten werden der Düngemitteltabelle der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft entnommen [Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010]. Die Emissionen werden in kg CO<sub>2</sub>e (kg Festmist oder Gülle)<sup>-1</sup> angegeben.

### 3.2.2 Erzeugung Pflanzenschutzmittel

Die Erzeugung von in der Landwirtschaft verwendeten Pestiziden trägt geringfügig zu den Treibhausgasemissionen bei (unter 5 %) und wird deshalb ‚grob‘ modelliert. Eine grobe Modellierung bedeutet, dass die Pflanzenschutzmittel (Pestizide) in drei Kategorien eingeteilt werden: Herbizide, Insektizide und Fungizide. Zur Darstellung der Emissionen werden die vorhandenen Sachbilanzen aus [Ecoinvent Centre, 2007] verwendet. Diese [Ecoinvent Centre, 2007] Sachbilanzen basieren auf [Green, 1987], und ist derzeit die qualitativ hochwertigste Datenquelle zur Erzeugung von chemischen Düngemitteln [Nemecek & Kägi, 2007].



Tabelle 3-3: Für die Modellierung der Erzeugung von Pflanzenschutzmitteln verwendete Prozesse, [Ecoinvent Centre, 2007]

Konventionelle Landwirtschaft – Erzeugung chemische Pflanzenschutzmittel			
Düngemittel	Einheit	Größe	Quelle und Bemerkungen
Pestizide	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	9,36	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Pesticide unspecified, at regional storehouse/RER U“
Herbizide	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	9,46	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Herbicides, at regional storehouse/RER U“
Fungizide	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	9,92	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Fungicides, at regional storehouse/RER U“
Insektizide	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	15,8	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Insecticides, at regional storehouse/RER U“

Biologische Pflanzenschutzmittel basieren auf natürliche, pflanzliche oder tierische Produkte, auf Mikroorganismen, auf Substanzen, die in Fallen eingesetzt werden oder auf Substanzen, die traditionell im ökologischen Landbau eingesetzt werden [Kelderer, 2011]. Konventionelle Pflanzenschutzmittel hingegen basieren auf chemischen Wirkstoffen. Die Herstellung von biologischen und konventionellen Mitteln ist somit sehr unterschiedlich. Aufgrund mangelnder Datenlage bezüglich der Herstellung von biologischen Pflanzenschutzmitteln wird im Rahmen des Bioanbaus die Erzeugung von biologischen Pflanzenschutzmitteln nicht berücksichtigt. Der erforderliche Maschineneinsatz für die Ausbringung der Pflanzenschutzmittel fließt in die Berechnung mit ein (siehe Kapitel 3.3.4).

### 3.2.3 Erzeugung von Saatgut

Die Erzeugung von Saat- und Pflanzgut trägt im Allgemeinen geringfügig (unter 5 %) zu den gesamten Treibhausgasemissionen von Lebensmitteln bei [Nemecek & Kägi, 2007]. Eine Ausnahme stellt die Kartoffel dar, da eine größere Menge an Pflanzgut pro ha notwendig ist. Aufgrund des relativ niedrigen Anteils der Saat- und Pflanzguterzeugung an den gesamten Treibhausgasemissionen wird dieser Prozess anhand der vorhandenen Daten in [Ecoinvent Centre, 2007] modelliert (siehe Tabelle 3-4). Dabei wird lediglich der Input Saat- und Pflanzgut für einjährige Kulturen berücksichtigt; für mehrjährige Kulturen (z.B. Obstsorten) wird die Erzeugung von Saat- und Pflanzgut aufgrund des niedrigen Beitrags an den gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen vernachlässigt.

Tabelle 3-4: Verwendete Prozesse für die Modellierung der Saat- und Pflanzguterzeugung, [Ecoinvent Centre, 2007]

Konventionelle Landwirtschaft – Erzeugung Saat- und Pflanzgut			
Saat- oder Pflanzgut	Einheit	Größe	Quelle und Bemerkungen
Gerste, konventionell	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	0,37	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Barley seed IP, at regional storehouse/CH U“
Gerste, biologisch	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	0,42	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Barley seed organic, at regional storehouse/CH U“
Klee, konventionell	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	3,15	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Clover seed IP, at regional storehouse/CH U“
Gras, konventionell	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	1,82	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Grass seed IP, at regional storehouse/CH U“
Gras, biologisch	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	1,38	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Grass seed organic, at regional storehouse/CH U“
Mais, konventionell	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	1,78	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Maize seed IP, at regional storehouse/CH U“
Mais, biologisch	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	1,24	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Maize seed organic, at regional storehouse/CH U“
Erbse, konventionell	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	0,82	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Pea seed IP, at regional storehouse/CH U“
Erbse, biologisch	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	0,84	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Pea seed organic, at regional storehouse/CH U“
Raps, konventionell	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	1,6	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Rape seed IP, at regional storehouse/CH U“
Raps, biologisch	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	1,17	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Rape seed organic, at regional storehouse/CH U“
Roggen, konventionell	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	0,29	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Rye seed IP, at regional storehouse/CH U“
Roggen, biologisch	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	0,4	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Rye seed organic, at regional storehouse/CH U“
Weizen, konventionell	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	0,51	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Wheat seed IP, at regional storehouse/CH U“
Weizen, biologisch	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	0,46	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Wheat seed organic, at regional storehouse/CH U“
Kartoffel, konventionell	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	0,177	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Potato seed IP, at regional storehouse/CH U“
Kartoffel, biologisch	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	0,163	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Potato seed organic, at regional storehouse/CH U“

### 3.2.4 Erzeugung von Energie

Energie wird nicht direkt, sondern über Energieträger genutzt, in denen sie physikalisch oder chemisch gespeichert ist. Durch die Umwandlung der Primärenergieträger Erdöl, Kohle, Gas, Holz und Biomasse entstehen die Sekundärenergieträger Strom, Dampf und Druckluft.

Für die Prozesse Landwirtschaft, Handel und Verarbeitung werden unterschiedliche Energieträger benötigt. Die Emissionen aus der Erzeugung der Energieträger werden komplett aus der Datenbank Ecoinvent [Ecoinvent Centre, 2007] entnommen.

In den Daten zur Erzeugung von Elektrizität sind berücksichtigt: Inlandserzeugung, Importe, Übertragungs- und Transformationsverluste sowie Schwefel-Hexafluorid (SF<sub>6</sub>) Emissionen [Ecoinvent Centre, 2007].

Die für den Prozess Landwirtschaft relevanten Werte sind Niederspannungswerte. Für den industriellen Bereich, also den Prozess Verarbeitung sind Mittelspannungswerte angegeben. Für alle Heizprozesse wird generell Erdgas als Energieträger angenommen (z.B. Beheizung von Gewächshäusern) was im Einzelfall gesondert betrachtet werden muss. Daten zum Erdgas als Treibstoff und als Rohstoff für die Düngemittelherstellung werden nicht angepasst, sondern wie vorhanden in der Datenbank, verwendet.

In den Prozessen Landwirtschaft und Handel ist Diesel der meistverwendete Brennstoff. Berücksichtigt werden die Raffination von Diesel sowie der Transport des Diesels zum Endverbraucher. Grundlegende Annahme für die Dieserverbrauchsdaten in allen Prozessen stellt der durchschnittliche Stand der Technik in Europa dar, d.h. Diesel nach EN 590, mit niedrigem Schwefelgehalt. Die Raffination des Diesels ist im Vergleich zu den Verbrennungsprozessen beim Verbrauch bezüglich der Emissionen vernachlässigbar. Die mit der Erzeugung assoziierten Treibhausgase werden berücksichtigt.

Die Emissionsfaktoren der Fernwärme aus der Müllverbrennung werden dem Prozess „disposal, municipal solid waste, 22,9 % water, to municipal incineration“ entnommen und nach den Regeln der Allokation 1/3 der Fernwärme zugerechnet.

Tabelle 3-5: Eingesetzte Energieträger in der Lebensmittelproduktionskette

Erzeugung Energieträger			
Energieträger	Einheit	Größe	Quelle und Bemerkungen
Diesel	kg CO <sub>2</sub> e kg <sup>-1</sup>	0,441	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Diesel, low-sulphur, at regional storage/RER U“
Elektrizität	kg CO <sub>2</sub> e kWh <sup>-1</sup>	0,431	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Electricity, low voltage, at grid/AT U“
	kg CO <sub>2</sub> e kWh <sup>-1</sup>	0,914	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Electricity, low voltage, at grid/CZ U“
	kg CO <sub>2</sub> e kWh <sup>-1</sup>	0,708	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Electricity, low voltage, at grid/DE U“
	kg CO <sub>2</sub> e kWh <sup>-1</sup>	0,627	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Electricity, low voltage, at grid/IT U“
	kg CO <sub>2</sub> e kWh <sup>-1</sup>	0,735	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Electricity, low voltage, at grid/HU U“
Erdgas	kg CO <sub>2</sub> e MJ <sup>-1</sup>	0,0708	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Heat, natural gas, at boiler condensing modulating <100kW/RER U“
	kg CO <sub>2</sub> e MJ <sup>-1</sup>	0,0663	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Natural gas, burned in boiler condensing modulating >100kW/RER U“

Erzeugung Energieträger			
Energieträger	Einheit	Größe	Quelle und Bemerkungen
Fernwärme	kg CO <sub>2</sub> e MJ <sup>-1</sup>	0,0738	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Heat from waste, at municipal waste incineration plant/CH U“

### 3.3 Prozess Landwirtschaft

#### 3.3.1 Allgemeine Annahmen

Tabelle 3-6: Allgemeine Annahmen der konventionellen Landwirtschaft

Konventionelle Landwirtschaft				
Parameter	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
Ertrag	kg ha <sup>-1</sup>	40.000		[Bonetti, 2010]

Tabelle 3-7: Allgemeine Annahmen der biologischen Landwirtschaft

Biologische Landwirtschaft				
Parameter	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
Ertrag	kg ha <sup>-1</sup>	27.000		[Messetti, 2010]

#### 3.3.2 Landwirtschaftliche Inputs

In diesem Kapitel werden die landwirtschaftlichen Inputs tabellarisch dargestellt. Die Werte werden zum Teil den vorgelagerten Prozessen, vgl. Kapitel 3.2 entnommen.

Tabelle 3-8: Düngemittel-Inputs der konventionellen Landwirtschaft

Konventionelle Landwirtschaft – Düngemittel-Inputs					
Düngemittel		Einheit	Größe	Spanne:	Quelle und Bemerkungen
Mineralische Düngemittel	N-Düngemittel	kg N ha <sup>-1</sup>	45	40 - 50	[Bonetti, 2010]
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Düngemittel	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup>	25	20 - 30	[Bonetti, 2010]
	K <sub>2</sub> O-Düngemittel	kg K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup>	110	100 – 120	[Bonetti, 2010]
Organische Düngemittel	Kompost	kg ha <sup>-1</sup>			
	Hornmehl	kg ha <sup>-1</sup>			
	Hühnermist	kg ha <sup>-1</sup>			
	Vinasse	kg ha <sup>-1</sup>			
	Mastviehmist	kg ha <sup>-1</sup>			
	Mastviehgülle	kg ha <sup>-1</sup>			
	Milchviehmist	kg ha <sup>-1</sup>			
	Milchviehgülle	kg ha <sup>-1</sup>	20.000		[Bonetti, 2010]
	Gründüngung, konventionell	ha			
Gründüngung, biologisch	ha				

Tabelle 3-9: Düngemittel-Inputs der biologischen Landwirtschaft

Biologische Landwirtschaft – Düngemittel-Inputs					
Düngemittel		Einheit	Größe	Spanne:	Quelle und Bemerkungen
Mineralische Düngemittel	N-Düngemittel	kg N ha <sup>-1</sup>			
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Düngemittel	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup>			
	K <sub>2</sub> O-Düngemittel	kg K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup>			
Organische Düngemittel	Kompost	kg ha <sup>-1</sup>			
	Hornmehl	kg ha <sup>-1</sup>			
	Hühnermist	kg ha <sup>-1</sup>			
	Vinasse	kg ha <sup>-1</sup>			
	Mastviehmist	kg ha <sup>-1</sup>			
	Mastviehgülle	kg ha <sup>-1</sup>			

Biologische Landwirtschaft – Düngemittel-Inputs					
Düngemittel	Einheit	Größe	Spanne:	Quelle und Bemerkungen	
Milchviehmist	kg ha <sup>-1</sup>	33.500		Berechnung nach [Messetti, 2010] und [Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010]	
Milchviehgülle	kg ha <sup>-1</sup>				
Gründüngung, konventionell	ha				
Gründüngung, biologisch	ha				

Tabelle 3-10: Pflanzenschutzmittel-Inputs der konventionellen Landwirtschaft

Konventionelle Landwirtschaft – Pflanzenschutzmittel-Input				
Pflanzenschutzmittel	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
Pestizide	kg ha <sup>-1</sup>	67,5		[Bonetti, 2010]
Herbizide	kg ha <sup>-1</sup>	0		
Insektizide	kg ha <sup>-1</sup>	0		
Fungizide	kg ha <sup>-1</sup>	0		

Tabelle 3-11: Pflanzenschutz-Inputs der biologischen Landwirtschaft

Biologische Landwirtschaft – Pflanzenschutzmittel-Input				
Pflanzenschutzmittel	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
Pestizide	kg ha <sup>-1</sup>	0		
Herbizide	kg ha <sup>-1</sup>	0		
Insektizide	kg ha <sup>-1</sup>	0		
Fungizide	kg ha <sup>-1</sup>	0		

Tabelle 3-12: Saatgut-Inputs der konventionellen Landwirtschaft

Konventionelle Landwirtschaft – Saat- und Pflanzgut-Input				
Saat- oder Pflanzgut	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
Saatgut	kg ha <sup>-1</sup>	-		

Tabelle 3-13: Saatgut-Inputs der biologischen Landwirtschaft

Biologische Landwirtschaft – Saat- und Pflanzgut-Input				
Saat- oder Pflanzgut	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
Saatgut	kg ha <sup>-1</sup>	-		

### 3.3.3 Feldemissionen

Landwirtschaftlich genutzte Böden enthalten in der durchwurzelten Bodenschicht zwischen 3.000 und 50.000 kg N/ha, wovon etwa 99 % in organischer Form gebunden sind. Für die treibhausrelevante Emissionen (hier N<sub>2</sub>O) von Bedeutung ist die Menge an anorganisch vorliegendem Stickstoff (NO<sub>3</sub> und NH<sub>4</sub>), d.h. durch Mineralisierungsvorgänge entstandener oder durch Düngemittel aufgebrachtener Stickstoff.

Direkte sowie indirekte Emissionen von Lachgas (N<sub>2</sub>O) entstehen auf landwirtschaftlich genutzten Böden hauptsächlich durch die Anwendung anorganischer und organischer Düngemittel [Spiess & Richner, 2005].

#### 3.3.3.1 Direkte N<sub>2</sub>O-Feldemissionen

Bei den direkten Lachgas (N<sub>2</sub>O) - Feldemissionen werden die Emissionen als Folge der anorganischen, also mineralischen Stickstoffdüngung (F<sub>SN</sub>) und der organischen Stickstoffdüngung (F<sub>ON</sub>) (Harn und Exkremente der Weidetiere) berücksichtigt.

Nicht berücksichtigt werden: mineralisierter Stickstoff als Folge des Verlustes von organisch gebundenem Kohlenstoff aus organischer Substanz im Boden (F<sub>SOM</sub>) und der Stickstoff aus Ernterückständen (F<sub>CR</sub>). Die daraus entstehenden Emissionen sind im Vergleich vernachlässigbar gering Ebenfalls nicht berücksichtigt wird der aus der Luft fixierte Stickstoff aus dem Anbau von Leguminosen. Die Bin-

dung des Stickstoffs aus der Luft durch Leguminosen wie Luzerne und Ackerbohne ist im ökologischen Pflanzenbau, v.a. im Weizenanbau der wichtigste Stickstofflieferant. Da die Datenlage über die Emissionen aus der N-Bindung durch Leguminosen bisher noch unzureichend ist um konkrete Aussagen treffen zu können, werden die Emissionen durch symbiotische N-Bindungen von Leguminosen nicht berücksichtigt [Strogies & Gniffke, 2009].

In der Formel 3-1 ist die Berechnungsmethode der N<sub>2</sub>O-N Emissionen wiedergegeben, adaptiert von [De Klein et al., 2006].

*Formel 3-1: Stickstoffanteil der Lachgasemissionen aus landwirtschaftlichen Inputs*

$$N_2O - N_{N_{\text{inputs}}} = [(F_{SN} + F_{ON}) \times EF_1]$$

N<sub>2</sub>O-N<sub>N<sub>inputs</sub></sub>: jährliche direkte Feldemissionen aus Stickstoff-Inputs in landwirtschaftlichen Boden, kg N<sub>2</sub>O-N ha<sup>-1</sup>

F<sub>SN</sub>: Aufgebrachte Menge anorganische Düngemittel, kg N ha<sup>-1</sup>

F<sub>ON</sub>: Aufgebrachte Menge organische Düngemittel, kg N ha<sup>-1</sup>

EF<sub>1</sub>: Emissionsfaktor für Lachgas Emissionen aus landwirtschaftlichen Stickstoff-Inputs, kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>

Die durchschnittlichen Inputs an anorganischem Stickstoff (F<sub>SN</sub>) sind aus der Fragebogenerhebung, den Publikationen von Landwirtschaftskammern und entsprechender Fachliteratur ermittelt worden. Die Stickstoffverluste die durch Verflüchtigung von Ammoniak (NH<sub>3</sub>) und Stickoxide (NO<sub>x</sub>) entstehen, werden [Anderl et al., 2009] und [De Klein et al., 2006] entnommen (siehe Formel 3-2).

*Formel 3-2: Menge des aufgebrauchten Stickstoff korrigiert um Verluste durch Verflüchtigung*

$$F_{SN} = N_{FERT} \times (1 - \text{Frac}_{GASF})$$

N<sub>FERT</sub>: Jährliche Menge an Stickstoff der in Form von Dünger aufgebracht wird, kg N

Frac<sub>GASF</sub>: Anteil des Stickstoffs der sich in Form von NH<sub>3</sub> und NO<sub>x</sub> verflüchtigt, kg/kg (0,023 für mineralische Düngemittel und 0,153 für Harnstoff)

Organische Düngemittel umfassen tierische Exkremente (bzw. Gülle, Festmist), Abwasserrückstände, Kompost, und sonstige organische Düngemittel wie zum Beispiel Vinasse oder Gründünger. Die durchschnittlichen organischen Stickstoff-Inputs (F<sub>ON</sub>) sind aus der Fragenbogenerhebung und den Literaturangaben ermittelt und werden anhand der Formel 3-3 [De Klein et al., 2006] berechnet. Die



entsprechenden Stickstoffgehalte der organischen Düngemittel werden der Düngemitteltabelle der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft [Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010] entnommen.

*Formel 3-3: Jährliche aufgebrauchte Menge organischen Stickstoffs*

$$F_{ON} = F_{AM} + F_{SEW} + F_{COMP} + F_{OOA}$$

$F_{AM}$ : Jährliche aufgebrauchte Menge an N über Wirtschaftsdünger, kg N year<sup>-1</sup>

$F_{SEW}$ : Jährliche aufgebrauchte Menge an N über Abwasserrückstände, kg N year<sup>-1</sup>

$F_{COMP}$ : Jährliche aufgebrauchte Menge an N über Kompost, kg N year<sup>-1</sup>

$F_{OOA}$ : Jährliche aufgebrauchte Menge an N über sonstige organische Düngemittel, kg N year<sup>-1</sup>

Bei Weidehaltungssystemen von Milch- und Mastvieh auf Grünland ist die Zufuhr von Stickstoff durch die Exkreme der Tiere gewährleistet.

Die entsprechenden Lachgasemissionen werden anhand [De Klein et al., 2006] ermittelt (siehe Formel 3-4).

*Formel 3-4: N<sub>2</sub>O-N Emissionen als Folge der Zufuhr der Exkreme von Weidetieren*

$$N_2O - N_{PRP} = F_{PRP} \times EF_{PRP}$$

$N_2O - N_{PRP}$ : Jährliche direkte Emissionen aus den Exkrementen von Weidetieren, kg N<sub>2</sub>O-N yr<sup>-1</sup>

$F_{PRP}$ : Jährliche Menge der Zufuhr von Exkrementen durch Weidetiere, kg N yr<sup>-1</sup>

$EF_{PRP}$ : Emissionsfaktor für N<sub>2</sub>O Emissionen aus den Exkrementen von Weidetieren, (kg N)<sup>-1</sup>

Anhand der Formel 3-5 entnommen und angepasst von [De Klein et al., 2006] wird der Stickstoffanteil der Lachgasemissionen (N<sub>2</sub>O-N) auf Lachgas (N<sub>2</sub>O) hochgerechnet.

*Formel 3-5: Umrechnung von N<sub>2</sub>O-N auf N<sub>2</sub>O*

$$N_2O = (N_2O - N_{N_{inputs}} + N_2O - N_{PRP}) \times \left( \frac{44}{28} \right)$$

Tabelle 3-14: Direkte N<sub>2</sub>O Feldemissionen der konventionellen Landwirtschaft

Konventionelle Landwirtschaft					
Parameter	Beschreibung	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
N <sub>FERT</sub>	Mineralisches N-Düngemittel	kg N ha <sup>-1</sup>	45		[Bonetti, 2010]
Fra <sub>GASF</sub>	Anteil N-Verluste durch Verflüchtigung (NH <sub>3</sub> und NO <sub>x</sub> )	kg N (kg Düngemittel) <sup>-1</sup>	0,023		[Anderl et al., 2009] Kap. 6.4.2.1,S.260;(0,023 für anorganische Düngemittel, 0,153 für Urea)
F <sub>AM</sub>	Gülle	kg N ha <sup>-1</sup>	76		Berechnung nach [Bonetti, 2010] und [Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010]
F <sub>SEW</sub>		kg N ha <sup>-1</sup>	0		
F <sub>COMP</sub>		kg N ha <sup>-1</sup>	0		
F <sub>OOA</sub>		kg N ha <sup>-1</sup>	0		
EF <sub>1</sub>	N <sub>2</sub> O-N Emissionsfaktor für Feldemissionen durch Anwendung anorganischer und organischer N-Düngung	kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup>	0,01		[De Klein et al., 2006] Kap. 11.2.1.2,S.11.11,Tbl.11.1.
F <sub>PRP</sub>			0		
EF <sub>PRP</sub>	N <sub>2</sub> O-N Emissionsfaktor für Feldemissionen durch Zufuhr von Exkrementen von Weidetieren	kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup>	0,02		[De Klein et al., 2006] Kap. 11.2.1.2,S.11.11,Tbl.11.1

Tabelle 3-15: Direkte N<sub>2</sub>O Feldemissionen der biologischen Landwirtschaft

Biologische Landwirtschaft					
Parameter	Beschreibung	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
N <sub>FERT</sub>		kg N ha <sup>-1</sup>	0		
Fra <sub>GASF</sub>	Anteil N-Verluste durch Verflüchtigung (NH <sub>3</sub> und NO <sub>x</sub> )	kg N (kg Düngemittel) <sup>-1</sup>	0,023		[Anderl et al., 2009] Kap. 6.4.2.1,S.260;(0,023 für anorganische Düngemittel, 0,153 für Urea)
F <sub>AM</sub>	Milchviehmist	kg N ha <sup>-1</sup>	175		[Messetti, 2010]

Biologische Landwirtschaft					
Parameter	Beschreibung	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
F <sub>SEW</sub>		kg N ha <sup>-1</sup>	0		
F <sub>COMP</sub>		kg N ha <sup>-1</sup>	0		
F <sub>OOA</sub>		kg N ha <sup>-1</sup>	0		
EF <sub>1</sub>	N <sub>2</sub> O-N Emissionsfaktor für Feldemissionen durch Anwendung anorganischer und organischer N-Düngung	kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup>	0,01		[De Klein et al., 2006] Kap. 11.2.1.2,S.11.11,Tbl.11.1.
F <sub>PRP</sub>		kg N ha <sup>-1</sup>	0		
EF <sub>PRP</sub>	N <sub>2</sub> O-N Emissionsfaktor für Feldemissionen durch Zufuhr von Exkrementen von Weidetieren	kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup>	0,02		[De Klein et al., 2006] Kap. 11.2.1.2,S.11.11,Tbl.11.1

### 3.3.3.2 Indirekte N<sub>2</sub>O-Feldemissionen

Die Anwendung von anorganischen sowie organischen Düngemitteln kann auch zu indirekten Lachgasemissionen führen. Indirekte Lachgasemissionen entstehen durch Verflüchtigung des Stickstoffs in Form von Ammoniak (NH<sub>3</sub>) und Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) und deren anschließende Umwandlung in Lachgas.

Indirekte Lachgasemissionen aus Verflüchtigung von Stickstoff werden nach [De Klein et al., 2006] anhand der Formel 3-6 ermittelt. Die Stickstoff-Inputs entsprechen jenen wie bei der Berechnung der direkten Lachgasemissionen (siehe 3.3.3.1).

*Formel 3-6: Lachgas aus atmosphärischer Deposition von landwirtschaftlichen Böden verflüchtigter Stickstoff*

$$N_2O_{(ATD)} - N = [(F_{SN} \times \text{Frac}_{GASF}) + ((F_{ON} + F_{PRP}) \times \text{Frac}_{GASM})] \times EF_4$$

N<sub>2</sub>O<sub>(ATD)</sub>: Jährliche Menge N<sub>2</sub>O-N an Stickstoff der aus landwirtschaftlichen Böden ausgast, kg N<sub>2</sub>O-N Jahr<sup>-1</sup>

F<sub>SN</sub>: Aufgebrachte Menge anorganischer Düngemittel, kg N ha<sup>-1</sup> (zur Abstimmung mit den direkten N<sub>2</sub>O Emissionen wird hier N<sub>FERT</sub> verwendet)

$Frac_{GASF}$ : Stickstoffanteil der als  $NH_3$  und  $NO_x$  aus mineralischer Düngung verflüchtigt (atmosphärische Deposition), kg/kg (0,023 für mineralische Düngemittel und 0,153 für Harnstoff)

$F_{ON}$ : Aufgebrachte Menge organische Düngemittel, kg N  $ha^{-1}$

$F_{PRP}$ : Jährliche Menge der von Weidetieren abgegebenen Exkremente, kg N  $yr^{-1}$

$Frac_{GASM}$ : Stickstoffanteil der als  $NH_3$  und  $NO_x$  aus organischer Düngung verflüchtigt (atmosphärische Deposition), kg N-Verflüchtigt (kg N) $^{-1}$

$EF_4$ : Emissionsfaktor für  $N_2O$  Emissionen aus atmosphärischer Deposition von Stickstoff, kg  $N_2O$ -N (kg  $NH_3$ -N +  $NO_x$ -N verflüchtigt) $^{-1}$

Weitere indirekte Lachgasemissionen werden durch den Oberflächenabfluss und die Auswaschung von Stickstoff aus landwirtschaftlichen Böden verursacht. Im Boden liegt der Stickstoff in Form von sehr mobilem Nitrat vor ( $NO_3^-$ ), das vor allem im Winterhalbjahr (kein Bewuchs) leicht mit dem Sickerwasser ausgewaschen werden kann [Spiess & Richner, 2005].

Die indirekten Lachgasemissionen aus dem Oberflächenabfluss und der Auswaschung von Stickstoff werden anhand der Formel 3-7 [De Klein et al., 2006] ermittelt.

*Formel 3-7: Jährliche Menge  $N_2O$ -N Emissionen aus Oberflächenabfluss und Auswaschung*

$$N_2O_L - N = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP}) \times Frac_{LEACH-(H)} \times EF_5$$

$N_2O_L$ -N: Jährliche Menge  $N_2O$ -N Emissionen aus Oberflächenabfluss und Auswaschung, kg  $N_2O$ -N  $Jahr^{-1}$

$F_{SN}$ : Aufgebrachte Menge anorganische Düngemittel, kg N  $ha^{-1}$  (zur Abstimmung mit die direkte  $N_2O$  Emissionen wird hier  $N_{FERT}$  verwendet)

$F_{ON}$ : Aufgebrachte Menge organische Düngemittel, kg N  $ha^{-1}$

$F_{PRP}$ : Jährliche Menge von Weidetieren deponierter Harn und Dung, kg N  $yr^{-1}$

$Frac_{LEACH-(H)}$ : Anteil von der gesamten Menge aufgebrachtem Stickstoff welcher durch Oberflächenabfluss und Auswaschung verloren geht, kg N (kg hinzugefügte N) $^{-1}$

$EF_5$ : Emissionsfaktor für  $N_2O$  Emissionen von Oberflächenabfluss und Auswaschung, kg  $N_2O$ -N (kg N) $^{-1}$

Schließlich wird der Stickstoffanteil der indirekten Lachgasemissionen ( $N_2O$ -N) auf Lachgas ( $N_2O$ ) anhand der Formel 3-8 und der Formel 3-5 adaptiert von [De Klein et al., 2006], hochgerechnet.

Formel 3-8: Jährliche Menge indirekter N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Stickstoff-Inputs

$$N_2O = (N_2O_{(ATD)} + N_2O_{LEACH-(H)}) \times \left(\frac{44}{28}\right)$$

Tabelle 3-16: Indirekte N<sub>2</sub>O Feldemissionen der konventionellen Landwirtschaft

Konventionelle Landwirtschaft					
Parameter	Beschreibung	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
N <sub>FERT</sub> (F <sub>SN</sub> )		kg N ha <sup>-1</sup>	45		[Bonetti, 2010]
Frac <sub>GASF</sub>	Anteil N-Verluste durch Verflüchtigung (NH <sub>3</sub> und NO <sub>x</sub> )	kg N (kg Düngemittel) <sup>-1</sup>	0,023		[Anderl et al., 2009] Kap. 6.4.2.1, S.260; (0,023 für anorganische Düngemittel, 0,153 für Urea)
F <sub>AM</sub>	Gülle (kg Gülle-N/ha)	kg N ha <sup>-1</sup>	76		Berechnet nach [Bonetti, 2010] und [Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010]
F <sub>SEW</sub>		kg N ha <sup>-1</sup>	0		
F <sub>COMP</sub>		kg N ha <sup>-1</sup>	0		
F <sub>OOA</sub>		kg N ha <sup>-1</sup>	0		
F <sub>PRP</sub>		kg N ha <sup>-1</sup>	0		
Frac <sub>GASM</sub>	Anteil N-Verluste von Harn und Dung von Beweidung durch Verflüchtigung (NH <sub>3</sub> und NO <sub>x</sub> )	kg N <sub>2</sub> O-N (kg verflüchtigte NH <sub>3</sub> -N + NO <sub>x</sub> -N) <sup>-1</sup>	0,2		[Anderl et al., 2009] Kap.11.2.2, S.11.19-24, Tbl.11.3
EF <sub>4</sub>	Emissionsfaktor für N <sub>2</sub> O Emissionen von atmosphärische Deposition von N	kg N <sub>2</sub> O-N (kg verflüchtigte NH <sub>3</sub> -N + NO <sub>x</sub> -N) <sup>-1</sup>	0,01		[Anderl et al., 2009] Kap.11.2.2, S.11.19-24, Tbl.11.3
Frac <sub>LEACH-(H)</sub>	Anteil der N-Verluste durch Oberflächenabfluss und Auswaschung	kg N (kg aufgebrauchte N) <sup>-1</sup>	0,3		[Anderl et al., 2009] Kap.11.2.2, S.11.19-24, Tbl.11.3
EF <sub>5</sub>	Emissionsfaktor für N <sub>2</sub> O Emissionen durch Oberflächenabfluss und Auswaschung	kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup>	0,0075		[Anderl et al., 2009] Kap.11.2.2, S.11.19-24, Tbl.11.3

Tabelle 3-17: Indirekte N<sub>2</sub>O Feldemissionen der biologischen Landwirtschaft

Biologische Landwirtschaft					
Parameter	Beschreibung	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
N <sub>FERT</sub> (F <sub>SN</sub> )		kg N ha <sup>-1</sup>	0		
Fra <sub>C<sub>GAS</sub>F</sub>	Anteil N-Verluste durch Verflüchtigung (NH <sub>3</sub> und NO <sub>x</sub> )	kg N (kg Düngemittel) <sup>-1</sup>	0,023		[Anderl et al., 2009] Kap. 6.4.2.1, S.260; (0,023 für anorganische Düngemittel, 0,153 für Urea)
F <sub>AM</sub>	Milchviehmist	kg N ha <sup>-1</sup>	175		[Messetti, 2010]
F <sub>SEW</sub>		kg N ha <sup>-1</sup>	0		
F <sub>COMP</sub>		kg N ha <sup>-1</sup>	0		
F <sub>OOA</sub>		kg N ha <sup>-1</sup>	0		
F <sub>PRP</sub>		kg N ha <sup>-1</sup>	0		
Fra <sub>C<sub>GAS</sub>M</sub>	Anteil N-Verluste von Harn und Dung von Beweidung durch Verflüchtigung (NH <sub>3</sub> und NO <sub>x</sub> )	kg N <sub>2</sub> O-N (kg verflüchtigte NH <sub>3</sub> -N + NO <sub>x</sub> -N) <sup>-1</sup>	0,2		[Anderl et al., 2009] Kap.11.2.2, S.11.19-24, Tbl.11.3
EF <sub>4</sub>	Emissionsfaktor für N <sub>2</sub> O Emissionen von atmosphärische Deposition von N	kg N <sub>2</sub> O-N (kg verflüchtigte NH <sub>3</sub> -N + NO <sub>x</sub> -N) <sup>-1</sup>	0,01		[Anderl et al., 2009] Kap.11.2.2, S.11.19-24, Tbl.11.3
Fra <sub>C<sub>LEACH</sub>(H)</sub>	Anteil der N-Verluste durch Oberflächenabfluss und Auswaschung	kg N (kg aufgebrauchte N) <sup>-1</sup>	0,3		[Anderl et al., 2009] Kap.11.2.2, S.11.19-24, Tbl.11.3
EF <sub>5</sub>	Emissionsfaktor für N <sub>2</sub> O Emissionen durch Oberflächenabfluss und Auswaschung	kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup>	0,0075		[Anderl et al., 2009] Kap.11.2.2, S.11.19-24, Tbl.11.3

### 3.3.4 Maschineneinsatz

Der Einsatz von landwirtschaftlichen Maschinen verursacht Treibhausgasemissionen durch die Verbrennung von fossilen Treibstoffen. Es wird angenommen, dass Diesel der repräsentative Treibstoff in der Landwirtschaft ist. Die entsprechenden Emissionsfaktoren sind [Nemecek & Kägi, 2007] entnommen und in Tabelle 3-18 wiedergegeben. Eine durchschnittliche Dichte des Treibstoffs Diesel wird angenommen (siehe Tabelle 3-18).

Tabelle 3-18: Allgemeine Annahmen bezüglich Treibhausgasemissionen durch Maschineneinsatz in der Landwirtschaft

Konventionelle und biologische Landwirtschaft – Allgemeine Annahmen				
Parameter	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
CO <sub>2</sub> Emissionsfaktor durch Verbrennung von Diesel in landwirtschaftlichen Maschinen	kg CO <sub>2</sub> (kg Diesel) <sup>-1</sup>	3,12		[Nemecek & Kägi, 2007] Kap.7.2.6,S.62,Tbl.7.1
CH <sub>4</sub> Emissionsfaktor durch Verbrennung von Diesel in landwirtschaftlichen Maschinen	kg CH <sub>4</sub> (kg Diesel) <sup>-1</sup>	0,000129		[Nemecek & Kägi, 2007] Kap.7.2.6,S.62,Tbl.7.1
N <sub>2</sub> O Emissionsfaktor durch Verbrennung von Diesel in landwirtschaftlichen Maschinen	kg N <sub>2</sub> O (kg Diesel) <sup>-1</sup>	0,00012		[Nemecek & Kägi, 2007] Kap.7.2.6,S.62,Tbl.7.1
Dichte von Diesel	kg l <sup>-1</sup>	0,8325	Min. 0,820 Max. 0,845	<a href="http://de.wikipedia.org">http://de.wikipedia.org</a>
CO <sub>2</sub> Emissionsfaktor durch Verbrennung von LPG in landwirtschaftlichen Maschinen	kg CO <sub>2</sub> (kg Propan) <sup>-1</sup>	2,9		[Gomez et al., 2006] Vol.2,S.2.22,Tbl.2.5 (Annahme: NCV <sub>LPG</sub> :46 MJ/kg)
CH <sub>4</sub> Emissionsfaktor durch Verbrennung von LPG in landwirtschaftlichen Maschinen	kg CH <sub>4</sub> (kg Propan) <sup>-1</sup>	2,3e <sup>-4</sup>		[Gomez et al., 2006] Vol.2,S.2.22,Tbl.2.5 (Annahme: NCV <sub>LPG</sub> :46 MJ/kg)
N <sub>2</sub> O Emissionsfaktor durch Verbrennung von LPG in landwirtschaftlichen Maschinen	kg N <sub>2</sub> O (kg Propan) <sup>-1</sup>	4,6e <sup>-6</sup>		[Gomez et al., 2006] Vol.2,S.2.22,Tbl.2.5 (Annahme: NCV <sub>LPG</sub> :46 MJ/kg)

Tabelle 3-19: Arbeitsgänge und Treibstoffverbrauch für Maschineneinsatz in der konventionellen Landwirtschaft

Konventionelle Landwirtschaft - Maschineneinsatz					
Arbeitsgang	Sätze	Einheit	Treibstoffverbrauch	Aus:	Quelle und Bemerkungen
Säen		kg ha <sup>-1</sup>	3,82		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Sowing/CH U“
<b>Pflanzen</b>	<b>0,05</b>	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>	<b>16,8</b>		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Planting/CH U“
Kartoffellegen		kg ha <sup>-1</sup>	8,9		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Potato planting/CH U“
Pflügen		kg ha <sup>-1</sup>	26,1		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, ploughing/CH U“

<b>Konventionelle Landwirtschaft - Maschineneinsatz</b>					
<b>Arbeitsgang</b>	<b>Sätze</b>	<b>Einheit</b>	<b>Treibstoffverbrauch</b>	<b>Aus:</b>	<b>Quelle und Bemerkungen</b>
Grubbern		kg ha <sup>-1</sup>	15,5		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, cultivating, chiselling/CH U“
Eggen (Kreiselegge)		kg ha <sup>-1</sup>	11,5		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, harrowing, by rotary harrow/CH U“
Eggen (Federzinkenegge)		kg ha <sup>-1</sup>	4,44		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, harrowing, by spring tine harrow/CH U“
Fräsen		kg ha <sup>-1</sup>	14,1		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, rotary cultivator/CH U“
Walzen		kg ha <sup>-1</sup>	3,18		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, rolling/CH U“
Striegeln mit Hackstriegel		kg ha <sup>-1</sup>	1,6		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, currying, by weeder/CH U“
<b>Ausbringen mineralischer Düngemittel</b>	<b>1</b>	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>	<b>5,29</b>		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Fertilising, by broadcaster/CH U“ [Bonetti, 2010]
<b>Ausbringen Gülle mit Vakuumfass</b>	<b>20</b>	<b>m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup></b>	<b>0,217</b>		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Slurry spreading, by vacuum tanker/CH U“ [Bonetti, 2010]
Ausbringen Festmist		kg ha <sup>-1</sup>	0,000531		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Solid manure loading and spreading, by hydraulic loader and spreader/CH U“
Mähen, Kreiselmäher		kg ha <sup>-1</sup>	4,3		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Mowing, by rotary mower/CH U“
Schwaden		kg ha <sup>-1</sup>	2,95		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Swath, by rotary windrower/CH U“
Heuen, Kreiselheuer		kg ha <sup>-1</sup>	1,92		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Haying, by rotary tedder/CH U“
Ernten mit Mähdrescher		kg ha <sup>-1</sup>	33,3		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Combine harvesting/CH U“



Konventionelle Landwirtschaft - Maschineneinsatz						
Arbeitsgang		Sätze	Einheit	Treibstoffverbrauch	Aus:	Quelle und Bemerkungen
Kartoffel Vollernter			kg ha <sup>-1</sup>	28,1		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Harvesting, by complete harvester, potatoes/CH U“
Rüben Vollernter			kg ha <sup>-1</sup>	103		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Harvesting, by complete harvester, beets/CH U“
<b>Spritzen von chemischen Pflanzenschutzmitteln</b>		<b>16</b>	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>	<b>1,76</b>		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Application of plant protection products, by field sprayer/CH U“ [Bonetti, 2010]
Striegeln mit Hackstriegel			kg ha <sup>-1</sup>	1,6		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, currying, by weeder/CH U“
Hacken			kg ha <sup>-1</sup>	3,28		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Hoeing/CH U“
<b>Mulchen</b>		<b>1</b>	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>	<b>3,51</b>		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Mulching/CH U“ [Bonetti, 2010]
Abflammen			kg ha <sup>-1</sup>	3,3		[Anderst, 2010] Prozess: „Abflammen;in ha;TEMPLATE (v.01)“; Emissionsfaktoren von LPG werden angewendet für die Berechnung der Treibhausgasemissionen aus Propanverbrennung, siehe Tabelle 3-18.
			kg Propan ha <sup>-1</sup>	60		
Bewässerung	Diesel	1,5	kg ha <sup>-1</sup>	3,78		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Irrigating/ha/CH U“
	Strom		kWh ha <sup>-1</sup>	876		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Irrigating/ha/CH U“
	Wasser		m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	1.200	1.750	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Irrigating/ha/CH U“
<b>Dieserverbrauch Nichtzuordenbar</b>		<b>27,5</b>	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>			[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Diesel, low-sulphur, at regional storage/RER U“
Stromverbrauch - Nichtzuordenbar			kWh ha <sup>-1</sup>			[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Electricity, low voltage, at grid/AT U“

Tabelle 3-20: Arbeitsgänge und Treibstoffverbrauch für Maschineneinsatz in der biologischen Landwirtschaft

Biologische Landwirtschaft - Maschineneinsatz					
Arbeitsgang	Sätze	Einheit	Treibstoffverbrauch	Aus:	Quelle und Bemerkungen
Säen		kg ha <sup>-1</sup>	3,82		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Sowing/CH U“
<b>Pflanzen</b>	<b>0,05</b>	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>	<b>16,8</b>		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Planting/CH U“
Kartoffellegen		kg ha <sup>-1</sup>	8,9		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Potato planting/CH U“
Pflügen		kg ha <sup>-1</sup>	26,1		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, ploughing/CH U“
Grubbern		kg ha <sup>-1</sup>	15,5		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, cultivating, chiselling/CH U“
Eggen (Kreiselegge)		kg ha <sup>-1</sup>	11,5		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, harrowing, by rotary harrow/CH U“
Eggen (Federzinkenegge)		kg ha <sup>-1</sup>	4,44		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, harrowing, by spring tine harrow/CH U“
Fräsen		kg ha <sup>-1</sup>	14,1		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, rotary cultivator/CH U“
Walzen		kg ha <sup>-1</sup>	3,18		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, rolling/CH U“
Striegeln mit Hackstriegel		kg ha <sup>-1</sup>	1,6		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, currying, by weeder/CH U“
Ausbringen mineralische Düngemittel		kg ha <sup>-1</sup>	5,29		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Fertilising, by broadcaster/CH U“
Ausbringen Gülle mit Vakuumfass		m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	0,217		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Slurry spreading, by vacuum tanker/CH U“
<b>Ausbringen Festmist</b>	<b>33.500</b>	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>	<b>0,000531</b>		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Solid manure loading and spreading, by hydraulic loader and spreader/CH U“ [Kelderer, 2010]
Mähen, Kreiselmäher		kg ha <sup>-1</sup>	4,3		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Mowing, by rotary mower/CH U“
Schwaden		kg ha <sup>-1</sup>	2,95		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Swath, by rotary windrower/CH U“

<b>Biologische Landwirtschaft - Maschineneinsatz</b>						
<b>Arbeitsgang</b>	<b>Sätze</b>	<b>Einheit</b>	<b>Treibstoffverbrauch</b>	<b>Aus:</b>	<b>Quelle und Bemerkungen</b>	
Heuen, Kreiselheuer		kg ha <sup>-1</sup>	1,92		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Haying, by rotary tedder/CH U“	
Ernten mit Mähdrescher		kg ha <sup>-1</sup>	33,3		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Combine harvesting/CH U“	
Kartoffel Vollernter		kg ha <sup>-1</sup>	28,1		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Harvesting, by complete harvester, potatoes/CH U“	
Rüben Vollernter		kg ha <sup>-1</sup>	103		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Harvesting, by complete harvester, beets/CH U“	
<b>Spritzen von chemischen Pflanzenstärkungsmitteln</b>	<b>16</b>	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>	<b>1,76</b>		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Application of plant protection products, by field sprayer/CH U“ [Kelderer, 2010] und [Messetti, 2010]	
Striegeln mit Hackstriegel		kg ha <sup>-1</sup>	1,6		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, currying, by weeder/CH U“	
Hacken		kg ha <sup>-1</sup>	3,28		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Hoeing/CH U“	
Mulchen		kg ha <sup>-1</sup>	3,51		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Mulching/CH U“	
Abflammen		kg ha <sup>-1</sup>	3,3		[Anderst, 2010] Prozess: „Abflammen;in ha;TEMPLATE (v.01)“; Emissionsfaktoren von LPG werden angewendet für die Berechnung der Treibhausgasemissionen aus Propanverbrennung, siehe Tabelle 3-18.	
		kg Propan ha <sup>-1</sup>	60			
<b>Bewässerung</b>	<b>Diesel</b>	<b>1,5</b>	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>	<b>3,78</b>		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Irrigating/ha/CH U“
	<b>Strom</b>		<b>kWh ha<sup>-1</sup></b>	<b>876</b>		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Irrigating/ha/CH U“
	<b>Wasser</b>		<b>m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup></b>	<b>1.200</b>	400	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Irrigating/ha/CH U“
<b>Dieserverbrauch Nichtzuordenbar</b>	<b>-</b>	<b>27,5</b>	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Diesel, low-sulphur, at regional storage/RER U“	

Biologische Landwirtschaft - Maschineneinsatz					
Arbeitsgang	Sätze	Einheit	Treibstoffverbrauch	Aus:	Quelle und Bemerkungen
Stromverbrauch - Nicht-zuordenbar		kWh ha <sup>-1</sup>			[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Electricity, low voltage, at grid/AT U“

### 3.4 Prozess Handel

#### 3.4.1 Transport

Der Prozess Transport wird in vier verschiedene Kategorien unterteilt: Straßentransport, Bahntransport, Lufttransport und Seetransport. Im Folgenden werden die Transportkategorien definiert. Der Transport von Gütern wird anhand der Einheit Tonnenkilometer (tkm) dargestellt. Ein Tonnenkilometer (tkm) ist definiert als der Transport von einer Tonne Güter mit einem bestimmten Transportmittel über 1 Kilometer.

Der Transport von Äpfeln und Apfelerzeugnissen von Italien (Trentino-Alto Adige) nach Österreich (Wien) findet mit schweren Nutzfahrzeugen (SNF) statt. Der Transport wird anhand von Transportszenarien dargestellt (siehe Kapitel 3.4.1.2). Es werden durchschnittliche Distanzen herangezogen und der Transport auf 1 kg Endprodukt umgerechnet. Die Transportdauer, wichtig für Transporte mit Kühlcontainer, wird anhand einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 80 km/h ermittelt.

##### 3.4.1.1 Straßentransport

Der Straßentransport verursacht Emissionen von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), und Lachgas (N<sub>2</sub>O). Für die Berechnung der Emissionen aus dem Transport werden folgende Parameter benötigt: der Treibstoffverbrauch, die jeweilige Emissionsfaktoren und die Auslastung der Lastkraftwagen (LKW). Die Parameter werden aus TREMOVE ([www.tremove.org](http://www.tremove.org)), einem europäischen Transportmodell, abgeleitet. Obwohl länderspezifische Methoden vorhanden sind, bietet das TREMOVE-Modell eine einheitliche Methodik für 31 europäische Länder, was für das Ableiten der Parameter bevorzugt wird. In der Tabelle 3-21 sind die durchschnittlichen Treibstoffverbräuche der schweren und leichten Nutzfahrzeuge der 5 Herkunftsländer dargestellt. Der Treibstoffverbrauch zwischen Fahrzeugtechnologieklassen (bzw. EURO-Standard) ist relativ niedrig, es wird deswegen ein durchschnittlicher Treibstoffverbrauch je Fahrzeug-

kategorie (bzw. Nutzlastklasse) verwendet. Die Emissionsfaktoren sowie ein Maß für die Auslastung wurden dem TREMOVE-Modell entnommen und ist in der Tabelle 3-21 wiedergegeben.

Tabelle 3-21: Durchschnittlicher Treibstoffverbrauch, Treibhausgasemissionsfaktoren und Auslastung je Fahrzeugkategorie

Durchschnittlicher Emissionsfaktoren und Auslastung					
Fahrzeugkategorie	kg Treibstoff vkm <sup>-1</sup>	kg CO <sup>2</sup> vkm <sup>-1</sup>	kg CH <sup>4</sup> vkm <sup>-1</sup>	kg N <sup>2</sup> O vkm <sup>-1</sup>	Auslastung (vkm tkm <sup>-1</sup> )
SNF >32t	0,299	3,14	1,65E-04	1,01E-04	0,08
SNF 16-32t	0,232	3,14	2,14E-04	1,30E-04	0,16
SNF 7,5-16t	0,172	3,14	9,07E-05	1,75E-04	0,28
SNF 3,5-7,5t	0,099	3,14	1,66E-04	3,05E-04	0,92
LNF <3,5t	0,062	3,15	1,18E-04	1,36E-04	1,25

### 3.4.1.2 Transportszenarien

Tabelle 3-22: Transportszenario 1 für Äpfel aus Italien mit Maximalisierung des Einsatzes von schweren Nutzfahrzeugen (SNF)

Transportszenario 1: ÄPFEL IT-AT - MAX. SNF					
Transportstrecke	Transportmittel	km	Transportgewicht (t)	tkm	Quelle & Bemerkungen
LW (IT) - HA (Zwischenlager IT)	SNF 16-32t	50	0,001	0,05	Annahme: durchschnittliche Distanz zwischen Landwirt und Zwischenlager
HA (Zwischenlager IT) - HA (Zwischenlager AT)	SNF >32t	650	0,001	0,65	Annahme: Trient - Distributionszentrum AT
HA (Zwischenlager AT) - Großküche (Wien)	SNF 7,5-16t	50	0,001	0,05	Distributionszentrum AT – Großküche (Wien)
		100	0,001	0,1	Distributionszentrum AT – Großküche (Wien)
		200	0,001	0,2	Distributionszentrum AT – Großküche (Wien)

Tabelle 3-23: Transportszenario 2 für Äpfel aus Italien mit Minimalisierung des Einsatzes von schweren Nutzfahrzeugen (SNF)

Transportszenario 2: ÄPFEL IT-AT - MIN. SNF					
Transportstrecke	Transportmittel	km	Transportgewicht (t)	tkm	Quelle & Bemerkungen
LW (IT) - HA (Zwischenlager IT)	SNF 7,5-16t	50	0,001	0,05	Annahme: durchschnittliche Distanz zwischen Landwirt und Zwischenlager
HA (Zwischenlager IT) - HA (Zwischenlager AT)	SNF 7,5-16t	650	0,001	0,65	Annahme: Trient - Distributionszentrum AT
HA (Zwischenlager AT) - Großküche (Wien)	SNF <3,5t	50	0,001	0,05	Distributionszentrum AT – Großküche (Wien)
		100	0,001	0,10	Distributionszentrum AT – Großküche (Wien)
		200	0,001	0,20	Distributionszentrum AT – Großküche (Wien)

Tabelle 3-24: Transportszenario 1 für Apfelerzeugnisse aus Italien mit Maximalisierung des Einsatzes von schweren Nutzfahrzeugen (SNF)

Transportszenario 1: APFELMUS IT-AT - MAX. SNF					
Transportstrecke	Transportmittel	km	Transportgewicht (t)	tkm	Quelle & Bemerkungen
LW (IT) - HA (Zwischenlager IT)	SNF 16-32t	50	0,001	0,05	Annahme: durchschnittliche Distanz zwischen Landwirt und verarbeitende Industrie
HA (Zwischenlager IT) - VA (IT)	SNF 16-32t	50	0,001	0,05	Annahme: durchschnittliche Distanz zwischen verarbeitende Industrie und Zwischenlager IT
VA (IT) - HA (Zwischenlager AT)	SNF >32t	650	0,001	0,65	Annahme: Trient - Distributionszentrum AT
HA (Zwischenlager AT) - Großküche (Wien)	SNF 7,5-16t	50	0,001	0,05	Distributionszentrum AT – Großküche (Wien)
		100	0,001	0,1	Distributionszentrum AT – Großküche (Wien)
		200	0,001	0,2	Distributionszentrum AT – Großküche (Wien)

Tabelle 3-25: *Transportszenario 2 für Apfelerzeugnisse aus Italien mit Minimalisierung des Einsatzes von schweren Nutzfahrzeugen (SNF)*

Transportszenario 2: APFELMUS IT-AT - MIN. SNF					
Transportstrecke	Transportmittel	km	Transportgewicht (t)	tkm	Quelle & Bemerkungen
LW (IT) - HA (Zwischenlager IT)	SNF 7,5-16t	50	0,001	0,05	Annahme: durchschnittliche Distanz zwischen Landwirt und verarbeitende Industrie
HA (Zwischenlager IT) - VA (IT)	SNF 7,5-16t	50	0,001	0,05	Annahme: durchschnittliche Distanz zwischen verarbeitende Industrie und Zwischenlager IT
VA (IT) - HA (Zwischenlager AT)	SNF 3,5-7,5t	650	0,001	0,65	Annahme: Trient - Distributionszentrum AT
HA (Zwischenlager AT) - Großküche (Wien)	SNF <3,5t	50	0,001	0,05	Distributionszentrum AT – Großküche (Wien)
		100	0,001	0,1	Distributionszentrum AT – Großküche (Wien)
		200	0,001	0,2	Distributionszentrum AT – Großküche (Wien)

### 3.4.2 Lagerung

Daten zum Energieverbrauch bei der Lagerung von Lebensmitteln werden der dänischen Datenbank Icafood [Nielsen et al., 2003] und der Studie von [Carlsson-Kanyama & Faist, 2000] entnommen, die eine umfangreiche Datensammlung zu Energieverbräuchen im gesamten Lebensmittelsektor darstellt. Fallweise werden Sachbilanzen aus der ecoinvent - Datenbank entnommen [Ecoinvent Centre, 2007] (siehe Tabelle 3-26). In diesen Daten wird berücksichtigt: die Lagerung bei Raumtemperatur, die Kühlung und die Tiefkühl-lagerung.

Der Energieverbrauch für die Lagerung bei Raumtemperatur besteht aus Strom- und Wärmeverbrauch und wird anhand der Formel 3-9 berechnet, aus [Nielsen et al., 2003] und [Carlsson-Kanyama & Faist, 2000] entnommen. Der Energieverbrauch der Kühlung und Tiefkühlung von Lebensmitteln wird anhand der Formel 3-10 berechnet die ebenso von [Nielsen et al., 2003] und [Carlsson-Kanyama & Faist, 2000] entnommen wird. Die Inputdaten der jeweiligen Prozesse sind in der Tabelle 3-27 und der Tabelle 3-28 dargestellt.

Formel 3-9: Energieverbrauch der Lebensmittellagerung bei Raumtemperatur

$$E = E_S \times M_p \times t$$

E: Energieverbrauch für Lebensmittellagerung bei Raumtemperatur, kWh kg<sup>-1</sup>

E<sub>S</sub>: Spezifischer Stromverbrauch für Lagerungstyp S, kWh (m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> Tag<sup>-1</sup>

M<sub>p</sub>: Gewicht des gelagerten Produktes, kg

t: Lagerdauer, Tage

Formel 3-10: Energieverbrauch der Kühl- und Tiefkühlagerung

$$E = E_S \times u \times V_p \times t$$

E: Energieverbrauch für Kühl- und Tiefkühlagerung, kWh kg<sup>-1</sup>

u: Durchschnittliche Auslastung der Kühl- und Tiefkühlager, %

V<sub>p</sub>: Volumen des gelagerten Lebensmittels, m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>

Tabelle 3-26: Sachbilanzen für die Berechnung der Treibhausgasemissionen des Energieverbrauchs, [Ecoinvent Centre, 2007]

Sachbilanz	kg CO <sub>2</sub> e kWh <sup>-1</sup>
Electricity, medium voltage, at grid/AT U	0,393
Heat, natural gas, at boiler modulating <100kW/RER U	0,270

Tabelle 3-27: Inputdaten für die Lebensmittellagerung bei Raumtemperatur

Lebensmittellagerung bei Raumtemperatur					
Parameter	Beschreibung	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
E <sub>S(E)</sub>	Spezifischer Stromverbrauch für die Lebensmittellagerung bei Raumtemperatur	kWh kg <sup>-1</sup> Tag <sup>-1</sup>	0,00144		[Nielsen et al., 2003] [Carlsson-Kanyama & Faist, 2000]
E <sub>S(G)</sub>	Spezifischer Wärmeverbrauch für	kWh kg <sup>-1</sup> Tag <sup>-1</sup>	0,002167		[Nielsen et al., 2003] [Carlsson-



Lebensmittellagerung bei Raumtemperatur					
Parameter	Beschreibung	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
	die Lebensmittellagerung bei Raumtemperatur				Kanyama & Faist, 2000]
$M_P$	Gewicht des gelagerte Produktes	kg			
t	Lagerdauer	Tage			

Tabelle 3-28: Inputdaten für die Kühl- und Tiefkühlagerung der Lebensmittel

Kühlung und Tiefkühlung in Lebensmittellager					
Parameter	Beschreibung	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
$E_{S(K)}$	Spezifischer Stromverbrauch für die Kühlung	kWh (m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> Tag <sup>-1</sup>	0,59		[Nielsen et al., 2003] [Carlsson-Kanyama & Faist, 2000]
$E_{S(TK)}$	Spezifischer Stromverbrauch für die Tiefkühlung	kWh (m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> Tag <sup>-1</sup>	0,63		[Nielsen et al., 2003] [Carlsson-Kanyama & Faist, 2000]
u	Durchschnittliche Auslastung der Kühl- und Tiefkühlager	%	50		[Nielsen et al., 2003] [Carlsson-Kanyama & Faist, 2000]
$V_P$	Volumen des gelagerten Lebensmittels	m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup>			
t	Lagerdauer	Tage			

### 3.5 Verarbeitung

Tabelle 3-29: Energieverbrauch für die Erzeugung von Apfelmus

Energieverbrauch für die Erzeugung von Apfelmus					
Parameter	Beschreibung	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
$E_S$	Thermischer Energieverbrauch für die Apfelmuserzeugung	MJ kg <sup>-1</sup>	5	1,3 (Spinat) 4,8 (Erbsen)	[Heiss, 2004] Kap III.23.8, S.245, Werte für blanchieren von Gemüse und Obst,

Energieverbrauch für die Erzeugung von Apfelmus					
Parameter	Beschreibung	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
				9 (Dampf)	waschen, zerkleinern und passieren nicht inkludiert
Rohstoff		kg kg <sup>-1</sup>	1,25		Annahme

## 4 Ergebnisse

Der Beitrag zur Veränderung des Klimas wird mithilfe von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (kurz CO<sub>2</sub> eq) angegeben. Für das Projekt SUKI wird die derzeit aktuellste Methode [ReCiPe, 2008] gewählt, welche im November 2009 auf den neuesten Stand gebracht wurde [SimaPro 7, 2009] und sich auf die zuletzt veröffentlichten Treibhauspotentiale des International Panel on Climate Change (IPCC) bezieht [Goedkoop et al., 2009, S. 3]. Als funktionelle Einheit werden kg CO<sub>2</sub> eq pro kg des jeweiligen Lebensmittels festgelegt. Das bedeutet, dass sich die Ergebnisse der Berechnungen in kg CO<sub>2</sub> eq auf 1 kg des Lebensmittels beziehen, sodass die Vergleichbarkeit gewährleistet wird.

Die Beiträge der einzelnen Prozesse sind anhand eines Flussdiagramms dargestellt, diese enthalten die Prozesse Landwirtschaft, Handel und Verarbeitung. Zu beachten ist, dass der Prozess Handel aus dem Transport und der Lagerung besteht. In den Flussdiagrammen sind diese Prozesse getrennt dargestellt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden maximal die ersten sieben Ebenen dargestellt, das heißt, dass manche Prozesse in den Flussdiagrammen nicht mehr dargestellt sind.

Die Gesamtemissionen von konventionell produzierten Äpfeln aus Italien (Trentino-Alto Adige) betragen 0,17 kg CO<sub>2</sub> pro Kilogramm Äpfel. Biologisch produzierte Äpfel emittieren 3 % weniger Emissionen, das sind insgesamt 0,16 kg CO<sub>2</sub>. Die Anteile der Prozesse Landwirtschaft und Handel sind weitgehend ausgeglichen. Der Prozess Handel hat einen Anteil von 51 % (konventionell) bzw. 53 % (biologisch) an den gesamten THG-Emissionen. Für die Berechnungen wurde für beide Produktionsweisen das Transportszenario 1 herangezogen (siehe Kapitel 3.4.1.2). Der Prozess Landwirtschaft trägt bei der konventionellen Produktion mit 49 %, bei der biologischen Produktion mit 47 % zu den THG-Emissionen bei.

***CO<sub>2</sub> Emissionen von 1 kg konventionell produzierten Äpfeln (frisch); Herkunft: Italien (Region Trentino-Alto Adige), Ziel: Österreich (Wien)***

*Die Abbildung 4-1: CO<sub>2</sub> Emissionen von 1 kg konventionell produzierten Äpfeln (frisch); Herkunft: Italien (Region Trentino-Alto Adige), Ziel: Österreich (Wien)*

zeigt die Anteile der einzelnen Prozesse an den gesamten CO<sub>2</sub> Emissionen von konventionell produzierten Äpfeln. Konventionell produzierte Äpfel aus Italien verursachen pro kg etwa 0,17 kg CO<sub>2</sub>. Durch den Transport der Äpfel von Italien (Region Trentino-Alto Adige) nach Österreich (Wien) werden 0,09 kg CO<sub>2</sub> freigesetzt, das ist ein Anteil von 51 % an den gesamten THG-Emissionen. 49 % der ge-

samt CO<sub>2</sub> Emissionen kommen dem Prozess Landwirtschaft zu. Die Produktion von konventionell produzierten Äpfeln in Italien verursacht 0,08 kg CO<sub>2</sub>.

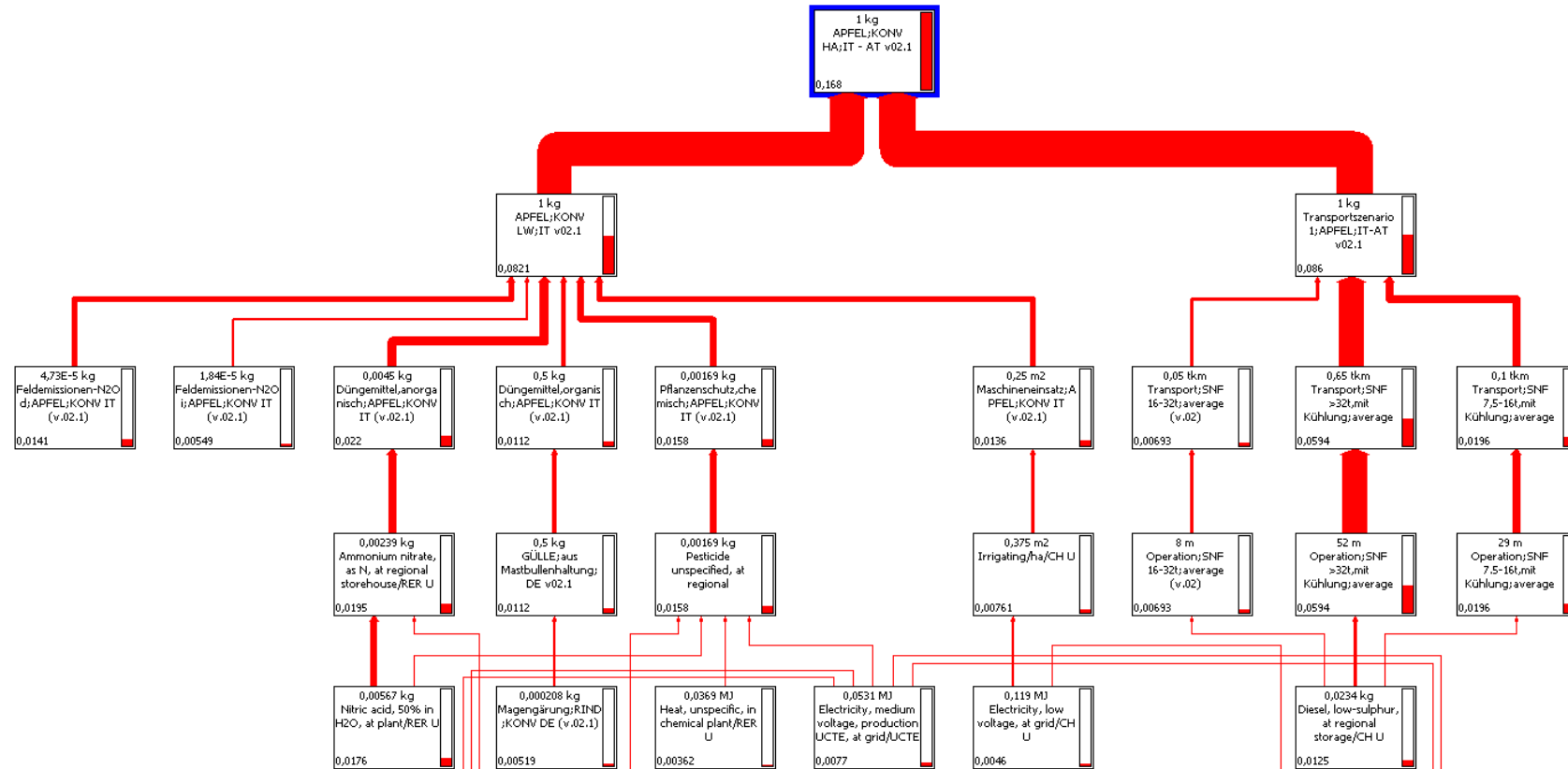


Abbildung 4-1: CO<sub>2</sub> Emissionen von 1 kg konventionell produzierten Äpfeln (frisch); Herkunft: Italien (Region Trentino-Alto Adige), Ziel: Österreich (Wien)

---

**CO<sub>2</sub> Emissionen von 1 kg biologisch produzierten Äpfeln (frisch); Herkunft: Italien (Region Trentino-Alto Adige), Ziel: Österreich (Wien)**

*In der Abbildung 4-2: CO<sub>2</sub> Emissionen von 1 kg biologisch produzierten Äpfeln (frisch); Herkunft: Italien (Region Trentino-Alto Adige), Ziel: Österreich (Wien)*

sind die Anteile der einzelnen Prozesse an den gesamten CO<sub>2</sub> Emissionen von biologisch produzierten Äpfeln dargestellt. Biologisch produzierte Äpfel aus Italien verursachen pro kg etwa 0,16 kg CO<sub>2</sub>. Durch den Transport der Äpfel von Italien (Trentino-Alto Adige) nach Österreich (Wien) werden 0,09 kg CO<sub>2</sub> freigesetzt, das ist ein Anteil von 53 % an den gesamten THG-Emissionen. 47 % der gesamten CO<sub>2</sub> Emissionen kommen dem Prozess Landwirtschaft zu. Die Produktion von Äpfeln in Italien verursacht 0,07 kg CO<sub>2</sub>.

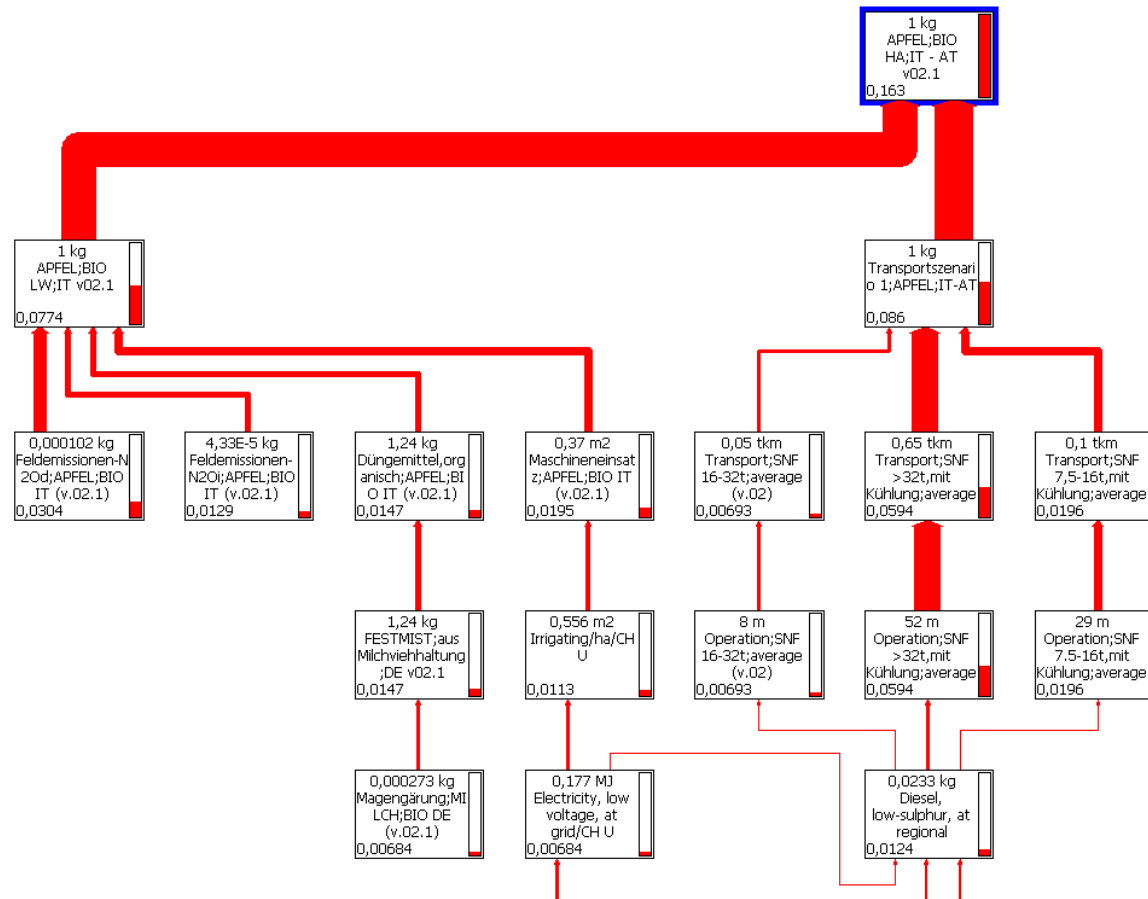


Abbildung 4-2: CO<sub>2</sub> Emissionen von 1 kg biologisch produzierten Äpfeln (frisch); Herkunft: Italien (Region Trentino-Alto Adige), Ziel: Österreich (Wien)

**Vergleich der CO<sub>2</sub> Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Äpfeln (frisch); Herkunft: Italien (Region Trentino-Alto Adige), Ziel: Österreich (Wien)**

Biologisch produzierte Äpfel setzen 0,16 kg CO<sub>2</sub> frei, konventionell produzierte Äpfel 0,17 kg CO<sub>2</sub>, das sind um 3 % weniger CO<sub>2</sub> Emissionen. Die Anteile der Prozesse Landwirtschaft und Handel sind weitgehend ausgeglichen. Die Emissionen aus der Landwirtschaft betragen in der biologischen Produktion 0,07 kg CO<sub>2</sub>, im Vergleich dazu werden in der konventionellen Produktion 0,08 kg CO<sub>2</sub> freigesetzt, das ist ein Anteil von 49 % (biologisch) bzw. 47 % (konventionell) an den Gesamtemissionen.

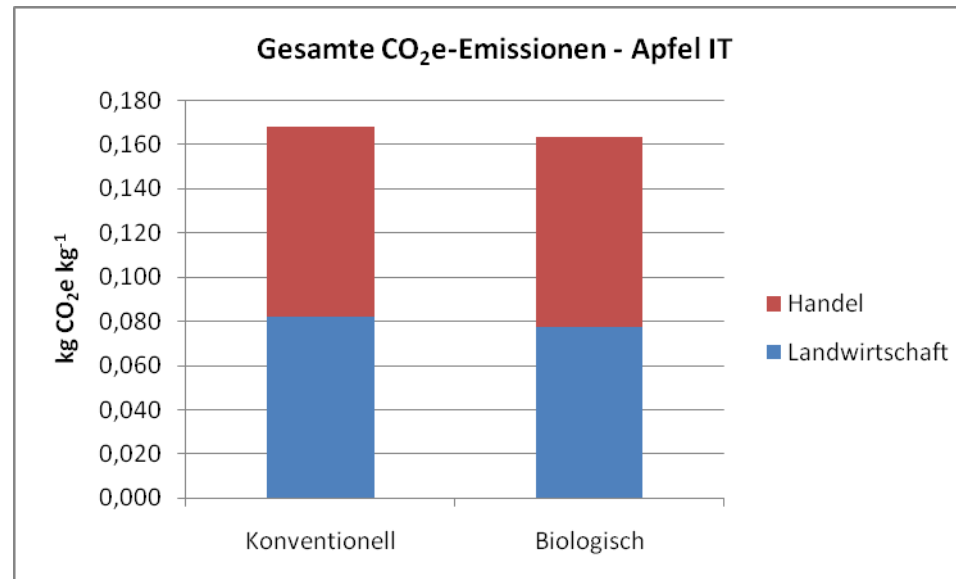


Abbildung 4-3: Vergleich der gesamten CO<sub>2</sub> Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Äpfeln (frisch); Herkunft: Italien (Region Trentino-Alto Adige), Ziel: Österreich (Wien)

Die Abbildung 4-4: Vergleich der landwirtschaftlichen CO<sub>2</sub> Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Äpfeln (frisch); Herkunft: Italien (Region Trentino-Alto Adige), Ziel: Österreich (Wien)

zeigt die Emissionen aus der Landwirtschaft von biologisch und konventionell produzierten Äpfeln aus Italien. Bezüglich der landwirtschaftlichen Produktion von Äpfeln setzen biologisch produzierte Äpfel im Vergleich zu konventionell produzierten Äpfeln 6 % weniger

THG-Emissionen frei. In der konventionellen Produktionsweise werden 0,08 kg CO<sub>2</sub> freigesetzt, in der biologischen Produktionsweise 0,07 kg CO<sub>2</sub>. Der größte Indikator für die Höhe der Emissionen ist bei konventionell produzierten Äpfeln das Düngemittel mit einem Anteil von 40 % (0,03 kg CO<sub>2</sub>) an den THG-Emissionen aus der Landwirtschaft, während in der biologischen Landwirtschaft die Düngemittel lediglich 19 % (0,01 kg CO<sub>2</sub>) ausmachen. Durch die Bewirtschaftung der Felder (durch Ausbringung von anorganischen und organischen Düngemitteln) fallen in der konventionellen Landwirtschaft Feldemissionen im Ausmaß von 0,02 kg CO<sub>2</sub> (24 %) und in der biologischen Produktion 0,04 kg CO<sub>2</sub> (56 %) an. Auch der Anteil des Maschineneinsatzes ist in der biologischen Produktion mit 25 % bzw. 0,02 kg CO<sub>2</sub> relativ hoch. Im Vergleich dazu hat der Maschineneinsatz in der konventionellen Landwirtschaft einen Anteil von 17 % (0,01 kg CO<sub>2</sub>). Das Pflanzenschutzmittel emittiert 0,02 kg CO<sub>2</sub>, das ist ein Anteil von 19 % an den THG-Emissionen aus der Landwirtschaft.

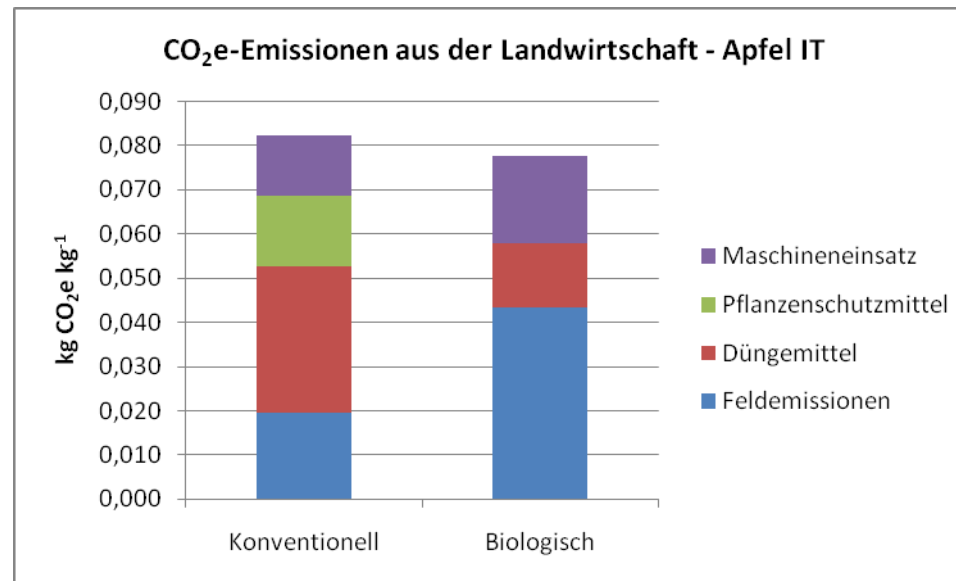


Abbildung 4-4: Vergleich der landwirtschaftlichen CO<sub>2</sub> Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Äpfeln (frisch); Herkunft: Italien (Region Trentino-Alto Adige), Ziel: Österreich (Wien)



## 5 Schlussfolgerungen

In den Berechnungen wird der gesamte Lebenszyklus der Lebensmittel berücksichtigt, von der landwirtschaftlichen Produktion in Italien (Region Trentino-Alto Adige) bis in die Großküchen nach Österreich (Wien). Darin enthalten sind auch die vorgelagerten Prozesse (z.B. Erzeugung von Dünge- bzw. Pflanzenschutzmittel), aber auch der Handel, der den Transport und die Lagerung (z.B. Kühlung) beinhaltet sowie die Verarbeitung berücksichtigt.

Die Gesamtemissionen von konventionell produzierten Äpfeln aus Italien betragen 0,17 kg CO<sub>2</sub> pro Kilogramm Äpfel. Biologisch produzierte Äpfel emittieren 3 % weniger Emissionen, das sind insgesamt 0,16 kg CO<sub>2</sub>. Die Anteile der Prozesse Landwirtschaft und Handel sind weitgehend ausgeglichen. Der Prozess Handel hat einen Anteil von 51 % (konventionell) bzw. 53 % (biologisch) an den gesamten THG-Emissionen. Der Prozess Landwirtschaft trägt bei der konventionellen Produktion mit 49 %, bei der biologischen Produktion mit 47 % zu den THG-Emissionen bei.

- **1°kg biologisch produzierte Äpfel aus Italien (Region Trentino-Alto Adige) emittiert mit 0,16°kg CO<sub>2</sub> 3 % weniger CO<sub>2</sub> als 1°kg konventionell produzierte Äpfel aus derselben Herkunftsregion (0,17°kg CO<sub>2</sub>).**  
Der Handel ist überwiegend für die Höhe der Emissionen verantwortlich. Dieser hat einen Anteil von 51 % (konventionell) bzw. 53 % (biologisch) an den gesamten THG-Emissionen. Durch den Transport von Äpfeln werden 0,10 kg CO<sub>2</sub> freigesetzt.
- **Die landwirtschaftliche biologische Produktion von 1°kg Äpfeln in Italien (Region Trentino-Alto Adige) emittiert mit 0,07°kg CO<sub>2</sub> 6 % weniger THG-Emissionen als 1°kg konventionell produzierte Äpfel aus derselben Herkunftsregion (0,08°kg CO<sub>2</sub>).**  
Der Einsatz von Düngemittel hat in der konventionellen Apfelproduktion mit 40 % bzw. 0,03 kg CO<sub>2</sub> den größten Anteil an den THG-Emissionen, während in der biologischen Landwirtschaft die Feldemissionen mit 56 % bzw. 0,04 kg CO<sub>2</sub> dominieren. Der Maschineneinsatz ist in der biologischen Produktion mit einem Anteil von 25 % (0,02 kg CO<sub>2</sub>) höher als in der konventionellen Produktion mit einem Anteil von 17 % bzw. 0,01 kg CO<sub>2</sub>.
- **Der Handel (Transport und Lagerung) von Äpfeln hat mit 53°% in der biologischen Produktion bzw. mit 51°% in der konventionellen Produktion den höchsten Anteil an den Gesamtemissionen. Beim Handel von Italien (Region Trentino-Alto Adige) nach Österreich (Wien) werden 0,10°kg CO<sub>2</sub> freigesetzt.**  
Jeweils 0,10 kg CO<sub>2</sub> werden sowohl für 1°kg konventionell produzierte als auch für 1°kg biologisch produzierte Äpfel beim Transport von der Region Trentino-Alto Adige (Italien) nach Wien (Österreich) emittiert. Im Prozess Handel sind die Prozesse Transport und Lagerung ausschlaggebend für die Höhe der gesamten CO<sub>2</sub> Emissionen.



## 6 Literatur

- Anderl, M.; Freudenschuß, A.; Köther, T.; Kuschel, V.; Pazdernik, K.; Poupa, S.; Schodl, B.; Schwaiger, E.; Seuss, K.; Weiss, P.; Wieser, M.; Zethner, G. (2009) Austria's National Inventory Report 2009. Umweltbundesamt. <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0188.pdf>. 08.09.2009.
- Anderst, M. (2010) Einfluss der Produktionsform, Regionalität und Saisonalität der eingekauften Lebensmittel auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Großküchen. CO<sub>2</sub>-Bilanzierung von Tomaten, Kopfsalaten, Karotten und Zwiebeln. Universität für Bodenkultur Wien. Institut für Meteorologie. Wien.
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2010) Basisdaten für die Ermittlung des Düngebedarfs und für die Umsetzung der Düngeverordnung.
- Bonetti, M. (2010) Mündliche Befragung mittels Fragebogen. COZEVI0, S. Maria di Zevio, Verona.
- Carlsson-Kanyama, A.; Faist, M. (2000) Energy use in the food sector. A data survey. Universität Stockholm, Department of Systems Ecology; ETH Zürich, Department of Civil and Environmental Engineering.
- Davis, J., Haglund, C., (1999) Life Cycle Inventory (LCI) of fertiliser production. Fertiliser products used in Sweden and Western Europe. SIK-report No. 654. Master Thesis. Chalmers University of Technology.
- De Klein, C.; Novoa, R. S. A.; Ogle, S.; Smith, K. A.; Rochette, P.; Wirth, T. C.; McConkey, B. G.; Mosier, A.; Rypdal, K.; Walsh, M.; Williams, S. A. (2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Geneva.
- Ecoinvent Centre (2007) Ecoinvent data v2.0. Ecoinvent reports No. 1-25. Dübendorf (CH). Swiss Centre for Life Cycle Inventories.
- Goedkoop, M.; Heijungs, R.; Huijbregts, M.; Schryver, A. D.; Struijs, J.; van Zelm, R. (2009) ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. First edition. Report I: Characterisation. Niederlande.
- Gomez, D. R.; Watterson, J. D.; Americano, B. B.; Ha, C.; Marland, G.; Matsika, E.; Namayanga, L. N.; Osman-Elasha, B.; Saka, J. D. K.; Treanton, K. (2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2: Energy. IPCC.

- Green, M. B. (1987) Energy in pesticide manufacture, distribution and use. In: Energy in plant nutrition and pest control, Energy in world agriculture. 2. Hrsg. v. Hessel, Z. R. S. 165-177.
- Heiss, R. (Hrsg.) (2004) Lebensmitteltechnologie: Biotechnologische, chemische, mechanische und thermische verfahren der Lebensmittelverarbeitung. Springer. Berlin Heidelberg.
- International Fertilizer Industry Association (IFA) <http://www.fertilizer.org/ifa/Home-Page/SUSTAINABILITY/Climate-change/Emissions-from-production.html>. 23.09.2010.
- Kelderer, M. (2010) Befragung mittels Fragebogen. Post Auer, Italien. Versuchszentrum Laimburg.
- Kelderer, M. (2011) Mitteleinsatz im Bioanbau – Ein Labyrinth der Bürokratie? Voraussetzungen dafür, dass ein Mittel im Bioanbau eingesetzt werden darf - Fallbeispiel Pflanzenschutz. VZ-Laimburg. Laimburg.
- Messetti, A. (2010) Mündliche Befragung mittels Fragebogen. Pescantina, Verona.
- Nemecek, T.; Kägi, T. (2007) Life Cycle Inventories of Swiss and European Agricultural Production Systems. Final report ecoinvent V2.0 No. 15a. Agroscope Reckenholz-Taenikon Research Station ART, Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Zurich and Dübendorf, CH.
- Nielsen, P. H.; Nielsen, A. M.; Weidema, B. P.; Dalgaard, R.; Halberg, N. (2003) LCA Food Database.
- SimaPro 7 (2009) Ökobilanzierungsprogramm SimaPro. Amersfoort. product ecology consultants.
- Spiess, E.; Richner, W. (2005) Stickstoff in der Landwirtschaft. Forschungsanstalt für Landwirtschaft Agroscope Reckenholz-Tänikon (FAL ART). Schriftenreihe der Forschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL). Zürich.
- Strogies, M.; Gniffke, P. (2009) Nationaler Inventarbericht Deutschland, Zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2007. Dessau. Umweltbundesamt. 572 p. 83-390.