Projekt SUKI
Sustainable Kitchen

Möglichkeiten von Großküchen zur Reduktion ihrer CO_2-Emissionen

(Maßnahmen, Rahmenbedingungen und Grenzen)

Endbericht

ZWETSCHKE

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

RRRMMMMAAA

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)

ZWETSCHKE

(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 Zwetschken aus Ungarn (Region Budapest) 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 Zwetschken betragen 0,149 kg CO_2 pro Kilogramm Zwetschken. Die biologisch produzierten Zwetschken emittieren 0,148 kg CO_2 pro Kilogramm Zwetschken. Der Prozess Landwirtschaft ist in beiden Produktionsweisen zu einem großen Anteil verantwortlich für die Höhe der Gesamtemissionen.

Bei konventionell produzierten Zwetschken beträgt der Anteil der Landwirtschaft an den Gesamtemissionen 69 %, der Anteil des Handels (Transport) rund 31 %. Die Landwirtschaft emittiert somit insgesamt 0,103 kg CO_2, der Handel 0,05 kg CO_2. In der konventionellen Landwirtschaft ist der Prozess Düngemitteleinsatz mit 47°% ausschlaggebend für die Höhe der gesamten CO_2 Emissionen.

Der Anteil der Landwirtschaft von biologisch produzierten Zwetschken an den Gesamtemissionen beträgt ebenfalls 69 % und der Anteil des Handels (Transport) somit 31 %. Der Prozess Landwirtschaft emittiert 0,102 kg CO_2 und der Prozess Handel 0,05 kg CO_2. In der biologischen Landwirtschaft sind die Feldemissionen mit 44°% ausschlaggebend für die Höhe der gesamten CO_2 Emissionen.

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

- Die Emissionen aus der landwirtschaftlichen Produktion von Zwetschken haben mit jeweils 69°% in der biologischen sowie in der konventionellen Produktion den höchsten Anteil an den Gesamtemissionen. Bei der landwirtschaftlichen Produktion von Zwetschken (konventionell und biologisch) werden 0,10°kg CO_2 freigesetzt.

- Die landwirtschaftliche biologische Produktion von 1°kg Zwetschken in Ungarn (Region Budapest) emittiert mit 0,102°kg CO_2 21 % weniger THG-Emissionen als 1°kg konventionell produzierte Zwetschken aus derselben Herkunftsregion (0,103°kg CO_2).

- 1°kg biologisch produzierte Zwetschken aus Ungarn (Region Budapest) emittiert mit 0,148°kg CO_2 1 % weniger CO_2 als 1°kg konventionell produzierte Zwetschken aus derselben Herkunftsregion (0,149°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 Düngemitteln 6
3.2.2 Erzeugung von Pflanzenschutzmitteln 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 13
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 30
3.4.1.2 Transportszenarien 31
3.4.2 Lagerung 32
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 Zwetschke, das vom Hauptanbaugebiet in Ungarn/Hauptstadt Budapest, Region Budapest nach Wien geliefert wird. Das Produktsystem beinhaltet alle wesentlichen CO_2-relevanten Größen für die Produktion von 1 kg Zwetschke.

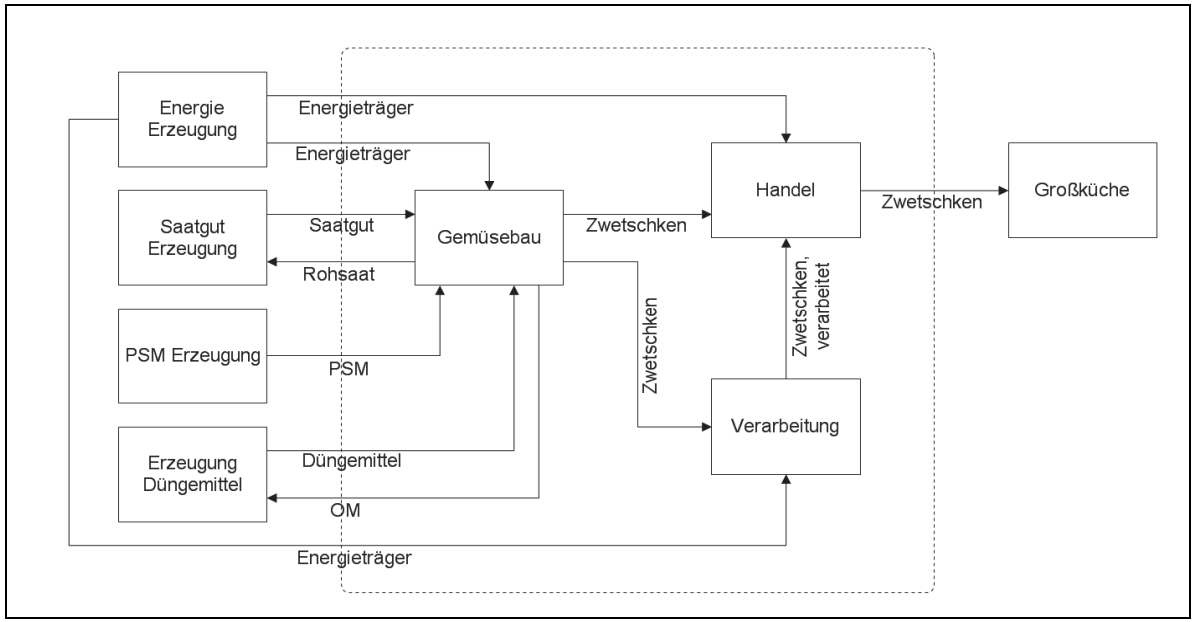

Abbildung 3-1: Systemdefinition Herstellung, Transport und Verarbeitung von Zwetschken (Ungarn, frisch und verarbeitet); Herkunft: Ungarn (Region Budapest); Ziel: Österreich (Wien)

OM: Organisches Material
PSM: Pflanzenschutzmittel

3.2 Vorgelagerte Prozesse

3.2.1 Erzeugung von Düngemitteln

Mineralische Düngemittelerzeugung

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 in dieser Studie 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-	kg CO_2e kg^{-1}	1,4	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Monoammonium phosphate, as P2O5, at regional store-

Konventionelle Landwirtschaft			
Düngemittel	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
Düngemittel			house/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“
	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

Konventionelle Landwirtschaft			
Düngemittel	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
Kompost	kg CO_2e kg^{-1}	0,325	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Compost, at plant/CH U“

Konventionelle Landwirtschaft			
Düngemittel	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
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 von Pflanzenschutzmitteln

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, 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 der biologischen Landwirtschaft 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.

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“
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“

Erzeugung Energieträger			
Energieträger	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
	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“
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}	10.000		[Sàndor, 2010]

Tabelle 3-7: Allgemeine Annahmen der biologischen Landwirtschaft

Biologische Landwirtschaft				
Parameter	**Einheit**	**Größe**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
Ertrag	kg ha^{-1}	1.500		[Csernák, 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^{-1}	43	28 40 70	Berechnung nach [Kanton Luzern, 2009] und [Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, 2007] Berechnung nach [Steinbauer et al., 2005] [BMLFUW, 2008]
	P_2O_5-Düngemittel	kg P_2O_5 ha^{-1}	35		[BMLFUW, 2008]
	K_2O-Düngemittel	kg K_2O ha^{-1}	65		[BMLFUW, 2008]
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}			
	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}	10		Berechnung nach [Kanton Luzern, 2009]
	K_2O-Düngemittel	kg K_2O ha^{-1}	20		Berechnung nach [BMLFUW, 2008]
Organische Düngemittel	Kompost	kg ha^{-1}	1.536		Berechnung nach [Kanton Luzern, 2009], Berechnung nach [BMLFUW, 2008] und [Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010]
	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}			
	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}	11		[Syngenta, 2008]
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}	-		

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}	-		

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 anorganische Düngemittel, kg N ha^{-1}
F_{ON}: Aufgebrachte Menge organische 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 Fragebogenerhebung, Publikationen von Landwirtschaftskammern und entsprechender Fachliteratur ermittelt worden. Die Stickstoffverluste die durch Verflüchtigung von Ammoniak (NH_3) und Stickoxide (NOx) 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 NOx 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 der 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 organischen Stickstoffs

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

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}	Mineralisches N-Düngemittel	kg N ha^{-1}	43	28 40 70	Berechnung nach [Kanton Luzern, 2009] und [Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, 2007] Berechnung nach [Steinbauer et al., 2005] [BMLFUW, 2008]
$Frac_{GASF}$	Anteil N-Verluste durch Verflüchtigung (NH_3 und NO_x)	kg N (kg Dünge-mittel)$^{-1}$	0,023		[Anderl et al., 2009] Kap. 6.4.2.1,S.260;(0,023 für anorganische Düngemittel, 0,153 für Urea)
F_{AM}		kg N ha^{-1}	0		

Konventionelle Landwirtschaft					
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
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}	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

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}		kg N ha^{-1}	0		
F_{SEW}		kg N ha^{-1}	0		
F_{COMP}	Kompost	kg N ha^{-1}	10,14		Berechnung nach [Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010] und [Kanton Luzern, 2009]
F_{OOA}		kg N ha^{-1}	0		
EF_1	N_2O-N Emissionsfaktor für Feldemissio-	kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$	0,01		[De Klein et al., 2006] Kap.

Biologische Landwirtschaft					
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
	nen durch Anwendung anorganischer und organischer N-Düngung				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 Formel 3-6 ermittelt. Die Stickstoff-Inputs werden ebenso berechnet wie die der direkten Lachgasemissionen (siehe Kapitel 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 von 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 anorganischer Düngemittel, kg N ha^{-1} (zur Abstimmung mit die direkte N_2O 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}
$Frac_{LEACH-(H)}$: Anteil des gesamten aufgebrachten Stickstoffs 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 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}	43	28 40 70	Berechnung nach [Kanton Luzern, 2009] und [Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, 2007] Berechnung nach [Steinbauer et al., 2005] [BMLFUW, 2008]
$Frac_{GASF}$	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}		kg N ha^{-1}	0		
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 N2O Emissionen von atmosphärischer Deposition von N	kg N_2O-N (kg verflüchtigte NH_3-N + NO_x-	0,01		[Anderl et al., 2009] Kap.11.2.2,S.11.19-24,Tbl.11.3

Konventionelle Landwirtschaft					
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
		$N)^{-1}$			
$Frac_{LEACH-(H)}$	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}		kg N ha^{-1}	0		
F_{SEW}		kg N ha^{-1}	0		
F_{COMP}	Kompost	kg N ha^{-1}	10,14		Berechnung nach [Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010] und [Kanton Luzern, 2009]
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 + NOx-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	kg N_2O-N (kg ver-	0,01		[Anderl et al., 2009]

Biologische Landwirtschaft					
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
	atmosphärischer Deposition von N	flüchtigte NH_3-N + NOx-N)$^{-1}$			Kap.11.2.2,S.11.19-24,Tbl.11.3
$Frac_{LEACH-(H)}$	Anteil der N-Verluste durch Oberflächen-abfluss und Auswaschung	kg N (kg aufge-brachte 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

Konventionelle und biologische Landwirtschaft – Allgemeine Annahmen				
Parameter	**Einheit**	**Größe**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
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		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		kg ha^{-1}	26,1		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, ploughing/CH U“
Grubbern		kg ha^{-1}	15,5		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, cultivating, chiselling/CH U“
Eggen (Kreiselegge)		kg ha^{-1}	11,5		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, harrowing, by rotary harrow/CH U“
Eggen (Federzinkenegge)		kg ha^{-1}	4,44		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, harrowing, by spring tine harrow/CH U“
Fräsen	**1**	**kg ha^{-1}**	**14,1**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, rotary cultivator/CH U“ [Sàndor, 2010]

Konventionelle Landwirtschaft - Maschineneinsatz					
Arbeitsgang	**Sätze**	**Einheit**	**Treibstoff-verbrauch**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
Walzen		kg ha^{-1}	3,18		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, rolling/CH U“
Striegeln mit Hackstriegel	**1**	**kg ha^{-1}**	**1,6**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, currying, by weeder/CH U“ [Sàndor, 2010]
Ausbringen mineralischer Düngemittel	**3**	**kg ha^{-1}**	**5,29**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Fertilising, by broadcaster/CH U“ [Steinbauer et al., 2005]
Ausbringen Gülle mit Vakuumfass		m^3 ha^{-1}	0,217		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Slurry spreading, by vacuum tanker/CH U“
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“
Ernten mit Mähdrescher		kg ha^{-1}	33,3		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Combine harvesting/CH U“
Kartoffel Vollernter		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	**2**	**kg ha^{-1}**	**1,76**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Application of plant protection products, by field sprayer/CH U“ [Syngenta, 2008]
Striegeln mit Hackstriegel		kg ha^{-1}	1,6		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, currying, by weeder/CH U“
Hacken		kg ha^{-1}	3,28		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Hoeing/CH U“
Mulchen	**1**	**kg ha^{-1}**	**3,51**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Mulching/CH U“ [Sàndor, 2010]
Abflammen		kg ha^{-1}	3,3		[Anderst, 2010] Prozess: „Abflammen;in ha; TEMPLATE (v.01)“; Emissi-

Konventionelle Landwirtschaft - Maschineneinsatz						
Arbeitsgang		**Sätze**	**Einheit**	**Treibstoff-verbrauch**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
						onsfaktoren von LPG werden angewendet für die Berechnung der Treibhausgasemissionen aus Propanverbrennung, siehe Tabelle 3-18.
			kg Propan ha^{-1}	60		
Bewässerung	**Diesel**	**2,8**	**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}**	**3.400**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Irrigating/ha/CH U“
Dieselverbrauch - Nicht-zuordenbar		27,5	kg ha^{-1}			[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Diesel, low-sulphur, at regional storage/RER U“
Stromverbrauch - Nicht-zuordenbar			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		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		kg ha^{-1}	26,1		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, ploughing/CH U“
Grubbern		kg ha^{-1}	15,5		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, cultivating, chiselling/CH U“
Eggen (Kreiselegge)		kg ha^{-1}	11,5		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, harrowing, by rotary harrow/CH U“

Biologische Landwirtschaft - Maschineneinsatz					
Arbeitsgang	**Sätze**	**Einheit**	**Treibstoff-verbrauch**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
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	**1**	**kg ha^{-1}**	**1,6**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, currying, by weeder/CH U“ Annahme
Ausbringen mineralischer Düngemittel		kg ha^{-1}	5,29		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Fertilising, by broadcaster/CH U“
Ausbringen Festmist	**1.500**	**m^3 ha^{-1}**	**0,217**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Slurry spreading, by vacuum tanker/CH U“ [BMLFUW, 2008]
Ausbringen Festmist		kg ha^{-1}	0,000531		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Solid manure loading and spreading, by hydraulic loader and spreader/CH U“ [Kelderer, 2010]
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“
Ernten mit Mähdrescher		kg ha^{-1}	33,3		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Combine harvesting/CH U“
Kartoffel Vollernter		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 Pflanzenstärkungsmitteln		kg ha^{-1}	1,76		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Application of plant protection products, by field sprayer/CH U“ [Kelderer, 2010] und [Messetti, 2010]

Biologische Landwirtschaft - Maschineneinsatz						
Arbeitsgang		**Sätze**	**Einheit**	**Treibstoff-verbrauch**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
Striegeln mit Hackstriegel			kg ha^{-1}	1,6		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, currying, by weeder/CH U“
Hacken			kg ha^{-1}	3,28		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Hoeing/CH U“
Mulchen		**1**	**kg ha^{-1}**	**3,51**		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Mulching/CH U“ Annahme
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		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		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Irrigating/ha/CH U“
Dieselverbrauch - Nicht-zuordenbar			kg ha^{-1}			[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Diesel, low-sulphur, at regional storage/RER U“
Stromverbrauch - Nicht-zuordenbar			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 Gütern mit einem bestimmten Transportmittel über 1 Kilometer.

Der Transport von Zwetschken von Ungarn (Region Budapest) 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 jeweiligen 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. Die Emissionsfaktoren sowie ein Maß für die Auslastung werden dem TREMOVE-Modell entnommen und ist in Tabelle 3-21 wiedergegeben.

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

Durchschnittlicher 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
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

Durchschnittlicher 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})**
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 Zwetschken aus Ungarn mit Maximalisierung des Einsatzes von schweren Nutzfahrzeugen (SNF)

Transportszenario 1: ZWETSCHKE HU-AT - MAX. SNF						
Transportstrecke	**Transportmittel**	**km**	**Transport-gewicht (t)**	**tkm**	**Transport-dauer (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	240	0,001	0,24	3	Annahme: Budapest - 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 Zwetschken aus Ungarn mit Minimalisierung des Einsatzes von schweren Nutzfahrzeugen (SNF)

Transportszenario 2: ZWETSCHKE HU-AT - MIN. SNF						
Transportstrecke	**Transportmittel**	**km**	**Transport-gewicht (t)**	**tkm**	**Transport-dauer (h)**	**Quelle & Bemerkungen**
LW (IT) - HA (Zwischenlager IT)	SNF 7,5-16t	100	0,001	0,13	1,25	Annahme: durchschnittliche Distanz zwischen Landwirt und Zwischenlager
HA (Zwischenlager IT) - HA (Zwischenlager AT)	SNF 7,5-16t	240	0,001	0,24	3,00	Annahme: Budapest - 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, aus [Nielsen et al., 2003] und [Carlsson-Kanyama & Faist, 2000] entnommen wird. 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 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 Lebensmittellagerung bei Raumtemperatur	kWh kg^{-1} Tag^{-1}	0,00144		[Nielsen et al., 2003] [Carlsson-Kanyama & Faist, 2000]

Lebensmittellagerung bei Raumtemperatur					
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Aus:**	**Quelle und Bemerkungen**
$E_{S(G)}$	Spezifischer Wärmeverbrauch für die Lebensmittellagerung 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 in 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 Lebens-mittels	m^3 kg^{-1}			
t	Lagerdauer	Tage			

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 dargestellt sind.

Die Gesamtemissionen von konventionell produzierten Zwetschken aus Ungarn (Region Budapest) betragen 0,149 kg CO_2 eq pro Kilogramm Zwetschken. Biologisch produzierte Zwetschken emittieren 1 % weniger Emissionen, das sind insgesamt 0,148 kg CO_2 eq. Die Anteile der Prozesse Landwirtschaft und Handel sind weitgehend ausgeglichen. Der Prozess Handel hat bei beiden Produktionsweisen einen Anteil von 31 % an den gesamten THG-Emissionen. Für die Berechnungen wurden für beide Produktionsweisen Transportszenario 1 herangezogen (siehe Kapitel 3.4.1.2). Der Prozess Landwirtschaft trägt bei beiden Produktionsweisen mit 69 % zu den THG-Emissionen bei.

CO_2 Emissionen von 1 kg konventionell produzierten Zwetschken (frisch); Herkunft: Ungarn (Region Budapest), Ziel: Österreich (Wien)

Die Abbildung 4-1 zeigt die Anteile der einzelnen Prozesse an den gesamten CO_2 Emissionen von konventionellen Zwetschken. Konventionelle Zwetschken aus Ungarn verursachen pro kg etwa 0,149 kg CO_2. Durch den Transport der Zwetschken nach Wien werden 0,046 kg CO_2 freigesetzt, das ist ein Anteil von 31 % an den gesamten THG-Emissionen. 69 % der gesamten CO_2 eq entfällt auf den Prozess Landwirtschaft. Die Produktion von konventionellen Zwetschken in Ungarn verursacht 0,103 kg CO_2.

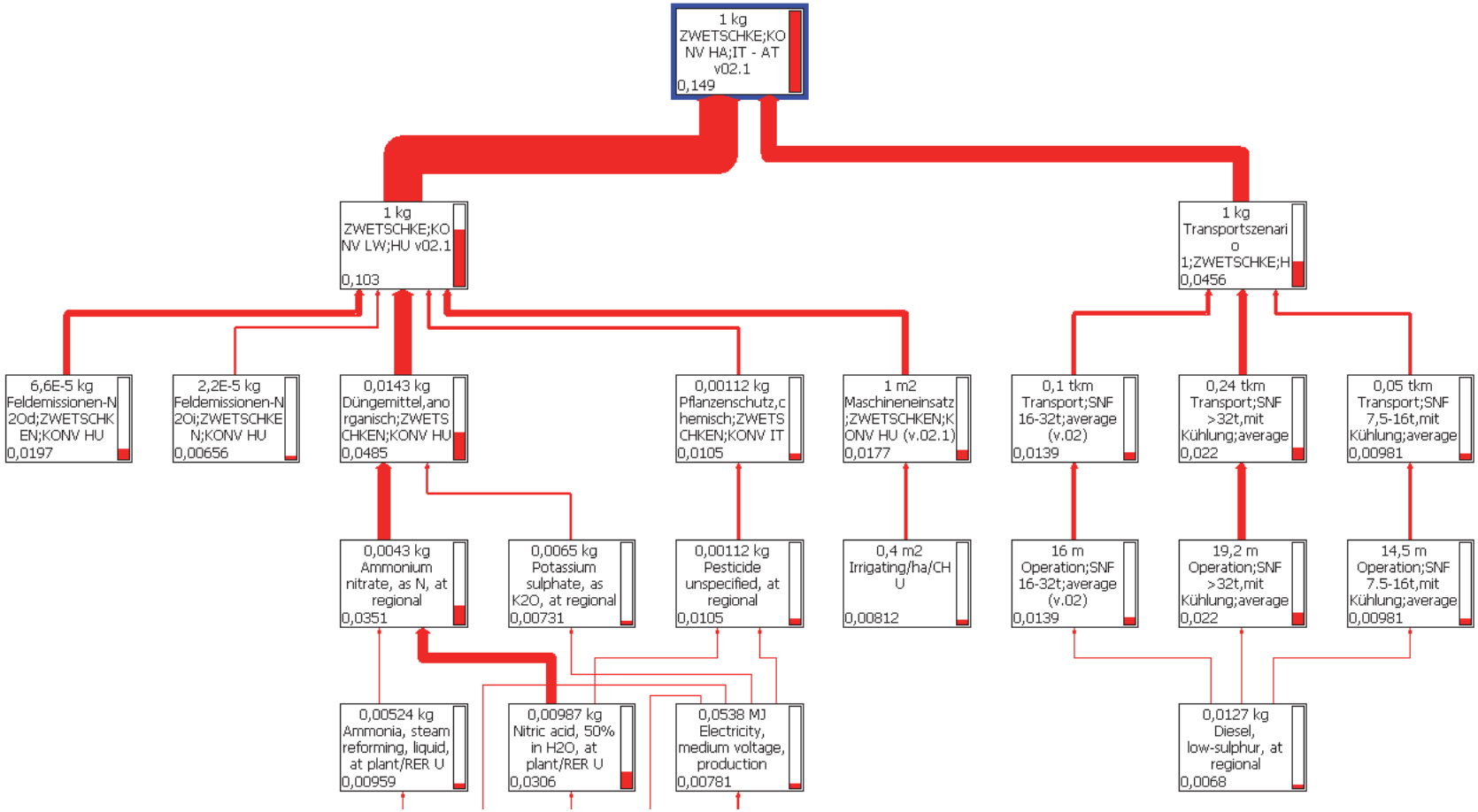

Abbildung 4-1: CO_2 Emissionen von 1 kg konventionell produzierter Zwetschken (frisch); Herkunft: Ungarn (Region Budapest), Ziel: Österreich (Wien)

CO_2 Emissionen von 1 kg biologisch produzierter Zwetschken (frisch); Herkunft: Ungarn (Region Budapest), Ziel: Österreich (Wien)

In der Abbildung 4-2 sind die Anteile der einzelnen Prozesse an den gesamten CO_2 Emissionen von biologischen Zwetschken dargestellt. Biologische Zwetschken aus Ungarn verursachen pro kg etwa 0,148 kg CO_2. Durch den Transport der Zwetschken von Ungarn nach Wien werden 0,046 kg CO_2 freigesetzt, das ist ein Anteil von 31 % an den gesamten THG-Emissionen. 69 % der gesamten CO_2 Emissionen entfällt auf den Prozess Landwirtschaft. Die Produktion von Zwetschken in Ungarn verursacht 0,102 kg CO_2.

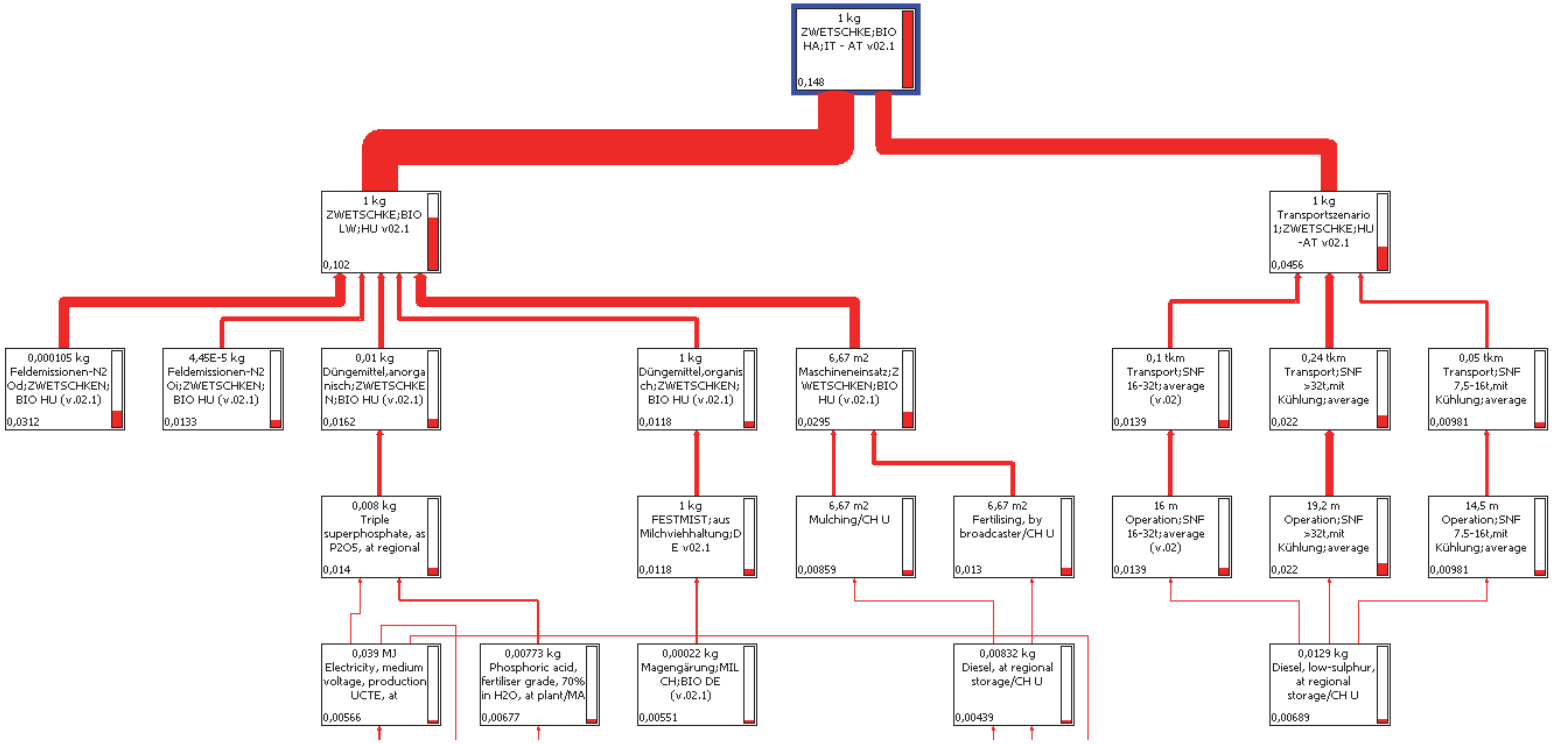

Abbildung 4-2: CO_2 Emissionen von 1 kg biologisch produzierter Zwetschken (frisch); Herkunft: Ungarn (Region Budapest), Ziel: Österreich (Wien)

Vergleich der CO_2 Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Zwetschken (frisch); Herkunft: Ungarn (Region Budapest), Ziel: Österreich (Wien)

Biologisch angebaute Zwetschken setzen 0,148 kg CO_2 frei, konventionelle Zwetschken 0,149 kg CO_2, das sind um 1 % mehr CO_2. Die Emissionen aus der Landwirtschaft betragen in der biologischen Landwirtschaft 0,102 kg CO_2, im Vergleich dazu werden in der konventionellen Produktion 0,103 kg CO_2 freigesetzt, das ist ein Anteil von jeweils 69 %. Ein Anteil von 31 % hat der Prozess Handel (Transport). Der Transport von Ungarn nach Wien emittiert 0,046 kg CO_2.

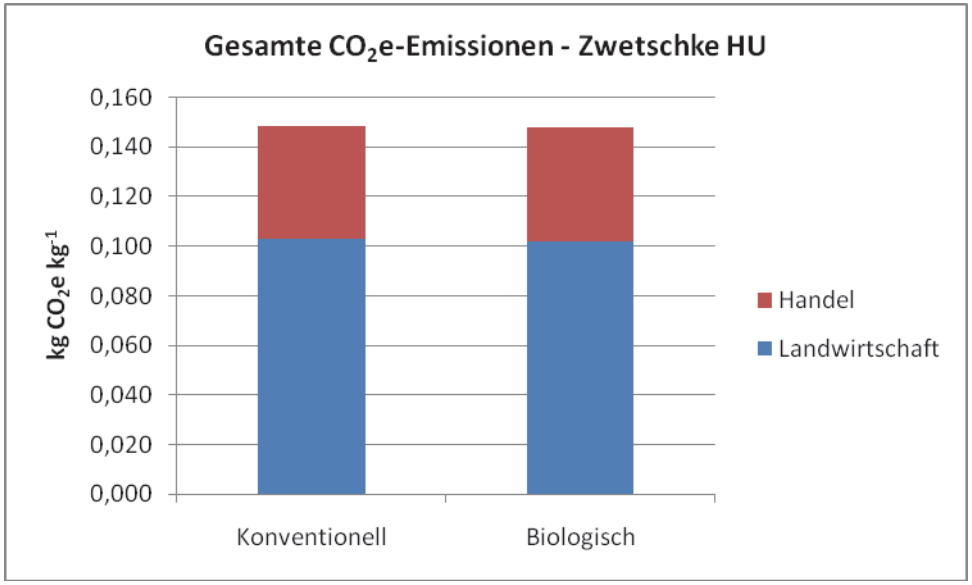

Abbildung 4-3: *Vergleich der gesamten CO_2 Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Zwetschken (frisch); Herkunft: Ungarn (Region Budapest), Ziel: Österreich (Wien)*

Die Abbildung 4-4 zeigt die Emissionen aus der Landwirtschaft von biologisch und konventionell produzierten Zwetschken aus Ungarn. Bezüglich der landwirtschaftlichen Produktion von Zwetschken setzen biologisch angebaute Zwetschken im Vergleich zu konventionell angebauten 1 % weniger THG-Emissionen frei. In der konventionellen Produktionsweise werden 0,103 kg CO_2 freigesetzt, in der biologischen Landwirtschaft 0,102 kg CO_2. Der größte Indikator für die Höhe der Emissionen ist bei konventionell angebauten Zwetschken

der Prozess Düngemittel mit einem Anteil von 47 % (0,049 kg CO_2) an den THG-Emissionen aus der Landwirtschaft, während in der biologischen Landwirtschaft die Düngemittel lediglich 27 % (0,028 kg CO_2) ausmachen. Durch die Bewirtschaftung der Felder (durch Ausbringung von anorganischen und organischen Düngemitteln) fallen in der konventionellen Landwirtschaft Feldemissionen im Ausmaß von 0,026 kg CO_2 (26 %) und in der biologischen Landwirtschaft 0,045 kg CO_2 (44 %) an. Auch der Anteil von Maschineneinsatz ist in der biologischen Produktion mit 29 % bzw. 0,030 kg CO_2 relativ hoch. Im Vergleich dazu hat der Maschineneinsatz in der konventionellen Landwirtschaft einen Anteil von 17 % (0,018 kg CO_2). Der Prozess Pflanzenschutzmittel emittiert 0,011 kg CO_2, das ist ein Anteil von 10 % an den THG-Emissionen aus der Landwirtschaft.

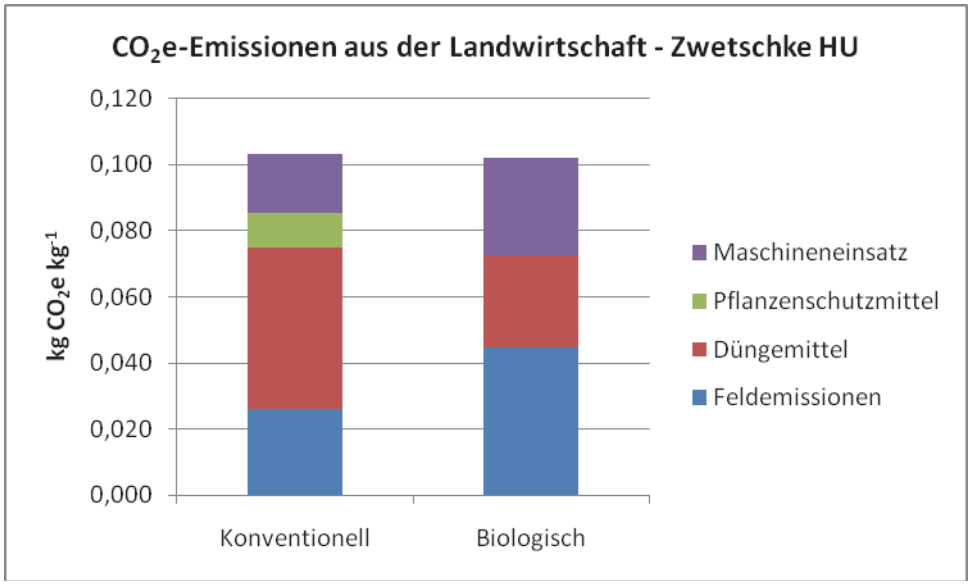

Abbildung 4-4: Vergleich der landwirtschaftlichen CO_2 Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Zwetschken (frisch); Herkunft: Ungarn (Region Budapest), Ziel: Österreich (Wien)

5 Schlussfolgerungen

In den Berechnungen wird der gesamte Lebenszyklus der Lebensmittel berücksichtigt, von der landwirtschaftlichen Produktion in Ungarn (Region Budapest) 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 Zwetschken aus Ungarn betragen 0,149 kg CO_2 pro Kilogramm Zwetschken. Biologisch produzierte Zwetschken emittieren 1 % weniger Emissionen, das sind insgesamt 0,148 kg CO_2. Die Anteile der Prozesse Landwirtschaft und Handel sind weitgehend ausgeglichen. Der Prozess Handel hat bei beiden Produktionsweisen einen Anteil von 31°% an den gesamten THG-Emissionen. Der Prozess Landwirtschaft trägt bei beiden Produktionsweisen mit 69°% zu den THG-Emissionen bei.

- **1°kg biologisch produzierte Zwetschken aus Ungarn (Region Budapest) emittiert mit 0,148°kg CO_2 1 % weniger CO_2 als 1°kg konventionell produzierte Zwetschken aus derselben Herkunftsregion (0,149°kg CO_2).**
  Die Landwirtschaft ist überwiegend für die Höhe der Emissionen verantwortlich. Dieser hat bei beiden Produktionsweisen einen Anteil von 69 % an den gesamten THG-Emissionen. Der Prozess Handel (Transport) hat einen Anteil von 31°% bei beiden Produktionsweisen.

- **Die landwirtschaftliche biologische Produktion von 1°kg Zwetschken in Ungarn (Region Budapest) emittiert mit 0,102°kg CO_2 21 % weniger THG-Emissionen als 1°kg konventionell produzierte Zwetschken aus derselben Herkunftsregion (0,103°kg CO_2).**
  Der Einsatz von Düngemitteln hat in der konventionellen Zwetschkenproduktion mit 47 % bzw. 0,05 kg CO_2 den größten Anteil an den THG-Emissionen, während in der biologischen Landwirtschaft die Feldemissionen mit 44 % bzw. 0,05 kg CO_2 dominieren. Der Maschineneinsatz ist in der biologischen Landwirtschaft mit einem Anteil von 17 % (0,02°kg CO_2) niedriger als in der konventionellen Landwirtschaft mit einem Anteil von 29 % bzw. 0,03 kg CO_2.

- **Die Emissionen aus der landwirtschaftlichen Produktion von Zwetschken haben mit 69°% in der biologischen sowie in der konventionellen Produktion den höchsten Anteil an den Gesamtemissionen. Bei der landwirtschaftlichen Produktion von Zwetschken (konventionell und biologisch) werden 0,10°kg CO_2 freigesetzt.**
  Jeweils 0,10 kg CO_2 werden sowohl für 1°kg konventionell produzierter als auch für 1°kg biologisch produzierte Zwetschken durch die landwirtschaftlich produzierten Emissionen emittiert. Der Transport von Ungarn nach Wien hat mit 31°% einen geringeren Anteil bei beiden Produktionsweisen und emittiert 0,05°kg CO_2.

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.

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

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (2007) Hinweise zur Düngung von Obstgehölzen im Garten. Veitshöchheim, Deutschland.

BMLFUW (2008) Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Obstbau. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.

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.

Csernák, I. (2010) Telefonische Befragung mittels Fragebogen. Kismanos, Ungarn.

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.

Kanton Luzern (2009) Anbauempfehlung. Tafelzwetschgenproduktion Zentralschweiz. Dienststelle Landwirtschaft und Wald, lawa, Abteilung Landwirtschaft. Sursee, Schweiz.

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.

Sàndor, P. (2010) Telefonische Befragung mittels Fragebogen. Kiskunfélegyháza, Ungarn.

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.

Steinbauer, L.; Strahlhofer, R.; Muster, H.; Innerhofer, G. (2005) Zwetschke. Anbau, Schnitt, Sorten, Verarbeitung. Leopoldsdorf.

Strogies, M.; Gniffke, P. (2009) Nationaler Inventarbericht Deutschland, Zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2007. Dessau. Umweltbundesamt. 572 p. 83-390.

Syngenta (2008) Ratgeber Gemüse. Auszug aus dem PhytoGuide 2008. Schweiz.