Projekt SUKI
Sustainable Kitchen

Möglichkeiten von Großküchen zur Reduktion ihrer CO_2-Emissionen

(Maßnahmen, Rahmenbedingungen und Grenzen)

Endbericht

ZWIEBEL

Wien, März 2011

EUROPEAN UNION
European Regional
Development Fund

EUROPEAN TERRITORIAL CO-OPERATION
AUSTRIA-CZECH REPUBLIC 2007-2013
Gemeinsam mehr erreichen. Společně dosáhneme více.

„wir sind“

Klimabündnis Betrieb

RRRMMMAA

Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

Ressourcen Management Agentur

Möglichkeiten von Großküchen zur Reduktion ihrer CO_2-Emissionen (Maßnahmen, Rahmenbedingungen und Grenzen) - Sustainable Kitchen

(Projekt SUKI)

ZWIEBEL

(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

I M P R E S S U M :

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 Brünn

Leadpartner:
Ressourcen Management Agentur (RMA)
Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung
ZVR Zahl: 482686233

Argentinierstraße 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_4, N_2O und CO_2), 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 Zwiebeln aus Italien (Region Bologna) 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_2-Äquivalenten (kurz CO_2 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 Zwiebeln betragen 0,160 kg CO_2 pro Kilogramm Zwiebeln. Die biologisch produzierten Zwiebeln emittieren 0,162 kg CO_2 pro Kilogramm Zwiebeln. Der Prozess Handel (Transport) ist in beiden Produktionsweisen zu einem großen Anteil für die Höhe der Gesamtemissionen verantwortlich.

Bei konventionell produzierten Zwiebeln beträgt der Anteil der Landwirtschaft an den Gesamtemissionen 38 %, der Anteil des Handels rund 62 %. Die Landwirtschaft emittiert somit insgesamt 0,063 kg CO_2, der Handel 0,10 kg CO_2. Im Prozess Handel ist der Transport ausschlaggebend für die Höhe der gesamten CO_2 Emissionen.

Der Anteil der Landwirtschaft von biologisch produzierten Zwiebeln an den Gesamtemissionen beträgt 39 % und der Anteil des Handels rund 61 %. Der Prozess Landwirtschaft emittiert 0,063 kg CO_2 und der Prozess Handel 0,10 kg CO_2. Auch in der biologischen Produktion von Zwiebeln ist innerhalb des Prozesses Handel der Transport ausschlaggebend für die Höhe der gesamten CO_2 Emissionen.

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

- Der Handel (Transport) von Zwiebeln hat mit 61°% in der biologischen Produktion bzw. mit 62°% in der konventionellen Produktion den höchsten Anteil an den Gesamtemissionen. Beim Transport von Italien (Region Bologna) nach Österreich (Wien) werden 0,10°kg CO_2 freigesetzt.

- Die landwirtschaftliche biologische Produktion von 1°kg Zwiebeln in Italien (Region Bologna) emittiert mit 0,063°kg CO_2 4 % mehr THG-Emissionen als 1°kg konventionell produzierter Zwiebeln aus derselben Herkunftsregion (0,060°kg CO_2).

- 1°kg biologisch produzierte Zwiebeln aus Italien (Region Bologna) emittiert mit 0,162°kg CO_2 7 % etwas mehr CO_2 als 1°kg konventionell produzierte Zwiebeln aus derselben Herkunftsregion (0,160°kg CO_2).

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_2O-Feldemissionen 16
3.3.3.2 Indirekte N_2O-Feldemissionen 20
3.3.4 Maschineneinsatz 24
3.4 Prozess Handel 29
3.4.1 Transport 29
3.4.1.1 Straßentransport 29
3.4.1.2 Transportszenarien 30
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_4, N_2O und CO_2), 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_2-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, spielen zunehmend auch ökologische Kriterien bei der Zusammensetzung der Menüs eine gewichtige 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_2-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_2-Emissionen der am Projekt beteiligten Großküchen zu erfassen und die direkten und die indirekten Einflussmöglichkeiten von Großküchen auf ihre CO_2-Emissionen zu analysieren. Es werden Möglichkeiten und Grenzen von Großküchen zur Reduktion ihrer CO_2-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_2-Emissionen von Großküchen?
- Welchen Einfluss hat die Berücksichtigung der Herkunft (Regionalität) bei der Auswahl der Lebensmittel auf die CO_2-Emissionen von Großküchen?
- Welchen Einfluss hat die Berücksichtigung der Saisonalität bei der Auswahl der Lebensmittel auf die CO_2-Emissionen von Großküchen?
- Welche Speise trägt den größten ökologischen Rucksack?
- Welche kurz-, mittel- und langfristigen Maßnahmen zur CO_2-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 Zwiebel, das vom Hauptanbaugebiet in Bologna, Italien nach Wien geliefert wird. Das Produktsystem beinhaltet alle wesentlichen CO_2-relevanten Größen für die Produktion von 1 kg Zwiebel.

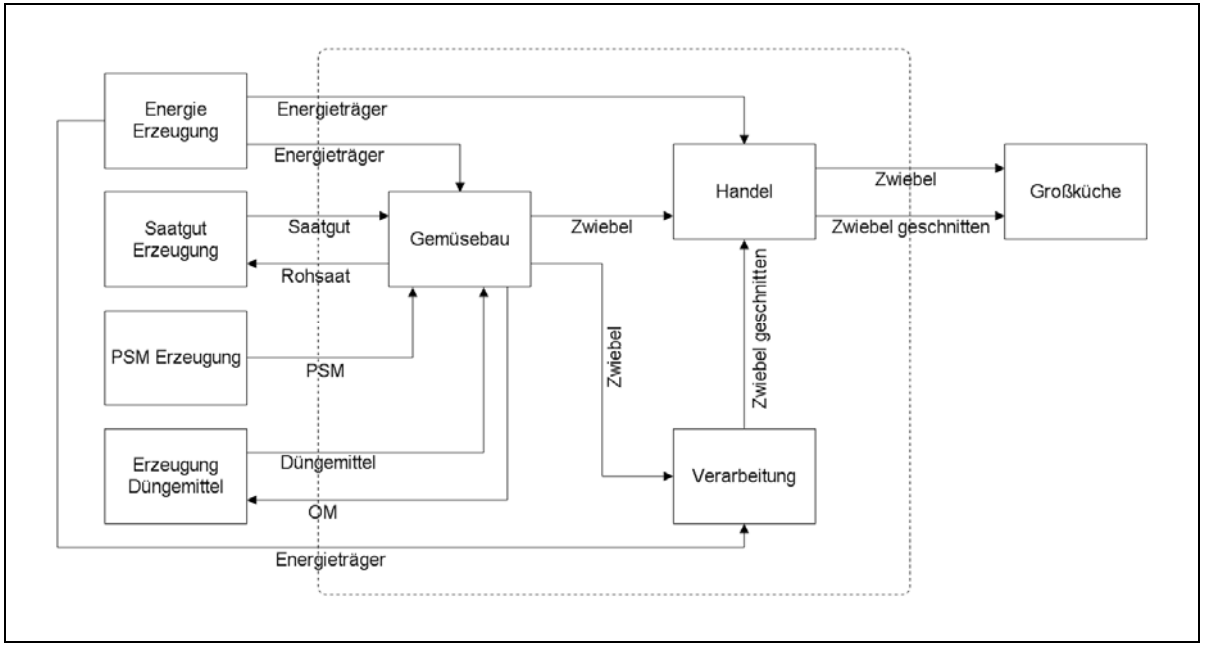

Abbildung 3-1: Systemdefinition Produktion, Transport und Verarbeitung von Zwiebeln (frisch und verarbeitet); Herkunft: Italien (Region Bologna), Ziel: Österreich (Wien)

OM: Organisches Material
PSM: Pflanzenschutzmittel

3.2 Vorgelagerte Prozesse

3.2.1 Erzeugung von Düngemittel

Mineralische Düngemittelherstellung

Die Herstellung mineralischer Düngemittel verursacht Emissionen von Ammoniak (NH3), Phosphor- und Salpetersäure (H_2PO_4; HNO_3) [International Fertilizer Industry Association (IFA)]. Im Rahmen der Produktion von Mineraldüngern werden die drei primären Nährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P_2O_5) und Kalium (K_2O) berücksichtigt. Die verwendeten Emissionsfaktoren basieren auf Davis und Hagl [Davis, 1999], die derzeit umfassendste und aktuellste Studie. Die Klimawirkung (bzw. kg CO_2e kg^{-1}) 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_2e kg^{-1}	**8,16**	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Ammonium nitrate, as N, at regional storehouse/RER U“
	kg CO_2e kg^{-1}	8,2	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Calcium ammonium nitrate, as N, at regional storehouse/RER U“
	kg CO_2e kg^{-1}	5,49	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Urea ammonium nitrate, as N, at regional storehouse/RER U“
	kg CO_2e kg^{-1}	4,7	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Ammonium nitrate phosphate, as N, at regional storehouse/RER U“
	kg CO_2e kg^{-1}	2,39	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Ammonium sulphate, as N, at regional storehouse/RER U“
	kg CO_2e kg^{-1}	4,43	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Calcium nitrate, as N, at regional storehouse/RER U“
	kg CO_2e kg^{-1}	3,07	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Urea, as N, at regional storehouse/RER U“
	kg CO_2e kg^{-1}	2,49	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Monoammonium phosphate, as N, at regional storehouse/RER U“
	kg CO_2e kg^{-1}	15,4	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Potassium nitrate, as N, at regional storehouse/RER U“
	kg CO_2e kg^{-1}	2,5	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Diammonium phosphate, as N, at regional storehouse/RER U“
P_2O_5-Düngemittel	kg CO_2e kg^{-1}	1,4	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Monoammonium phosphate, as P2O5, at regional storehouse/RER U“
	kg CO_2e kg^{-1}	2,1	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Single superphosphate, as P2O5, at regional storehouse/RER U“
	kg CO_2e kg^{-1}	**1,74**	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Triple superphosphate, as P2O5, at regional storehouse/RER U“
	kg CO_2e kg^{-1}	1,38	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Diammonium phosphate, as P2O5, at regional storehouse/RER U“

Konventionelle Landwirtschaft			
Düngemittel	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
	kg CO_2e kg^{-1}	1,09	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Ammonium nitrate phosphate, as P2O5, at regional storehouse/RER U“
K_2O-Düngemittel	kg CO_2e kg^{-1}	0,677	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Potassium nitrate, as K2O, at regional storehouse/RER U“
	kg CO_2e kg^{-1}	**1,13**	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Potassium sulphate, as K2O, at regional storehouse/RER U“

Organische Düngemittelerzeugung

In 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 werden 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

Biologische Landwirtschaft			
Düngemittel	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
Kompost	kg CO_2e kg^{-1}	0,325	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Compost, at plant/CH U“
Hornmehl	kg CO_2e kg^{-1}	0,252	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Horn meal, at regional storehouse/CH U“
Hühnermist	kg CO_2e kg^{-1}	0,0966	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Poultry manure, dried, at regional storehouse/CH U“
Vinasse	kg CO_2e kg^{-1}	0,0157	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Vinasse, at regional storehouse/CH U“
Gründüngung, konventionell	kg CO_2e ha^{-1}	915	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Green manure IP, until February/CH U“
Gründüngung, biologisch	kg CO_2e ha^{-1}	498	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Green manure organic, until February/CH U“
Festmist, Mastbullen	kg CO_2e kg^{-1}	0,0362	FESTMIST; aus Mastbullenhaltung;DE v02.1
Festmist, Milchvieh	kg CO_2e kg^{-1}	**0,0118**	FESTMIST;aus Milchviehhaltung;DE v02.1
Gülle, Mastbullen	kg CO_2e kg^{-1}	0,0154	GÜLLE;aus Mastbullenhaltung;DE v02.1
Gülle, Milchvieh	kg CO_2e kg^{-1}	**0,0204**	GÜLLE;aus Milchviehhaltung;DE v02.1

Die Treibhausgasemissionen Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O) (direkte und indirekte N_2O 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_2e (kg Festmist oder Gülle)$^{-1}$ angegeben.

3.2.2 Erzeugung Pflanzenschutzmittel

Die Erzeugung von in der Landwirtschaft verwendeten Pestiziden trägt geringfügig zu den Treibhausgasemissionen bei und wird deshalb ‚grob' modelliert. Eine grobe Modellierung bedeutet, dass die Pflanzenschutzmittel (Pestizide) in drei Kategorien eingeteilt werden: Herbizide, Insektizide, Fungizide und zur Darstellung der Emissionen werden die vorhandenen Sachbilanzen aus [Ecoinvent Centre, 2007] verwendet. Diese [Ecoinvent Centre, 2007] Sachbilanzen basieren auf [Green, 1987], und sind 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 chemischer Pflanzenschutzmittel			
Düngemittel	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
Pestizide	kg CO2e kg^{-1}	9,36	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Pesticide unspecified, at regional storehouse/RER U"
Herbizide	kg CO2e kg^{-1}	9,46	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Herbicides, at regional storehouse/RER U"
Fungizide	kg CO2e kg^{-1}	9,92	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Fungicides, at regional storehouse/RER U"
Insektizide	kg CO2e kg^{-1}	15,8	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Insecticides, at regional storehouse/RER U"

Biologische Pflanzenschutzmittel basieren auf natürlichen pflanzlichen oder tierischen Produkten, 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_2e-Emissionen vernachlässigt.

Zwiebeln gehören zur taxonomischen Klasse der Monokotyledonen. Es wird angenommen, dass die Saatguterzeugung von Gras die von Zwiebeln angemessen ist.

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_2e kg^{-1}	0,37	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Barley seed IP, at regional storehouse/CH U“
Gerste, biologisch	kg CO_2e kg^{-1}	0,42	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Barley seed organic, at regional storehouse/CH U“
Klee, konventionell	kg CO_2e kg^{-1}	3,15	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Clover seed IP, at regional storehouse/CH U“
Gras, konventionell	kg CO_2e kg^{-1}	**1,82**	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Grass seed IP, at regional storehouse/CH U“
Gras, biologisch	kg CO_2e kg^{-1}	**1,38**	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Grass seed organic, at regional storehouse/CH U“
Mais, konventionell	kg CO_2e kg^{-1}	1,78	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Maize seed IP, at regional storehouse/CH U“
Mais, biologisch	kg CO_2e kg^{-1}	1,24	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Maize seed organic, at regional storehouse/CH U“
Erbse, konventionell	kg CO_2e kg^{-1}	0,82	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Pea seed IP, at regional storehouse/CH U“
Erbse, biologisch	kg CO_2e kg^{-1}	0,84	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Pea seed organic, at regional storehouse/CH U“
Raps, konventionell	kg CO_2e kg^{-1}	1,6	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Rape seed IP, at regional storehouse/CH U“
Raps, biologisch	kg CO_2e kg^{-1}	1,17	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Rape seed organic, at regional storehouse/CH U“
Roggen, konventionell	kg CO_2e kg^{-1}	0,29	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Rye seed IP, at regional storehouse/CH U“
Roggen, biologisch	kg CO_2e kg^{-1}	0,4	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Rye seed organic, at regional storehouse/CH U“

Konventionelle Landwirtschaft – Erzeugung Saat- und Pflanzgut			
Saat- oder Pflanzgut	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
Weizen, konventionell	kg CO_2e kg^{-1}	0,51	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Wheat seed IP, at regional storehouse/CH U“
Weizen, biologisch	kg CO_2e kg^{-1}	0,46	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Wheat seed organic, at regional storehouse/CH U“
Kartoffel, konventionell	kg CO_2e kg^{-1}	0,177	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Potato seed IP, at regional storehouse/CH U“
Kartoffel, biologisch	kg CO_2e kg^{-1}	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_6) 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 Dieselverbrauchsdaten 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 wird 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_2e kg^{-1}	0,441	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Diesel, low-sulphur, at regional storage/RER U“
Elektrizität	kg CO_2e kWh^{-1}	0,431	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Electricity, low voltage, at grid/AT U“
	kg CO_2e kWh^{-1}	0,914	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Electricity, low voltage, at grid/CZ U“
	kg CO_2e kWh^{-1}	0,708	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Electricity, low voltage, at grid/DE U“
	kg CO_2e kWh^{-1}	0,627	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Electricity, low voltage, at grid/IT U“
	kg CO_2e kWh^{-1}	0,735	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Electricity, low voltage, at grid/HU U“
Erdgas	kg CO_2e MJ^{-1}	0,0708	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Heat, natural gas, at boiler condensing modulating <100kW/RER U“
	kg CO_2e MJ^{-1}	0,0663	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Natural gas, burned in boiler condensing modulating >100kW/RER U“
	kg CO_2e MJ^{-1}	0,0709	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Heat, natural gas, at industrial furnace >100kW/RER U”
Fernwärme	kg CO_2e MJ^{-1}	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^{-1}	36.000	29.700	[ISTAT, 2007]
			30.000	[Bucci, 2010]
			30.400	[Bucci & Babini, 2005]
			40.000	[Bufacchi et al., 2010]
			50.000	[Aster et al., 2009]

Tabelle 3-7: Allgemeine Annahmen der biologischen Landwirtschaft

Biologische Landwirtschaft				
Parameter	**Einheit**	**Größe**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
Ertrag	kg ha^{-1}	16.750		[Piazza, 2002]

3.3.2 Landwirtschaftliche Inputs

In diesem Abschnitt werden die landwirtschaftlichen Inputs tabellarisch dargestellt. Die Werte werden zum Teil den vorgelagerten Prozesse, 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^{-1}	107	135 82 90 120	[Aster et al., 2009] [Bucci & Babini, 2005] [Bucci, 2010] [Bufacchi et al., 2010]
	P_2O_5-Düngemittel	kg P_2O_5 ha^{-1}	44	40 40 45 50	[Aster et al., 2009] [Bucci & Babini, 2005] [Bucci, 2010] [Bufacchi et al., 2010]
	K_2O-Düngemittel	kg K_2O ha^{-1}	116	120 82 120 140	[Aster et al., 2009] [Bucci & Babini, 2005] [Bucci, 2010] [Bufacchi et al., 2010]
Organische Düngemittel	Kompost	kg ha^{-1}			
	Hornmehl	kg ha^{-1}			
	Hühnermist	kg ha^{-1}			
	Vinasse	kg ha^{-1}			
	Mastviehmist	kg ha^{-1}			
	Mastviehgülle	kg ha^{-1}			
	Milchviehmist	kg ha^{-1}			
	Milchviehgülle	kg ha^{-1}	2.500		[Lindenthal, 2010b]
	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^{-1}			
	P_2O_5-Düngemittel	kg P_2O_5 ha^{-1}			
	K_2O-Düngemittel	kg K_2O ha^{-1}			
Organische Düngemittel	Kompost	kg ha^{-1}			
	Hornmehl	kg ha^{-1}			
	Hühnermist	kg ha^{-1}			
	Vinasse	kg ha^{-1}			
	Mastviehmist	kg ha^{-1}			
	Mastviehgülle	kg ha^{-1}			
	Milchviehmist	kg ha^{-1}	11.800		[Aster et al., 2009]; [Bucci & Babini, 2005]; [Bucci, 2010]; [Bufacchi et al., 2010]; [Lindenthal, 2010a]; [Piazza, 2002]
	Milchviehgülle	kg ha^{-1}			
	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^{-1}	4		
Herbizide	kg ha^{-1}	0		
Insektizide	kg ha^{-1}	0		
Fungizide	kg ha^{-1}	0		

Tabelle 3-11: Pflanzenschutz-Inputs der biologischen Landwirtschaft

Biologische Landwirtschaft – Pflanzenschutzmittel-Input				
Pflanzenschutzmittel	**Einheit**	**Größe**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
Pestizide	kg ha^{-1}	0		
Herbizide	kg ha^{-1}	0		
Insektizide	kg ha^{-1}	0		
Fungizide	kg ha^{-1}	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^{-1}	3		Berechnung nach [Bittner, 2009] und [Pelzmann, 2004]

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^{-1}	2,4		Berechnung nach [Bittner, 2009] und [Pelzmann, 2004]

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 treibhausrelevanten Emissionen (hier N_2O) von Bedeutung ist die Menge an anorganisch vorliegendem Stickstoff (NO_3 und NH_4), d.h. durch Mineralisierungsvorgänge entstandener oder durch Düngemittel aufgebrachter Stickstoff.

Direkte sowie indirekte Emissionen von Lachgas (N_2O) entstehen auf landwirtschaftlich genutzten Böden hauptsächlich durch die Anwendung anorganischer und organischer Düngemittel [Spiess & Richner, 2005].

3.3.3.1 Direkte N_2O-Feldemissionen

Bei den direkten Lachgas (N_2O)- Feldemissionen werden die Emissionen als Folge der anorganischen, also mineralischen Stickstoffdüngung (F_{SN}) und der organischen Stickstoffdüngung (F_{ON}) (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_{SOM}) und der Stickstoff aus Ernterückständen (F_{CR}). 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 Bindung 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 symbiontische N-Bindung Leguminosen nicht berücksichtigt [Strogies & Gniffke, 2009].

In Formel 3-1 ist die Berechnungsmethode der N_2O-N Emissionen wiedergegeben, adaptiert von [De Klein et al., 2006].

Formel 3-1: Stickstoffanteil der Lachgasemissionen aus landwirtschaftlichen Inputs

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

$N_2O\text{-}N_{N\ inputs}$: jährliche direkte Feldemissionen aus Stickstoff-Inputs in landwirtschaftlichen Boden, kg N_2O-N ha^{-1}
F_{SN}: Aufgebrachte Menge anorganischer Düngemittel, kg N ha^{-1}
F_{ON}: Aufgebrachte Menge organischer Düngemittel, kg N ha^{-1}
EF_1: Emissionsfaktor für Lachgas Emissionen aus landwirtschaftlichen Stickstoff-Inputs, kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$

Die durchschnittlichen Inputs an anorganischem Stickstoff (F_{SN}) sind aus der Fragenbogenerhebung, Publikationen von Landwirtschaftskammern und entsprechender Fachliteratur ermittelt worden. Die Stickstoffverluste die durch Verflüchtigung von Ammoniak (NH_3) und Stickoxide (NO_x) entstehen werden [Anderl et al., 2009] und [De Klein et al., 2006] entnommen (siehe Formel 3-2).

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

$$F_{SN} = N_{FERT} \times (1 - Frac_{GASF})$$

N_{FERT}: Jährliche Menge an Stickstoff der in Form von Dünger aufgebracht wird, kg N
$Frac_{GASF}$: Anteil des Stickstoffs der sich in Form von NH_3 und NO_x 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_{ON}) sind aus der Fragenbogenerhebung und Literaturangaben ermittelt und werden anhand Formel 3-3 aus [De Klein et al., 2006] berechnet. Die entsprechende Stickstoffgehalte der organischen Düngemittel werden der Düngemitteltabelle der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft [Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010] entnommen.

Formel 3-3: Jährliche aufgebrachte Menge organische Stickstoff

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

F_{AM}: Jährliche aufgebrachte Menge an N über Wirtschaftsdünger, kg N $year^{-1}$
F_{SEW}: Jährliche aufgebrachte Menge an N über Abwasserrückstände, kg N $year^{-1}$
F_{COMP}: Jährliche aufgebrachte Menge an N über Kompost, kg N $year^{-1}$
F_{OOA}: Jährliche aufgebrachte Menge an N über sonstige organische Düngemittel, kg N $year^{-1}$

Bei Weidehaltungssystemen von Milch- und Mastvieh auf Grünland ist die Zufuhr von Stickstoff durch die Exkremente der Tiere gewährleistet. Die entsprechenden Lachgasemissionen werden anhand [De Klein et al., 2006] ermittelt (siehe Formel 3-4).

Formel 3-4: N_2O-N Emissionen als Folge der Zufuhr der Exkremente von Weidetieren

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

$N_2O\text{-}N_{PRP}$: Jährliche direkte Emissionen aus den Exkrementen von Weidetieren, kg N_2O-N yr^{-1}
F_{PRP}: Jährliche Menge der Zufuhr von Exkrementen durch Weidetiere, kg N yr^{-1}
EF_{PRP}: Emissionsfaktor für N_2O Emissionen aus den Exkrementen von Weidetieren, $(kg\ N)^{-1}$

Anhand Formel 3-5 entnommen und angepasst von [De Klein et al., 2006], wird der Stickstoffanteil der Lachgasemissionen (N_2O-N) auf Lachgas (N_2O) hochgerechnet.

Formel 3-5: Umrechnung von N_2O-N auf N_2O

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

Tabelle 3-14: Direkte N_2O Feldemissionen der konventionellen Landwirtschaft

Konventionelle Landwirtschaft					
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
N_{FERT}	Mineralische N-Düngemittel	kg N ha^{-1}	107	135 82 90 120	[Aster et al., 2009] [Bucci & Babini, 2005] [Bucci, 2010] [Bufacchi et al., 2010]
$Frac_{GASF}$	Anteil N-Verluste durch Verflüchtigung (NH3 und NO_x)	kg N (kg Düngemittel)$^{-1}$	0,023		[Anderl et al., 2009] Kap. 6.4.2.1,S.260;(0,023 für anorganische Düngemittel, 0,153 für Urea)
F_{AM}	Milchviehgülle	kg N ha^{-1}	13		Berechnung nach [Lindenthal, 2010b] und [Bayerische Landesanstalt für

Konventionelle Landwirtschaft					
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
					Landwirtschaft, 2010]
F_{SEW}		kg N ha^{-1}	0		
F_{COMP}		kg N ha^{-1}	0		
F_{OOA}		kg N ha^{-1}	0		
EF_1	N_2O-N Emissionsfaktor für Feldemissionen durch Anwendung anorganischer und organischer N-Düngung	kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$	0,01		[De Klein et al., 2006] Kap. 11.2.1.2,S.11.11,Tbl.11.1.
F_{PRP}			0		
EF_{PRP}	N2O-N Emissionsfaktor für Feldemissionen durch Zufuhr von Exkrementen von Weidetieren	kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$	0,02		[De Klein et al., 2006] Kap. 11.2.1.2,S.11.11,Tbl.11.1

Tabelle 3-15: Direkte N_2O Feldemissionen der biologischen Landwirtschaft

Biologische Landwirtschaft					
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
N_{FERT}		kg N ha^{-1}	0		
$Frac_{GASF}$	Anteil N-Verluste durch Verflüchtigung (NH_3 und NO_x)	kg N (kg Düngemittel)$^{-1}$	0,023		[Anderl et al., 2009] Kap. 6.4.2.1,S.260;(0,023 für anorganische Düngemittel, 0,153 für Urea)
F_{AM}	Milchviehmist	kg N ha^{-1}	60		[Aster et al., 2009]; [Bucci & Babini, 2005]; [Bucci, 2010]; [Bufacchi et al., 2010]; [Lindenthal, 2010a]; [Piazza, 2002] und [Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010]
F_{SEW}		kg N ha^{-1}	0		
F_{COMP}		kg N ha^{-1}	0		

Biologische Landwirtschaft					
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
F_{OOA}		kg N ha^{-1}	0		
EF_1	N_2O-N Emissionsfaktor für Feldemissionen durch Anwendung anorganischer und organischer N-Düngung	kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$	0,01		[De Klein et al., 2006] Kap. 11.2.1.2,S.11.11,Tbl.11.1.
F_{PRP}		kg N ha^{-1}	0		
EF_{PRP}	N_2O-N Emissionsfaktor für Feldemissionen durch Zufuhr von Exkrementen von Weidetieren	kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$	0,02		[De Klein et al., 2006] Kap. 11.2.1.2,S.11.11,Tbl.11.1

3.3.3.2 Indirekte N_2O-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_3) und Stickoxiden (NO_x) und deren anschließende Umwandlung in Lachgas.
Indirekte Lachgasemissionen aus Verflüchtigung von Stickstoff werden nach [De Klein et al., 2006] anhand von Formel 3-6 ermittelt. Die Stickstoff-Inputs entsprechen jenen der Berechnung der direkten Lachgasemissionen (siehe 3.3.3.1).

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

$$N_2O_{(ATD)} - N = \left[\left(F_{SN} \times Frac_{GASF}\right) + \left(\left(F_{ON} + F_{PRP}\right) \times Frac_{GASM}\right)\right] \times EF_4$$

$N_2O_{(ATD)}$: Jährliche Menge N_2O-N an Stickstoff der aus landwirtschaftlichen Böden ausgast, kg N_2O-N $Jahr^{-1}$
F_{SN}: Aufgebrachte Menge anorganischer Düngemittel, kg N ha^{-1} (zur Abstimmung mit den direkten N_2O Emissionen wird hier N_{FERT} 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 organischer 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 verursacht durch Oberflächenabfluss und Auswaschung von Stickstoff aus landwirtschaftlichen Böden. 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 Oberflächenabfluss und 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

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

N_2O_L-N: Jährliche Menge N_2O-N Emissionen aus Oberflächenabfluss und Auswaschung, kg N_2O-N Jahr^{-1}
F_{SN}: Aufgebrachte Menge anorganischer Düngemittel, kg N ha^{-1} (zur Abstimmung mit die direkte N2O Emissionen wird hier N_{FERT} verwendet)
F_{ON}: Aufgebrachte Menge organischer Düngemittel, kg N ha^{-1}
F_{PRP}: Jährliche Menge von Weidetieren deponierter Harn und Dung, kg N yr^{-1}
$Frac_{LEACH\text{-}(H)}$: Anteil des gesamten aufgebrachten Stickstoffs welche 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 Formel 3-8 und Formel 3-5,adaptiert von [De Klein et al., 2006], hochgerechnet.

Formel 3-8: Jährliche Menge indirekter N_2O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Stickstoff-Inputs

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

Tabelle 3-16: Indirekte N_2O Feldemissionen der konventionellen Landwirtschaft

Konventionelle Landwirtschaft					
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
N_{FERT} (F_{SN})		kg N ha^{-1}	107	135 82 90 120	[Aster et al., 2009] [Bucci & Babini, 2005] [Bucci, 2010] [Bufacchi et al., 2010]
$Frac_{GASF}$	Anteil N-Verluste durch Verflüchtigung (NH_3 und NO_x)	kg N (kg Düngemittel)$^{-1}$	0,023		[Anderl et al., 2009] Kap. 6.4.2.1,S.260;(0,023 für anorganische Düngemittel, 0,153 für Urea)
F_{AM}	Milchviehgülle	kg N ha^{-1}	13		Berechnung nach [Lindenthal, 2010b] und [Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010]
F_{SEW}		kg N ha^{-1}	0		
F_{COMP}		kg N ha^{-1}	0		
F_{OOA}		kg N ha^{-1}	0		
F_{PRP}		kg N ha^{-1}	0		
$Frac_{GASM}$	Anteil N-Verluste von Harn und Dung von Beweidung durch Verflüchtigung (NH_3 und NO_x)	kg N_2O-N (kg verflüchtigte NH_3-N + NO_x-N)$^{-1}$	0,2		[Anderl et al., 2009] Kap.11.2.2,S.11.19-24,Tbl.11.3
EF_4	Emissionsfaktor für N_2O Emissionen von atmosphärische Deposition von N	kg N_2O-N (kg verflüchtigte NH_3-N + NO_x-N)$^{-1}$	0,01		[Anderl et al., 2009] Kap.11.2.2,S.11.19-24,Tbl.11.3
$Frac_{LEACH-(H)}$	Anteil der N-Verluste durch Oberflächenabfluss und Auswaschung	kg N (kg aufgebrachte N)$^{-1}$	0,3		[Anderl et al., 2009] Kap.11.2.2,S.11.19-24,Tbl.11.3
EF_5	Emissionsfaktor für N_2O Emissionen durch Oberflächenabfluss und Auswaschung	kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$	0,0075		[Anderl et al., 2009] Kap.11.2.2,S.11.19-24,Tbl.11.3

Tabelle 3-17: Indirekte N_2O Feldemissionen der biologischen Landwirtschaft

Biologische Landwirtschaft					
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
N_{FERT} (F_{SN})		kg N ha^{-1}	0		
$Frac_{GASF}$	Anteil N-Verluste durch Verflüchtigung (NH_3 und NO_x)	kg N (kg Düngemittel)$^{-1}$	0,023		[Anderl et al., 2009] Kap. 6.4.2.1,S.260;(0,023 für anorganische Düngemittel, 0,153 für Urea)
F_{AM}	Milchviehmist	kg N ha^{-1}	60		[Aster et al., 2009]; [Bucci & Babini, 2005]; [Bucci, 2010]; [Bufacchi et al., 2010]; [Lindenthal, 2010a]; [Piazza, 2002] und [Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010]
F_{SEW}		kg N ha^{-1}	0		
F_{COMP}		kg N ha^{-1}	0		
F_{OOA}		kg N ha^{-1}	0		
F_{PRP}		kg N ha^{-1}	0		
$Frac_{GASM}$	Anteil N-Verluste von Harn und Dung von Beweidung durch Verflüchtigung (NH_3 und NO_x)	kg N_2O-N (kg verflüchtigte NH_3-N + NO_x-N)$^{-1}$	0,2		[Anderl et al., 2009] Kap.11.2.2,S.11.19-24,Tbl.11.3
EF_4	Emissionsfaktor für N_2O Emissionen von atmosphärische Deposition von N	kg N_2O-N (kg verflüchtigte NH_3-N + NO_x-N)$^{-1}$	0,01		[Anderl et al., 2009] Kap.11.2.2,S.11.19-24,Tbl.11.3
$Frac_{LEACH-(H)}$	Anteil der N-Verluste durch Oberflächenabfluss und Auswaschung	kg N (kg aufgebrachte N)$^{-1}$	0,3		[Anderl et al., 2009] Kap.11.2.2,S.11.19-24,Tbl.11.3
EF_5	Emissionsfaktor für N_2O Emissionen durch Oberflächenabfluss und Auswaschung	kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$	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_2 Emissionsfaktor durch Verbrennung von Diesel in landwirtschaftlichen Maschinen	kg CO_2 (kg Diesel)$^{-1}$	3,12		[Nemecek & Kägi, 2007] Kap.7.2.6,S.62,Tbl.7.1
CH_4 Emissionsfaktor durch Verbrennung von Diesel in landwirtschaftlichen Maschinen	kg CH_4 (kg Diesel)$^{-1}$	0,000129		[Nemecek & Kägi, 2007] Kap.7.2.6,S.62,Tbl.7.1
N_2O Emissionsfaktor durch Verbrennung von Diesel in landwirtschaftlichen Maschinen	kg N_2O (kg Diesel)$^{-1}$	0,00012		[Nemecek & Kägi, 2007] Kap.7.2.6,S.62,Tbl.7.1
Dichte von Diesel	kg l^{-1}	0,8325	Min. 0,820 Max. 0,845	http://de.wikipedia.org
CO_2 Emissionsfaktor durch Verbrennung von LPG in landwirtschaftlichen Maschinen	kg CO_2 (kg Propan)$^{-1}$	2,9		[Gomez et al., 2006] Vol.2,S.2.22,Tbl.2.5 (Annahme: NCV_{LPG}:46 MJ/kg)
CH_4 Emissionsfaktor durch Verbrennung von LPG in landwirtschaftlichen Maschinen	kg CH_4 (kg Propan)$^{-1}$	$2{,}3e^{-4}$		[Gomez et al., 2006] Vol.2,S.2.22,Tbl.2.5 (Annahme: NCV_{LPG}:46 MJ/kg)
N_2O Emissionsfaktor durch Verbrennung von LPG in landwirtschaftlichen Maschinen	kg N_2O (kg Propan)$^{-1}$	$4{,}6e^{-6}$		[Gomez et al., 2006] Vol.2,S.2.22,Tbl.2.5 (Annahme: NCV_{LPG}:46 MJ/kg)

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

Konventionelle Landwirtschaft - Maschineneinsatz					
Arbeitsgang	**Sätze**	**Einheit**	**Treibstoff-verbrauch**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
Säen	**1**	**kg ha^{-1}**	**3,82**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Sowing/CH U“
Pflanzen		kg ha^{-1}	16,8		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Planting/CH U“
Kartoffellegen		kg ha^{-1}	8,9		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Potato planting/CH U“
Pflügen	**1**	**kg ha^{-1}**	**26,1**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, ploughing/CH U“ [Bucci & Babini, 2005]
Grubbern		kg ha^{-1}	15,5		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, cultivating, chiselling/CH U“
Eggen (Kreiselegge)	**4**	**kg ha^{-1}**	**11,5**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, harrowing, by rotary harrow/CH U“ [Bucci & Babini, 2005]
Eggen (Federz-inkenegge)		kg ha^{-1}	4,44		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, harrowing, by spring tine harrow/CH U“
Fräsen		kg ha^{-1}	14,1		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, rotary cultivator/CH U“
Walzen		kg ha^{-1}	3,18		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, rolling/CH U“
Striegeln mit Hackstriegel		kg ha^{-1}	1,6		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, currying, by weeder/CH U“
Ausbringen mineralischer Düngemittel	**7**	**kg ha^{-1}**	**5,29**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Fertilising, by broadcaster/CH U“ [Bucci & Babini, 2005]
Ausbringen Gülle mit Vakuumfass	**2,5**	**m^3 ha^{-1}**	**0,217**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Slurry spreading, by vacuum tanker/CH U“ [Bucci & Babini, 2005]
Ausbringen Festmist		kg ha^{-1}	0,000531		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Solid manure loading and spreading, by hydraulic loader and spreader/CH U“
Mähen, Kreiselmäher		kg ha^{-1}	4,3		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Mowing, by rotary mower/CH U“
Schwaden		kg ha^{-1}	2,95		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Swath, by rotary windrower/CH U“
Heuen, Kreiselheuer		kg ha^{-1}	1,92		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Haying, by rotary tedder/CH U“

Konventionelle Landwirtschaft - Maschineneinsatz						
Arbeitsgang		**Sätze**	**Einheit**	**Treibstoff-verbrauch**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
Ernten mit Mähdrescher			kg ha^{-1}	33,3		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Combine harvesting/CH U“
Kartoffel Vollernter		**1**	**kg ha^{-1}**	**28,1**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Harvesting, by complete harvester, potatoes/CH U“
Rüben Vollernter			kg ha^{-1}	103		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Harvesting, by complete harvester, beets/CH U“
Spritzen von chemischen Pflanzenschutzmitteln		**10**	**kg ha^{-1}**	**1,76**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Application of plant protection products, by field sprayer/CH U“ [Bucci & Babini, 2005]
Hacken			kg ha^{-1}	3,28		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Hoeing/CH U“
Mulchen			kg ha^{-1}	3,51		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Mulching/CH U“
Abflammen			kg ha^{-1}	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^{-1}	60		
Bewässerung	**Diesel**	**0,5**	**kg ha^{-1}**	**3,78**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Irrigating/ha/CH U“
	Strom		**kWh ha^{-1}**	**876**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Irrigating/ha/CH U“
	Wasser		**m^3 ha^{-1}**	**1.200**	600	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Irrigating/ha/CH U“
Dieselverbrauch - Nichtzuordenbar			kg ha^{-1}			[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Diesel, low-sulphur, at regional storage/RER U“
Stromverbrauch - Nichtzuordenbar			kWh ha^{-1}			[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**	**Treibstoff-verbrauch**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
Säen	**1**	**kg ha^{-1}**	**3,82**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Sowing/CH U“
Pflanzen		kg ha^{-1}	16,8		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Planting/CH U“
Kartoffellegen		kg ha^{-1}	8,9		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Potato planting/CH U“
Pflügen	**2**	**kg ha^{-1}**	**26,1**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, ploughing/CH U“ [Piazza, 2002]
Grubbern		kg ha^{-1}	15,5		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, cultivating, chiselling/CH U“
Eggen (Kreiselegge)	**2**	**kg ha^{-1}**	**11,5**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, harrowing, by rotary harrow/CH U“ [Piazza, 2002]
Eggen (Federzinkenegge)		kg ha^{-1}	4,44		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, harrowing, by spring tine harrow/CH U“
Fräsen		kg ha^{-1}	14,1		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, rotary cultivator/CH U“
Walzen		kg ha^{-1}	3,18		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, rolling/CH U“
Striegeln mit Hackstriegel		kg ha^{-1}	1,6		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, currying, by weeder/CH U“
Ausbringen mineralischer Düngemittel		kg ha^{-1}	5,29		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Fertilising, by broadcaster/CH U“
Ausbringen Gülle mit Vakuumfass		m^3 ha^{-1}	0,217		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Slurry spreading, by vacuum tanker/CH U“
Ausbringen Festmist	**11.800**	**kg ha^{-1}**	**0,000531**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Solid manure loading and spreading, by hydraulic loader and spreader/CH U“ [Aster et al., 2009]; [Bucci & Babini, 2005]; [Bucci, 2010]; [Bufacchi et al., 2010]; [Lindenthal, 2010a]; [Piazza, 2002]
Mähen, Kreiselmäher		kg ha^{-1}	4,3		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Mowing, by rotary mower/CH U“
Schwaden		kg ha^{-1}	2,95		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Swath, by rotary windrower/CH U“

Biologische Landwirtschaft - Maschineneinsatz						
Arbeitsgang		**Sätze**	**Einheit**	**Treibstoff-verbrauch**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
Heuen, Kreiselheuer			kg ha^{-1}	1,92		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Haying, by rotary tedder/CH U“
Ernten mit Mähdrescher			kg ha^{-1}	33,3		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Combine harvesting/CH U“
Kartoffel Vollernter		**1**	**kg ha^{-1}**	**28,1**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Harvesting, by complete harvester, potatoes/CH U“
Rüben Vollernter			kg ha^{-1}	103		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Harvesting, by complete harvester, beets/CH U“
Spritzen von chemischen Pflanzenschutzmitteln		**4**	**kg ha^{-1}**	**1,76**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Application of plant protection products, by field sprayer/CH U“ [Piazza, 2002]
Hacken		**4**	**kg ha^{-1}**	**3,28**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Hoeing/CH U“ [Piazza, 2002]
Mulchen			kg ha^{-1}	3,51		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Mulching/CH U“
Abflammen		**0,5**	**kg ha^{-1}**	**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^{-1}	60		
Bewässerung	Diesel		kg ha^{-1}	3,78		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Irrigating/ha/CH U“
	Strom		kWh ha^{-1}	876		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Irrigating/ha/CH U“
	Wasser		m^3 ha^{-1}	1.200	500	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Irrigating/ha/CH U“
Dieselverbrauch - Nichtzuordenbar			kg ha^{-1}			[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Diesel, low-sulphur, at regional storage/RER U“
Stromverbrauch - Nichtzuordenbar			kWh ha^{-1}			[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 Zwiebeln von Italien nach Österreich findet mit schweren Nutzfahrzeugen (SNF) statt. Der Transport wird anhand 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_2), Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O). 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), einem europäischen Transportmodel, 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 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 Fahrzeugkategorie (bzw. Nutzlastklasse) verwendet. Für die Emissionsfaktoren sowie für ein Maß für die Auslastung wurde das TREMOVE-Modell herangezogen und ist in Tabelle 3-21 wiedergegeben.

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

Durchschnittliche Emissionsfaktoren und Auslastung					
Fahrzeugkategorie	**kg Treibstoff vkm^{-1}**	**kg CO_2 vkm^{-1}**	**kg CH_4 vkm^{-1}**	**kg N_2O vkm^{-1}**	**Auslastung ($vkm\ tkm^{-1}$)**
SNF >32t	0,299	3,14	1,65E-04	1,01E-04	0,08

Durchschnittliche Emissionsfaktoren und Auslastung					
Fahrzeugkategorie	**kg Treibstoff vkm^{-1}**	**kg CO_2 vkm^{-1}**	**kg CH_4 vkm^{-1}**	**kg N_2O vkm^{-1}**	**Auslastung ($vkm\ tkm^{-1}$)**
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 Zwiebeln aus Italien mit Maximalisierung des Einsatzes von schweren Nutzfahrzeugen (SNF)

Transportszenario 1: ZWIEBEL IT-AT - MAX. SNF						
Transportstrecke	**Transportmittel**	**km**	**Transportgewicht (t)**	**tkm**	**Transportdauer (h)**	**Quelle & Bemerkungen**
LW (IT) - HA (Zwischenlager IT)	SNF 16-32t	100	0,001	0,1	1,25	Annahme: durchschnittliche Distanz zwischen Landwirt und Zwischenlager
HA (Zwischenlager IT) - HA (Zwischenlager AT)	SNF >32t	750	0,001	0,75	9,375	Annahme: Bologna IT - Distributionszentrum AT
HA (Zwischenlager AT) - Großküche (Wien)	SNF 7,5-16t	50	0,001	0,05	0,625	Distributionszentrum AT – Großküche (Wien)
		100	0,001	0,1	1,25	Distributionszentrum AT – Großküche (Wien)
		200	0,001	0,2	2,5	Distributionszentrum AT – Großküche (Wien)

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

Transportszenario 2: ZWIEBEL IT-AT - MIN. SNF						
Transportstrecke	**Transportmittel**	**km**	**Transportgewicht (t)**	**tkm**	**Transportdauer (h)**	**Quelle & Bemerkungen**
LW (IT) - HA (Zwischenlager IT)	SNF 7,5-16t	50	0,001	0,05	0,63	Annahme: durchschnittliche Distanz zwischen Landwirt und Zwischenlager
HA (Zwischenlager IT) - HA (Zwischenlager AT)	SNF 7,5-16t	750	0,001	0,75	9,38	Annahme: Bologna IT - Distributionszentrum AT
HA (Zwischenlager AT) - Großküche (Wien)	SNF <3,5t	50	0,001	0,05	0,63	Distributionszentrum AT – Großküche (Wien)
		100	0,001	0,10	1,25	Distributionszentrum AT – Großküche (Wien)
		200	0,001	0,20	2,50	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 3-24). In diesen Daten wird berücksichtigt: die Lagerung bei Raumtemperatur, die Kühllagerung und die Tiefkühllagerung.

Der Energieverbrauch für die Lagerung bei Raumtemperatur besteht aus Strom- und Wärmeverbrauch und wird anhand der Formel 3-9 berechnet, und aus [Nielsen et al., 2003] und [Carlsson-Kanyama & Faist, 2000] entnommen. Der Energieverbrauch der Kühlung und Tiefkühlung von Lebensmitteln wird anhand 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 Tabelle 3-25 und Tabelle 3-26 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^{-1}
E_S: Spezifischer Stromverbrauch für Lagerungstype S, kWh $(m^3)^{-1}$ Tag^{-1}
M_P: Gewicht des gelagerten Produktes, kg
t: Lagerdauer, Tage

Formel 3-10: Energieverbrauch der Kühl- und Tiefkühllagerung

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

E: Energieverbrauch für Kühl- und Tiefkühllagerung, kWh kg^{-1}
u: Durchschnittliche Auslastung der Kühl- und Tiefkühllager, %
V_P: Volumen des gelagerten Lebensmittels, m^3 kg^{-1}

Tabelle 3-24: Sachbilanzen für die Berechnung der Treibhausgasemissionen des Energieverbrauchs, [Ecoinvent Centre, 2007]

Sachbilanz	**kg CO_2e kWh^{-1}**
Electricity, medium voltage, at grid/AT U	0,393
Heat, natural gas, at boiler modulating <100kW/RER U	0,270

Tabelle 3-25: Inputdaten für die Lebensmittellagerung bei Raumtemperatur

Lebensmittellagerung bei Raumtemperatur					
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
$E_{S(E)}$	Spezifischer Stromverbrauch für die Lebensmittel-lagerung bei Raumtemperatur	kWh kg^{-1} Tag^{-1}	0,00144		[Nielsen et al., 2003] [Carlsson-Kanyama & Faist, 2000]
$E_{S(G)}$	Spezifischer Wärmeverbrauch für die Lebensmittel-lagerung bei Raumtemperatur	kWh kg^{-1} Tag^{-1}	0,002167		[Nielsen et al., 2003] [Carlsson-Kanyama & Faist, 2000]
M_P	Gewicht des gelagerten Produktes	kg			
t	Lagerdauer	Tage			

Tabelle 3-26: Inputdaten für die Kühl- und Tiefkühllagerung der Lebensmittel

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

3.5 Verarbeitung

Tabelle 3-27: Energieverbrauch für das Schneiden der Zwiebel

Energieverbrauch für das Schneiden der Zwiebel					
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
E_S					
Rohstoff		kg kg^{-1}	1		Annahme

4 Ergebnisse

Der Beitrag zur Veränderung des Klimas wird mithilfe von CO_2-Äquivalenten (kurz CO_2 eq) angegeben. Für das Projekt SUKI wird die derzeit aktuellste Methode, ReCiPe 2008, gewählt, welche im November 2009 letztmals 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_2 eq pro kg des jeweiligen Lebensmittels festgelegt. Das bedeutet, dass sich die Ergebnisse der Berechnungen in kg CO_2 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, Transport 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 ersichtlich sind.

Bezüglich der THG-Emissionen von biologisch und konventionell produzierten Zwiebeln gibt es geringfügige Unterschiede. Die Gesamtemissionen von konventionell produzierten Zwiebeln aus Italien (Region Bologna) betragen 0,160 kg CO_2 pro Kilogramm Zwiebel. Biologisch produzierte Zwiebeln emittieren 1 % mehr Emissionen, das sind insgesamt 0,162 kg CO_2. Der größte Anteil an den Gesamtemissionen liegt bei beiden Produktionsweisen im Prozess Handel (Transport) mit 62 % (konventionell) bzw. mit 61 % (biologisch). Für die Berechnungen wird für beide Produktionsweisen Transportszenario 1 herangezogen (siehe Kapitel 3.4.1.2). Der Prozess Landwirtschaft trägt bei der konventionellen Produktion 38 %, bei der biologischen Produktion 39 % zu den THG-Emissionen bei.

CO_2 Emissionen von 1 kg konventionell produzierten Zwiebeln (frisch); Herkunft: Italien (Region Bologna), Ziel: Österreich (Wien)

Die Abbildung 4-1 zeigt die Anteile der einzelnen Prozesse an den gesamten CO_2 Emissionen von konventionell produzierten Zwiebeln. Konventionell produzierte Zwiebeln aus Italien (Region Bologna) verursachen pro kg etwa 0,160 kg CO_2. Durch den Transport der Zwiebeln nach Wien werden 0,10 kg CO_2 freigesetzt. Mit einem Anteil von 62 % an den gesamten THG-Emissionen ist der Prozess Handel beteiligt. 38 % der gesamten CO_2 Emissionen stammen vom Prozess Landwirtschaft. Die Produktion von konventionell produzierten Zwiebeln in Italien verursacht 0,063 kg CO_2.

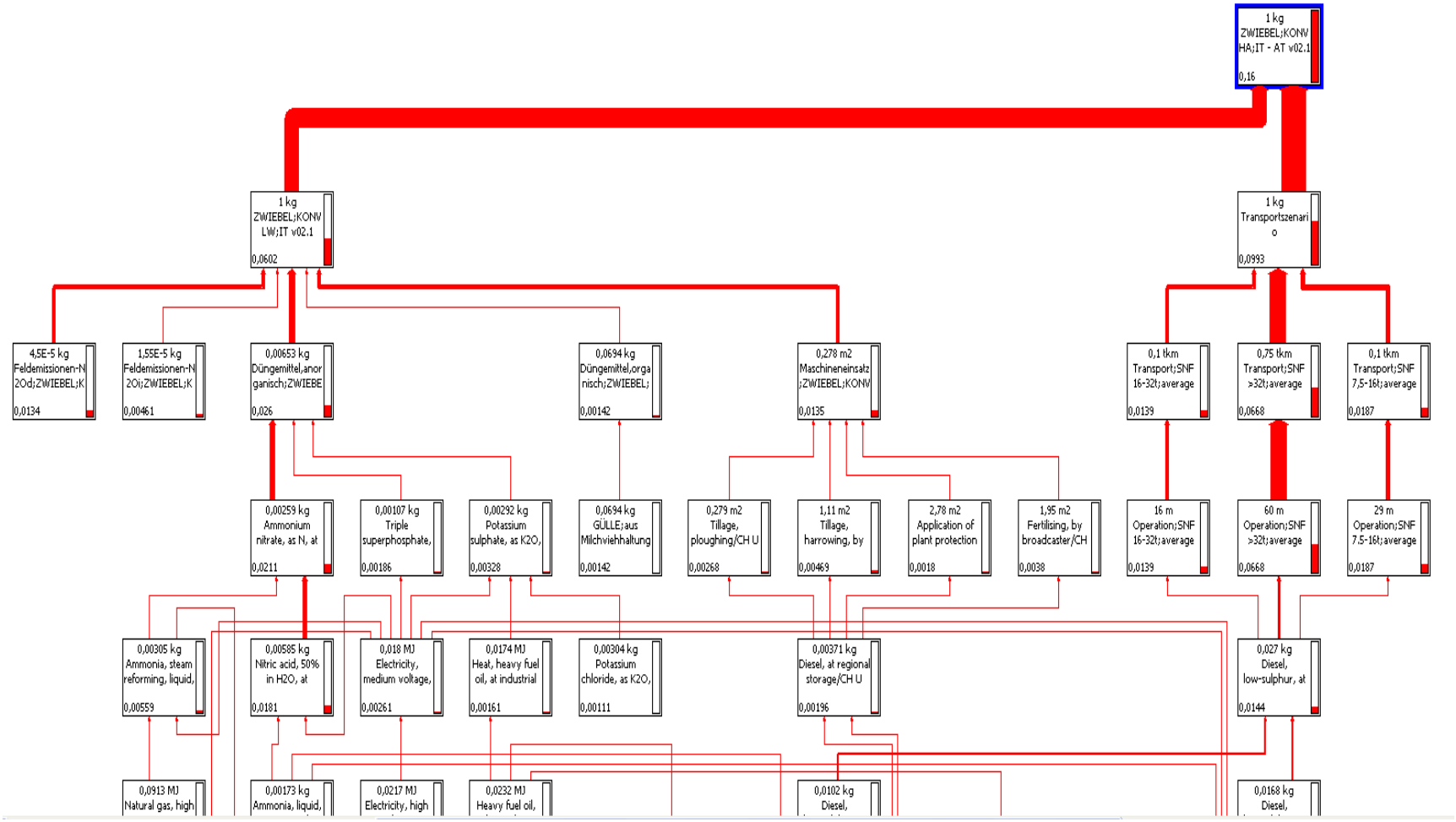

Abbildung 4-1: CO_2 Emissionen von 1 kg konventionell produzierter Zwiebel (frisch); Herkunft: Italien (Region Bologna), Ziel: Österreich (Wien)

CO_2 Emissionen von 1 kg biologisch produzierter Zwiebel (frisch); Herkunft: Italien (Region Bologna), Ziel: Österreich (Wien)

In der Abbildung 4-2 sind die Anteile der einzelnen Prozesse an den gesamten CO_2 Emissionen von biologisch produzierten Zwiebeln dargestellt. Biologisch produzierte Zwiebeln aus Italien verursachen pro kg etwa 0,162 kg CO_2, wobei durch den Transport der Zwiebeln von Italien nach Wien 0,10 kg CO_2 freigesetzt werden. Mit einem Anteil von 61 % an den gesamten THG-Emissionen ist der Prozess Handel beteiligt. 39 % der gesamten CO_2 Emissionen kommen dem Prozess Landwirtschaft zu. Die Produktion von Zwiebeln in Italien verursacht 0,063 kg CO_2.

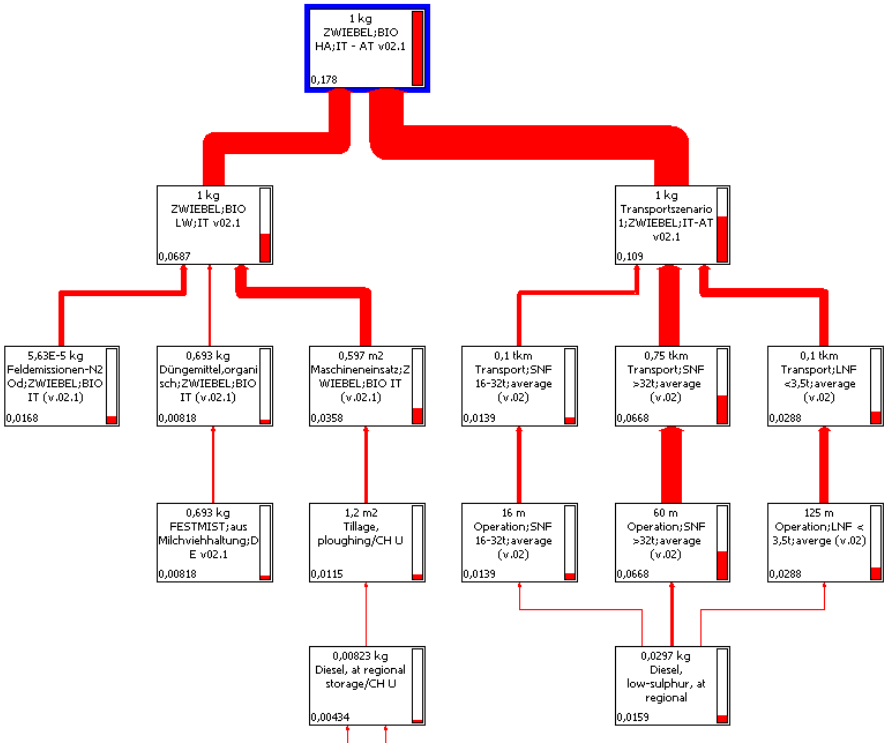

Abbildung 4-2: CO_2 Emissionen von 1 kg biologisch produzierter Zwiebeln (frisch); Herkunft: Italien (Region Bologna, Ziel: Österreich (Wien)

Vergleich der CO_2 Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Zwiebeln (frisch); Herkunft: Italien (Region Bologna), Ziel: Österreich (Wien)

Bezüglich biologisch und konventionell produzierter Zwiebeln gibt es geringfügige Unterschiede in den gesamten THG-Emissionen. Biologisch produzierte Zwiebeln setzen 0,162 kg CO_2 frei, konventionell produzierte Zwiebeln 0,160 kg CO_2, das sind um 1 % weniger CO_2 Emissionen. Der Großteil der Emissionen geht auf den Prozess Handel (Transport von Italien nach Wien) zurück. Dieser hat in der biologischen Produktion einen Anteil von 61 %, in der konventionellen Produktion einen Anteil von 62 % an den gesamten THG-Emissionen. Die Emissionen aus der Landwirtschaft betragen in der biologischen Produktion 0,063 kg CO_2 und in der konventionellen Produktion 0,060 kg CO_2, das ist ein Anteil von 39 % (biologisch) bzw. 38 % (konventionell) an den Gesamtemissionen.

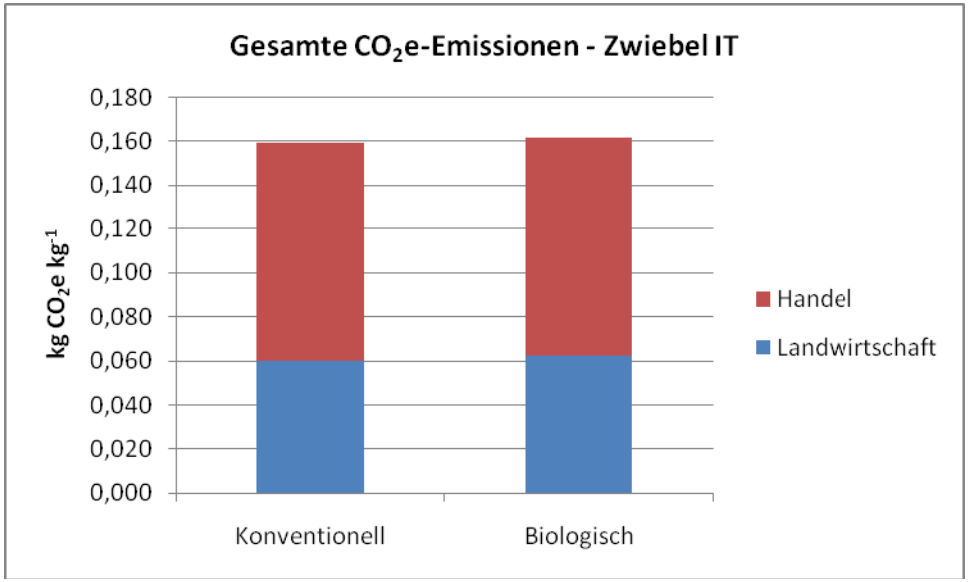

Abbildung 4-3: Vergleich der gesamten CO_2 Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Zwiebeln (frisch); Herkunft: Italien (Region Bologna), Ziel: Österreich (Wien)

Die Abbildung 4-4 zeigt die Emissionen von biologisch und konventionell produzierten Zwiebeln aus Italien. Bezüglich der landwirtschaftlichen Produktion von Zwiebeln setzen konventionell produzierte im Vergleich zu biologisch produzierten 4 % weniger THG-Emissionen frei. Durch die landwirtschaftliche Produktion von Zwiebeln werden in der konventionellen Produktionsweise 0,060 kg CO_2 freigesetzt, in der biologischen Produktionsweise 0,063 kg CO_2. Der größte Indikator für die Höhe der Emissionen ist bei konventionell produzierten Zwiebeln der Prozess Düngemittel mit einem Anteil von 46 % (0,03 kg CO_2) an den THG-Emissionen aus der Landwirtschaft, während in der biologischen Produktion die Düngemittel lediglich 13 % (0,01 kg CO_2) ausmachen. Durch die Bewirtschaftung der Felder (durch Ausbringung von anorganischen und organischen Düngemitteln) fallen in der konventionellen Produktion Feldemissionen im Ausmaß von 0,02 kg CO_2 (30 %) und in der biologischen Produktion 0,02 kg CO_2 (38 %) an. Auch der Anteil von Maschineneinsatz ist in der biologischen Produktion mit 47 % bzw. 0,03 kg CO_2 relativ hoch. Im Vergleich dazu hat der Maschineneinsatz in der konventionellen Produktion einen Anteil von 22 % (0,01 kg CO_2). Die Prozesse Pflanzenschutzmittel und Saatgut haben nahezu keinen Einfluss auf die gesamten Emissionen aus der Landwirtschaft. Der Anteil von Saatgut an den gesamten THG-Emissionen liegt bei beiden Produktionsweisen bei 1 %, das sind 0,001 kg CO_2. In der konventionellen Produktion wird durch die Pflanzenschutzmittel 0,001 kg CO_2 freigesetzt, das ist ein Anteil von 1 % an den Emissionen aus der Landwirtschaft.

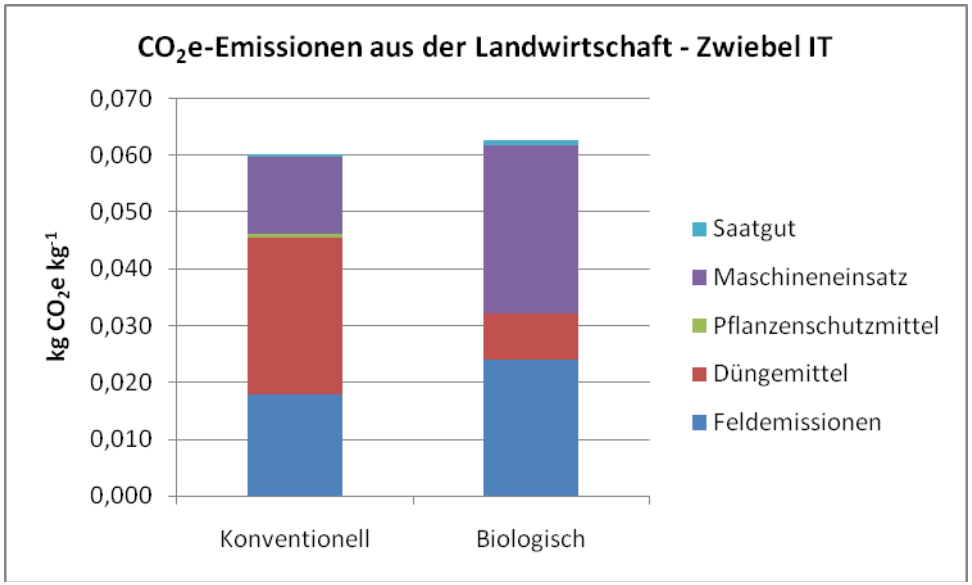

Abbildung 4-4: Vergleich der landwirtschaftlichen CO_2 Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Zwiebeln (frisch); Herkunft: Italien (Region Bologna), Ziel: Österreich (Wien)

5 Schlussfolgerungen

In den Berechnungen wird der gesamte Lebenszyklus der Lebensmittel berücksichtigt, von der landwirtschaftlichen Produktion in Italien (Region Bologna) 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 Zwiebeln aus Italien betragen 0,160 kg CO_2 pro Kilogramm Zwiebeln. Biologisch produzierte Zwiebeln emittieren 1 % mehr Emissionen, das sind insgesamt 0,162 kg CO_2. Der größte Anteil an den Gesamtemissionen liegt bei beiden Produktionsweisen im Prozess Handel (Transport) mit 62 % (konventionell) bzw. mit 61 % (biologisch). Die Landwirtschaft trägt bei der konventionellen Produktion mit 38 %, bei der biologischen Produktion mit 39 % zu den THG-Emissionen bei.

- **1°kg biologisch produzierte Zwiebeln aus Italien (Region Bologna) emittiert mit 0,162°kg CO_2 7 % etwas mehr CO_2 als 1°kg konventionell produzierte Zwiebeln aus derselben Herkunftsregion (0,160°kg CO_2).**
  Der Handel (Transport) ist überwiegend für die Höhe der Emissionen verantwortlich. Dieser hat einen Anteil von 62 % (konventionell) bzw. 61 % (biologisch) an den gesamten THG-Emissionen. Durch den Transport von Zwiebeln werden 0,10 kg CO_2 freigesetzt.

- **Die landwirtschaftliche biologische Produktion von 1°kg Zwiebeln in Italien (Region Bologna) emittiert mit 0,063°kg CO_2 4 % mehr THG-Emissionen als 1°kg konventionell produzierter Zwiebeln aus derselben Herkunftsregion (0,060°kg CO_2).**
  Der Einsatz von Düngemitteln hat in der konventionellen Zwiebelproduktion mit 46 % bzw. 0,03 kg CO_2 den größten Anteil an den THG-Emissionen, während in der biologischen Landwirtschaft der Maschineneinsatz mit 47 % bzw. 0,03 kg CO_2 dominiert. Die Pflanzenschutzmittel und das Saatgut sind bei beiden Produktionsweisen vernachlässigbar gering.

- **Der Handel (v.a. Transport) von Zwiebeln hat mit 61°% in der biologischen Produktion bzw. mit 62°% in der konventionellen Produktion den höchsten Anteil an den Gesamtemissionen. Beim Transport von Italien (Region Bologna) nach Österreich (Wien) werden 0,10°kg CO_2 freigesetzt.**
  Jeweils 0,10 kg CO_2 werden sowohl für 1°kg konventionell produzierte als auch für 1°kg biologisch produzierte Zwiebeln beim Transport von der Region Bologna (Italien) nach Wien (Österreich) emittiert. Im Prozess Handel ist der Transport ausschlaggebend für die Höhe der gesamten CO_2 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_2-Emissionen von Großküchen. CO_2-Bilanzierung von Tomaten, Kopfsalaten, Karotten und Zwiebeln. Universität für Bodenkultur Wien. Institut für Meteorologie. Wien.

Aster, M.; Holzer, G.; Hauser, M.; Kerschbaumer, A.; Sigmund, M.; Stimpfl, E.; Zelger, R. (2009) Kulturanleitungen Gemüsebau 2009. Autonome Provinz Bozen - Südtirol. Abteilung Land-, Forst- und Hauswirtschaftliche Berufsbildung. Dienststelle Bergbauernberatung. http://www.provincia.bz.it/land-hauswbildung/beratung/gemuese.asp. 07. 01. 2010.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2010) Basisdaten für die Ermittlung des Düngebedarfs und für die Umsetzung der Düngeverordnung.

Bittner, M. (2009) Schriftliche Befragung am 08.11.2009. Landwirtschaftskammer Niederösterreich. Fachabteilung Pflanzenproduktion. Gänserndorf. Gänserndorf.

Bucci, V. (2010) Schriftliche Mitteilung am 15.02.2010. Agronomica Ricerca e Sviluppo. Bagnacavallo.

Bucci, V.; Babini, D. (2005) La cipolla in Italia. Cooperative Terremerse. http://www.ermesagricoltura.it/var/portale_agricoltura/storage/file/ra0507113s_1244543495.pdf. 09. 04. .

Bufacchi, M.; Lucaccioni, A.; Motta, A.; Marcelli, M.; Casagrande, C. (2010) Manuela di Corretta prassi per la produzione integrata della cipolla. 3A-Parco Tecnologico Agroalimentare dell'Umbri (3A-PTA). http://www.parco3a.org/pdf/Manuali/MCPP_Cipolla.pdf. 27. 04. .

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. Helsel, Z. R. S. 165-177.

International Fertilizer Industry Association (IFA) http://www.fertilizer.org/ifa/Home-Page/SUSTAINABILITY/Climate-change/Emissions-from-production.html. 23.09.2010.

ISTAT (2007) Coltivazioni 2006 TOTALE ITALIA. Istituto Nazionale di Statistica. http://www.istat.it/agricoltura/datiagri/coltivazioni/anno2006/ital2006.htm. 07. 01. .

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.

Lindenthal, T. (2010a) Schriftliche Mitteilung am 15.03.2010. Universität für Bodenkultur Wien. Zentrum für Globalen Wandel und Nachhaltigkeit. Wien.

Lindenthal, T. (2010b) Schriftliche Mitteilung am 29.04.2010. Universität für Bodenkultur Wien. Zentrum für Globalen Wandel und Nachhaltigkeit. Wien.

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.

Pelzmann, H. (2004) Gemüsebau Praxis im freiland_und_unter folien. Hrsg. v. Österreichischer Agrarverlag. Klosterneuburg.

Piazza, C. (2002) Controlli infestanti su cipolla in coltivazione biologica. Agraria sperimentale stuard. http://www.stuard.it/allegato.asp?ID=231659. 27. 04. .

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.