

Möglichkeiten von Großküchen zur Reduktion ihrer CO₂-Emissionen

(Maßnahmen, Rahmenbedingungen und Grenzen)

Endbericht



TEIGWAREN
inkl. Weizen und Mehl

Wien, März 2011



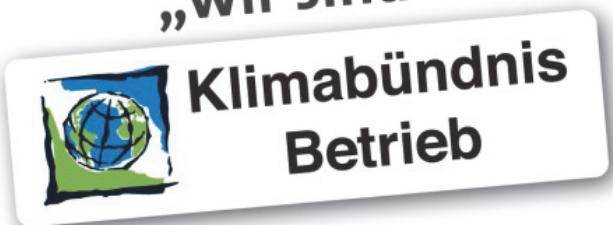
Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung
Ressourcen Management Agentur



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



EUROPEAN UNION
European Regional
Development Fund



**Möglichkeiten von Großküchen
zur Reduktion ihrer CO₂-
Emissionen
(Maßnahmen, Rahmenbedingun-
gen und Grenzen) -
Sustainable Kitchen**

(Projekt SUKI)

TEIGWAREN

(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: Südböhmishe 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

Argentinerstraße 48/2. Stock
1040 Wien

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

Fax: +43 (0)1 913 22 52.22

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

Kurzfassung

Die Lebensmittelproduktion hat beträchtliche Auswirkungen auf den Klimawandel, welcher eine der größten Herausforderungen unserer Zeit darstellt. Die Landwirtschaft ist weltweit für etwa 14 % aller anthropogenen Treibhausgasemissionen (v.a. CH₄, N₂O und CO₂), 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 Mehl und Teigwaren aus Italien (Region Verona) und beinhaltet die vorgelagerten Prozesse sowie die Prozesse Landwirtschaft, Handel und Verarbeitung. Die vorgelagerten Prozesse setzen sich aus der Erzeugung von Düngemittel, Pflanzenschutzmittel, Saatgut und Energie zusammen. Der Beitrag zur Veränderung des Klimas wird mithilfe von CO₂-Äquivalenten (kurz CO₂ 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 Mehl betragen 0,9 kg CO₂ pro Kilogramm Mehl. Das biologisch produzierte Mehl emittiert 0,7 kg CO₂ pro Kilogramm Mehl. Der Prozess Handel ist in der biologischen Produktionsweise zu einem großen Anteil verantwortlich für die Höhe der Gesamtemissionen, während bei der konventionellen Produktionsweise die landwirtschaftlichen Emissionen den Großteil der THG-Emissionen ausmachen. Die Verarbeitung wirkt mit 3% zu den gesamten Emissionen bei.

Bei konventionell produziertem Mehl beträgt der Anteil der Landwirtschaft an den Gesamtemissionen 56 %, der Anteil des Handels rund 40 %. Die Landwirtschaft emittiert somit insgesamt 0,5 kg CO₂, der Handel 0,4 kg CO₂. Im Prozess Handel sind die Prozesse Transport und Lagerung ausschlaggebend für die Höhe der gesamten CO₂ Emissionen. Die Verarbeitung trägt 4% zu den gesamten Emissionen bei.

Der Anteil der Landwirtschaft von biologisch produziertem Mehl an den Gesamtemissionen beträgt 42 % und der Anteil des Handels rund 53 %. Der Prozess Landwirtschaft emittiert 0,3 kg CO₂ und der Prozess Handel 0,4 kg CO₂. Auch in der biologischen Produktion von Mehl sind innerhalb des Prozesses Handel die Prozesse Transport und Lagerung ausschlaggebend für die Höhe der gesamten CO₂ Emissionen.

Die Gesamtemissionen der konventionellen Produktion von Teigwaren betragen 1,24 kg CO₂ pro Kilogramm Teigwaren. Die biologisch produzierten Teigwaren emittieren 1,03 kg CO₂ pro Kilogramm Teigwaren. Der Prozess Handel ist in beiden Produktionsweisen zu einem großen Anteil verantwortlich für die Höhe der Gesamtemissionen.

Bei konventionell produzierten Teigwaren beträgt der Anteil der Landwirtschaft an den Gesamtemissionen 40 %, der Anteil des Handels rund 50 %. Die Landwirtschaft emittiert somit

insgesamt 0,5 kg CO₂, der Handel 0,61 kg CO₂. Im Prozess Handel sind die Prozesse Transport und Lagerung ausschlaggebend für die Höhe der gesamten CO₂ Emissionen. Die Verarbeitung wirkt mit 10°% bzw. 0,13°kg CO₂ zu den gesamten Emissionen bei.

Der Anteil der Landwirtschaft von biologisch produzierten Teigwaren an den Gesamtemissionen beträgt 28 % und der Anteil des Handels rund 60 %. Der Prozess Landwirtschaft emittiert 0,29 kg CO₂ und der Prozess Handel 0,61 kg CO₂. Auch in der biologischen Produktion von Teigwaren sind innerhalb des Prozesses Handel die Prozesse Transport und Lagerung ausschlaggebend für die Höhe der gesamten CO₂ Emissionen. Die Verarbeitung wirkt mit 13°% bzw. 0,13°kg CO₂ zu den gesamten Emissionen bei.

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

- 1°kg biologisch produziertes Mehl aus Italien (Region Verona) emittiert mit 0,7°kg CO₂ 24 % weniger CO₂ als 1°kg konventionell produziertes Mehl aus derselben Herkunftsregion (0,9°kg CO₂).
- Der Handel (Transport und Lagerung) von Teigwaren hat mit 60°% in der biologischen Produktion bzw. mit 50°% in der konventionellen Produktion den höchsten Anteil an den Gesamtemissionen. Beim Handel von Italien (Region Verona) nach Österreich (Wien) werden 0,62°kg CO₂ freigesetzt.
- 1°kg biologisch produzierte Teigwaren aus Italien (Region Verona) emittiert mit 1,24°kg CO₂ 17 % weniger CO₂ als 1°kg konventionell produzierte Teigwaren aus derselben Herkunftsregion (1,03°kg CO₂).

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 <i>Erzeugung von Düngemitteln</i>	6
3.2.2 <i>Erzeugung von Pflanzenschutzmittel</i>	8
3.2.3 <i>Erzeugung von Saatgut</i>	9
3.2.4 <i>Erzeugung von Energie</i>	10
3.3 Prozess Landwirtschaft.....	12
3.3.1 <i>Allgemeine Annahmen</i>	12
3.3.2 <i>Landwirtschaftliche Inputs</i>	13
3.3.3 <i>Feldemissionen</i>	15
3.3.3.1 <i>Direkte N₂O-Feldemissionen</i>	15
3.3.3.2 <i>Indirekte N₂O-Feldemissionen</i>	19
3.3.4 <i>Maschineneinsatz</i>	22
3.4 Prozess Handel.....	28
3.4.1 <i>Transport</i>	28
3.4.1.1 <i>Straßentransport</i>	29
3.4.1.2 <i>Transportszenarien</i>	30
3.4.2 <i>Lagerung</i>	31
3.5 Prozess Verarbeitung.....	34
4 ERGEBNISSE	37
4.1 CO ₂ Emissionen von Weizen und Mehl (Italien - Verona).....	37
4.2 CO ₂ Emissionen von Teigwaren (Italien - Verona).....	42
5 SCHLUSSFOLGERUNGEN	49
6 LITERATUR.....	51

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. CH₄, N₂O und CO₂), 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 CO₂-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 CO₂-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 CO₂-Emissionen der am Projekt beteiligten Großküchen zu erfassen und die direkten und die indirekten Einflussmöglichkeiten von Großküchen auf ihre CO₂-Emissionen zu analysieren. Es werden Möglichkeiten und Grenzen von Großküchen zur Reduktion ihrer CO₂-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 CO₂-Emissionen von Großküchen?
- Welchen Einfluss hat die Berücksichtigung der Herkunft (Regionalität) bei der Auswahl der Lebensmittel auf die CO₂-Emissionen von Großküchen?
- Welchen Einfluss hat die Berücksichtigung der Saisonalität bei der Auswahl der Lebensmittel auf die CO₂-Emissionen von Großküchen?
- Welche Speise trägt den größten ökologischen Rucksack?
- Welche kurz-, mittel- und langfristigen Maßnahmen zur CO₂-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 Teigwaren, das vom Haupterzeugungsgebiet in Verona, Italien nach Wien geliefert wird.
Das Produktsystem beinhaltet alle wesentlichen CO₂-relevanten Größen für die Produktion von 1 kg Teigwaren.

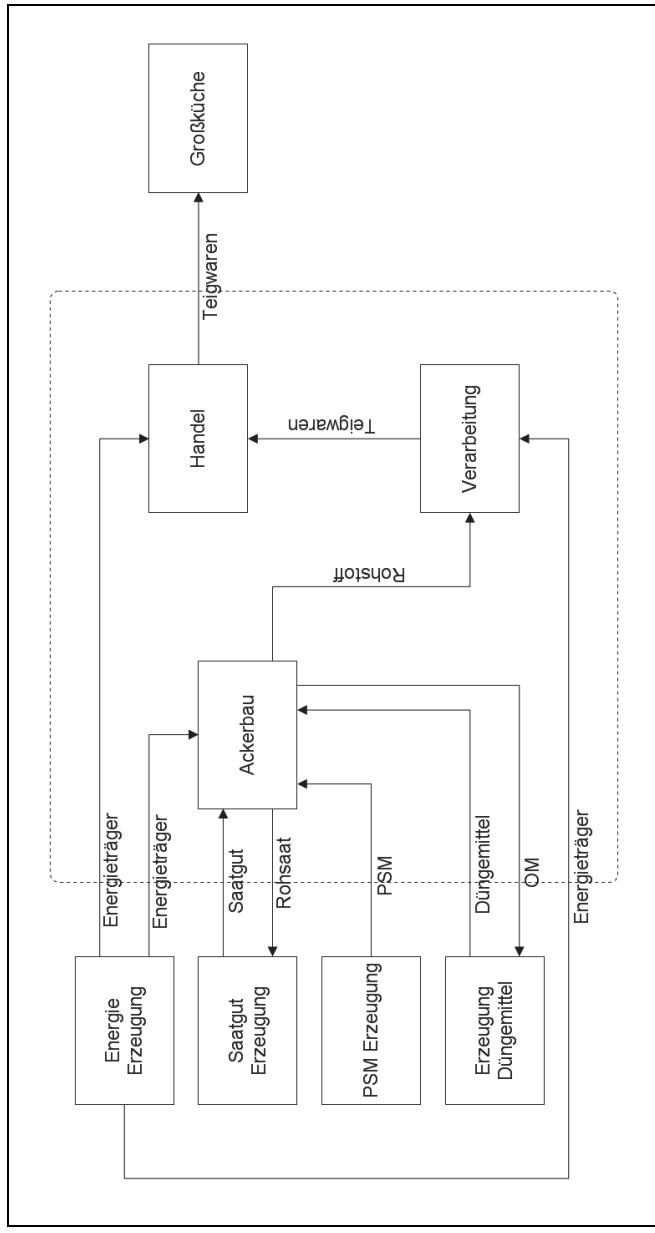


Abbildung 3-1: Systemdefinition Produktion, Transport und Verarbeitung von Teigwaren (frisch und verarbeitet); Herkunft: Italien (Region Verona), Ziel: Österreich (Wien)

OM: Organisches Material
PSM: Pflanzenschutzmittel

3.2 Vorgelagerte Prozesse

3.2.1 Erzeugung von Düngemitteln

Mineralische Düngemittelherstellung

Die Herstellung mineralischer Düngemittel verursacht Emissionen von Ammoniak (NH_3), 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. $\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$) 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	$\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$	8,16	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Ammonium nitrate, as N, at regional storehouse/RER U“
	$\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$	8,2	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Calcium ammonium nitrate, as N, at regional storehouse/RER U“
	$\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$	5,49	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Urea ammonium nitrate, as N, at regional storehouse/RER U“
	$\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$	4,7	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Ammonium nitrate phosphate, as N, at regional storehouse/RER U“
	$\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$	2,39	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Ammonium sulphate, as N, at regional storehouse/RER U“
	$\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$	4,43	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Calcium nitrate, as N, at regional storehouse/RER U“
	$\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$	3,07	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Urea, as N, at regional storehouse/RER U“
	$\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$	2,49	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Monoammonium phosphate, as N, at regional storehouse/RER U“
	$\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$	15,4	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Potassium nitrate, as N, at regional storehouse/RER U“
	$\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$	2,5	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Diammonium phosphate, as N, at regional storehouse/RER U“
P_2O_5 -Düngemittel	$\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$	1,4	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Monoammonium phosphate, as P2O5, at regional storehouse/RER U“

Konventionelle Landwirtschaft			
Düngemittel	Einheit	Größe	Quelle und Bemerkungen
kg CO ₂ e kg ⁻¹	2,1	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Single superphosphate, as P2O5, at regional storehouse/RER U“	
kg CO ₂ e kg ⁻¹	1,74	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Triple superphosphate, as P2O5, at regional storehouse/RER U“	
kg CO ₂ e kg ⁻¹	1,38	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Diammonium phosphate, as P2O5, at regional storehouse/RER U“	
kg CO ₂ e kg ⁻¹	1,09	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Ammonium nitrate phosphate, as P2O5, at regional storehouse/RER U“	
K ₂ O-Düngemittel	kg CO ₂ e kg ⁻¹	0,677	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Potassium nitrate, as K2O, at regional storehouse/RER U“
	kg CO ₂ e 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. Bezuglich 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 ₂ e kg ⁻¹	0,325	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Compost, at plant/CH U“
Hormmehl	kg CO ₂ e kg ⁻¹	0,252	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Horn meal, at regional storehouse/CH U“
Hühnermist	kg CO ₂ e kg ⁻¹	0,0966	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Poultry manure, dried, at regional storehouse/CH U“

Biologische Landwirtschaft			
Düngemittel	Einheit	Größe	Quelle und Bemerkungen
Vinasse	kg CO ₂ e kg ⁻¹	0,0157	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Vinasse, at regional storehouse/CH U“
Gründüngung, konventionell	kg CO ₂ e ha ⁻¹	915	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Green manure IP, until February/CH U“
Gründüngung, biologisch	kg CO ₂ e ha ⁻¹	498	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Green manure organic, until February/CH U“
Festmist, Mastbullen	kg CO ₂ e kg ⁻¹	0,0362	FESTMIST; aus Mastbullehhaltung;DE v02.1
Festmist, Milchvieh	kg CO ₂ e kg ⁻¹	0,0118	FESTMIST;aus Milchviehhaltung;DE v02.1
Gülle, Mastbullen	kg CO ₂ e kg ⁻¹	0,0154	GÜLLE;aus Mastbullehhaltung;DE v02.1
Gülle, Milchvieh	kg CO ₂ e kg ⁻¹	0,0204	GÜLLE;aus Milchviehhaltung;DE v02.1

Die Treibhausgasemissionen Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) (direkte und indirekte N₂O 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 CO₂e (kg Festmist oder Gülle)⁻¹ angegeben.

3.2.2 Erzeugung von Pflanzenschutzmittel

Die Erzeugung von in der Landwirtschaft verwendeten Pestiziden trägt geringfügig zu den Treibhausgasemissionen bei (unter 5 %) und wird deshalb ‚grob‘ modelliert. Eine grobe Modellierung bedeutet, dass die Pflanzenschutzmittel (Pestizide) in drei Kategorien eingeteilt werden: Herbizide, Insektizide, 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 CO ₂ e kg ⁻¹	9,36	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Pesticide unspecified, at regional storehouse/RER U“
Herbizide	kg CO ₂ e kg ⁻¹	9,46	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Herbicides, at regional storehouse/RER U“
Fungizide	kg CO ₂ e kg ⁻¹	9,92	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Fungicides, at regional storehouse/RER U“
Insektizide	kg CO ₂ e 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 Fällen 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 Datensetzung bezüglich der Herstellung von biologischen Pflanzenschutzmitteln wird im Rahmen der biologischen Produktion die Erzeugung von biologischen Pflanzenschutzmitteln nicht berücksichtigt. Der erforderliche Maschineneinsatz für die Ausbringung der Pflanzenschutzmittel fließt in die Berechnung mit ein (siehe Kapitel 0).

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 am Pflanzgut pro ha notwendig ist. Aufgrund des relativ niedrigen Anteils der Saat- und Pflanzgutezeugung 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 CO₂e-Emissionen vernachlässigt.

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

Landwirtschaft – Erzeugung Saat- und Pflanzgut			
Saat- oder Pflanzgut	Einheit	Größe	Quelle und Bemerkungen
Gerste, konventionell	kg CO ₂ e kg ⁻¹	0,37	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Barley seed IP, at regional storehouse/CH U“
Gerste, biologisch	kg CO ₂ e kg ⁻¹	0,42	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Barley seed organic, at regional storehouse/CH U“
Klee, konventionell	kg CO ₂ e kg ⁻¹	3,15	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Clover seed IP, at regional storehouse/CH U“
Gras, konventionell	kg CO ₂ e kg ⁻¹	1,82	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Grass seed IP, at regional storehouse/CH U“
Gras, biologisch	kg CO ₂ e kg ⁻¹	1,38	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Grass seed organic, at regional storehouse/CH U“
Mais, konventionell	kg CO ₂ e kg ⁻¹	1,78	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Maize seed IP, at regional storehouse/CH U“
Mais, biologisch	kg CO ₂ e kg ⁻¹	1,24	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Maize seed organic, at regional storehouse/CH U“
Erbse, konventionell	kg CO ₂ e kg ⁻¹	0,82	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Pea seed IP, at regional storehouse/CH U“
Erbse, biologisch	kg CO ₂ e kg ⁻¹	0,84	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Pea seed organic, at regional storehouse/CH U“
Raps, konventionell	kg CO ₂ e kg ⁻¹	1,6	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Rape seed IP, at regional storehouse/CH U“
Raps, biologisch	kg CO ₂ e kg ⁻¹	1,17	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Rape seed organic, at regional storehouse/CH U“
Roggen, konventionell	kg CO ₂ e kg ⁻¹	0,29	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Rye seed IP, at regional storehouse/CH U“
Roggen, biologisch	kg CO ₂ e kg ⁻¹	0,4	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Rye seed organic, at regional storehouse/CH U“
Weizen, konventionell	kg CO ₂ e kg ⁻¹	0,51	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Wheat seed IP, at regional storehouse/CH U“
Weizen, biologisch	kg CO ₂ e kg ⁻¹	0,46	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Wheat seed organic, at regional storehouse/CH U“
Kartoffel, konventionell	kg CO ₂ e kg ⁻¹	0,177	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Potato seed IP, at regional storehouse/CH U“
Kartoffel, biologisch	kg CO ₂ e 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 Sekundärentergeträger 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 Dieserverbrauchsdaten in allen Prozessen stellt der durchschnittliche Stand der Technik in Europa dar, d.h. Diesel nach EN 590, mit niedrigem Schwefelgehalt. Die Raffination des Diesels ist im Vergleich zu den Verbrennungsprozessen beim Verbrauch bezüglich der Emissionen vernachlässigbar. Die mit der Erzeugung assoziierten Treibhausgase werden berücksichtigt.

Die Emissionsfaktoren der Fernwärme aus der Müllverbrennung 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 von Energieträgern		Quelle und Bemerkungen	
Energieträger	Einheit	Größe	
Diesel	kg CO ₂ e kg ⁻¹	0,441	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Diesel, low-sulphur, at regional storage/RER U“
Elektrizität	kg CO ₂ e kWh ⁻¹	0,431	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Electricity, low voltage, at grid/AT U“
	kg CO ₂ e kWh ⁻¹	0,914	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Electricity, low voltage, at grid/CZ U“
	kg CO ₂ e kWh ⁻¹	0,708	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Electricity, low voltage, at grid/DE U“
	kg CO ₂ e kWh ⁻¹	0,627	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Electricity, low voltage, at grid/IT U“
	kg CO ₂ e kWh ⁻¹	0,735	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Electricity, low voltage, at grid/HU U“

Erzeugung von Energieträgern			
Energieträger	Einheit	Größe	Quelle und Bemerkungen
Erdgas	kg CO ₂ e MJ ⁻¹	0,0708	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Heat, natural gas, at boiler condensing modulating <100kW/RER U“
	kg CO ₂ e MJ ⁻¹	0,0663	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Natural gas, burned in boiler condensing modulating >100kW/RER U“
	kg CO ₂ e MJ ⁻¹	0,0709	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Heat, natural gas, at industrial furnace >100kW/RER U“
Fernwärme	kg CO ₂ e 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:
Ertrag	kg ha ⁻¹	7.000	[Annata Agraria, 2008]

Tabelle 3-7: Allgemeine Annahmen der biologischen Landwirtschaft

Biologische Landwirtschaft			
Parameter	Einheit	Größe	Aus:
Ertrag	kg ha ⁻¹	6.000	[Messetti, 2010]

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		Einheit	Größe	Spanne:	Quelle und Bemerkungen
Düngemittel					
Mineralische Düngemittel	N-Düngemittel	kg N ha ⁻¹	150	100-200	[Annata Agraria, 2008]
	P ₂ O ₅ -Düngemittel	kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	80	60-100	[Sodi & Caini, 2007] und [Barbanti, 2004]
	K ₂ O-Düngemittel	kg K ₂ O ha ⁻¹	50	0-100	[Sodi & Caini, 2007] und [Barbanti, 2004]
	Kompost	kg ha ⁻¹			
Organische Düngemittel	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		Einheit	Größe	Spanne:	Quelle und Bemerkungen
Düngemittel					
Mineralische Düngemittel	N-Düngemittel	kg N ha ⁻¹			
	P ₂ O ₅ -Düngemittel	kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹			
	K ₂ O-Düngemittel	kg K ₂ O ha ⁻¹			

Biologische Landwirtschaft – Düngemittel-Inputs				
Düngemittel		Einheit	Größe	Spanne:
Organische Düngemittel	Kompost	kg ha ⁻¹		
	Hornmehl	kg ha ⁻¹		
	Hühnermist	kg ha ⁻¹		
	Vinasse	kg ha ⁻¹		
	Mastviehmist	kg ha ⁻¹		
	Mastviehgütle	kg ha ⁻¹		
	Milchviehmist	kg ha ⁻¹	19-230	Berechnung nach [Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010] und [Messelitti, 2010]
	Milchviehgütle	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	0		
Herbizide	kg ha ⁻¹	0,2		[Annata Agraria, 2008]
Insektizide	kg ha ⁻¹	0,3		[Annata Agraria, 2008]
Fungizide	kg ha ⁻¹	0,7		[Annata Agraria, 2008]

Tabelle 3-11: Saatgut-Inputs der konventionellen Landwirtschaft

Konventionelle Landwirtschaft – Saat- und Pflanzgut-Input				
Saat- oder Pflanzgut	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
Saatgut	kg ha ⁻¹	180	160-200	[Annata Agraria, 2008]

Tabelle 3-12: Saatgut-Inputs der biologischen Landwirtschaft

Biologische Landwirtschaft – Saat- und Pflanzgut-Input				Aus:	Quelle und Bemerkungen
Saat- oder Pflanzgut	Einheit	Größe	Aus:		
Saatgut	kg ha ⁻¹	250			[Mesetti, 2010]

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 N₂O) von Bedeutung ist die Menge an anorganisch vorliegendem Stickstoff (NO₃ und NH₄), d.h. durch Mineralisierungsvorgänge entstandener oder durch Düngemittel aufgebrachter Stickstoff.

Direkte sowie indirekte Emissionen von Lachgas (N₂O) entstehen auf landwirtschaftlich genutzten Böden hauptsächlich durch die Anwendung anorganischer und organischer Düngemittel [Spiess & Richner, 2005].

3.3.3.1 Direkte N₂O-Feldemissionen

Bei den direkten Lachgas (N₂O)-Feldemissionen werden die Emissionen als Folge der anorganischen, also mineralischen Stickstoffdüngung (F_{SN}) und der organischen Stickstoffdüngung (F_{ON}) (Harn und Exkreme der Weidetiere) berücksichtigt.

Nicht berücksichtigt werden: mineralisierter Stickstoff als Folge des Verlustes von organisch gebundem Kohlenstoff aus organischer Substanz im Boden (F_{sow}) 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 symbiotische N-Bindung Leguminosen nicht berücksichtigt [Strogies & Gniffke, 2009].

In Formel 3-1 ist die Berechnungsmethode der N₂O-N Emissionen wiedergegeben, adaptiert von [De Klein et al., 2006].

Formel 3-1: Stickstoffanteil der Lachgasemissionen aus landwirtschaftlichen Inputs

$$N_{2O} - N_{N \text{ inputs}} = [(F_{SN} + F_{ON}) \times EF_1]$$

$N_{2O} - N_{N \text{ inputs}}$: 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 Stickstoffs 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 kg für mineralische Düngemittel und 0,153 kg für Hartstoff)

Organische Düngemittel umfassen tierische Exkreme (bzw. Gülle, Festmist), Abwasserrückstände, Kompost und sonstige organische Düngemittel wie zum Beispiel Vinasse oder Gründünger. Die durchschnittlichen organischen Stickstoff-Inputs (F_{ON}) wurden aus der Fragenbogenerhebung und Literaturangaben ermittelt und werden anhand der Formel 3-3 aus [De Klein et al., 2006] berechnet. Die entsprechenden Stickstoffgehalte der organischen Düngemittel werden der Düngemittelabelle 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 Exkreme der Tiere gewährleistet.

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

Formel 3-4: N₂O-N Emissionen als Folge der Zufuhr der Exkreme von Weidetieren

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

$N_2O - N_{PRP}$: Jährliche direkte Emissionen aus den Exkrementen von Weidetieren, kg N₂O-N yr⁻¹

F_{PRP} : Jährliche Menge der Zufuhr von Exkrementen durch Weidetiere, kg N yr⁻¹

EF_{PRP} : Emissionsfaktor für N₂O 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 (N₂O-N) auf Lachgas (N₂O) hochgerechnet.

Formel 3-5: Umrechnung von N₂O-N auf N₂O

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

Tabelle 3-13: Direkte N_2O Feldemissionen der konventionellen Landwirtschaft

Konventionelle Landwirtschaft					
Parameter	Beschreibung	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
N_{FERT}	Mineralische N-Düngemittel	$kg\ N\ ha^{-1}$	150	100-200	[Annata Agraria, 2008]
$Frac_{GASF}$	Anteil N-Verluste durch Verflüchtigung (NH_3 und NO_x)	$kg\ N\ (kg\ Düngemittel)^{-1}$	0,023	[Andel et al., 2009] 6.4.2.1, S.260; (0,023 für anorganische Düngemittel, 0,153 für Urea)	Kap.
F_{AM}	Gülle	$kg\ N\ ha^{-1}$	0		
F_{SEW}		$kg\ N\ ha^{-1}$	0		
F_{COMP}		$kg\ N\ ha^{-1}$	0		
F_{OOA}		$kg\ N\ ha^{-1}$	0		
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] 11.2.1.2, S.11.11.Tbl.11.1.	Kap.
F_{PRP}	N_2O -N Emissionsfaktor für Feldemissionen durch Zufuhr von Exkrementen von Weidetieren	$kg\ N_2O-N\ (kg\ N)^{-1}$	0	[De Klein et al., 2006] 11.2.1.2, S.11.11.Tbl.11.1	Kap.
EF_{PRP}			0,02		

Tabelle 3-14: 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	[Andel et al., 2009] 6.4.2.1, S.260; (0,023 für anorganische Düngemittel, 0,153 für Urea)	Kap.
F_{AM}		$kg\ N\ ha^{-1}$	100		[Messetti, 2010]

Biologische Landwirtschaft	
Parameter	Beschreibung
F_{SEW}	kg N ha ⁻¹
F_{COMP}	kg N ha ⁻¹
F_{OOA}	kg N ha ⁻¹
EF_1	$N_2O\text{-N Emissionsfaktor für Feldemissionen durch Anwendung anorganischer und organischer N-Düngung}$ kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹
F_{PRP}	$N_2O\text{-N Emissionsfaktor für Feldemissionen durch Zufuhr von Exkrementen von Weidetieren}$ kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹
EF_{PRP}	$N_2O\text{-N Emissionsfaktor für Exkrementen von Weidetieren}$ kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹

3.3.3.2 Indirekte N₂O-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 (NH₃) und Stickoxiden (NO_x) und deren anschließende Umwandlung in Lachgas.

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

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

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

$N_2O_{(ATD)}$; Jährliche Menge N₂O-N an Stickstoff der aus landwirtschaftlichen Böden ausgast, kg N₂O-N Jahr⁻¹
 F_{SN} ; Aufgebrachte Menge anorganischer Düngemittel, kg N ha⁻¹ (zur Abstimmung mit den direkten N₂O 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 Exkreme, 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 der Formel 3-8 und der Formel 3-5, adaptiert von [De Klein et al., 2006], hochgerechnet.

Formel 3-8: Jährliche Menge indirekter N₂O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Stickstoff-Inputs

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

Tabelle 3-15: Indirekte N₂O Feldemissionen der konventionellen Landwirtschaft

Konventionelle Landwirtschaft		Quelle und Bemerkungen			
Parameter	Beschreibung	Einheit	Größe	Aus:	
N _{FERT} (F _{SN})		kg N ha ⁻¹	150	100-200	[Annata Agraria, 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 Ham und Dung von Beweidung durch Verflüchtigung (NH ₃ und NO _x)	kg N ₂ O-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 ₂ O Emissionen von atmosphärische Deposition von N	kg N ₂ O-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 ₂ O Emissionen durch Oberflächenabfluss und Auswaschung	kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹	0,0075		[Anderl et al., 2009] Kap.11.2.2,S.11.19-24,Tbl.11.3

Tabelle 3-16: 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		[Anderl et al., 2009]
$Frac_{GASF}$	Anteil N-Verluste durch Verflüchtigung (NH_3 und NO_x)	$kg\ N\ (kg\ Düngemittel)^{-1}$	0,023		Kap. 6.4.2.1, S. 260; (0,023 für anorganische Düngemittel, 0,153 für Urea)
F_{AM}		$kg\ N\ ha^{-1}$	100		[Messetti, 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		
$Frac_{GASIM}$	Anteil N-Verluste von Hum 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]
EF_4	Emissionsfaktor für N_2O Emissionen von atmosphärische Deposition von N	$kg\ N_2O-N\ (kg\ verflüchtigte\ NH_3-N + NOx-N)^{-1}$	0,01		[Anderl et al., 2009]
$Frac_{LEACH-(H)}$	Anteil der N-Verluste durch Oberflächenabfluss und Auswaschung	$kg\ N\ (kg\ aufgebrachte\ N)^{-1}$	0,3		[Anderl et al., 2009]
EF_5	Emissionsfaktor für N_2O Emissionen durch Oberflächenabfluss und Auswaschung	$kg\ N_2O-N\ (kg\ N)^{-1}$	0,0075		[Anderl et al., 2009]

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 der Tabelle 3-17 wiedergegeben. Eine durchschnittliche Dichte des Treibstoffs Diesel wird angenommen (siehe Tabelle 3-17).

Tabelle 3-17: 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 durch 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 durch landwirtschaftlichen Maschinen	kg CH ₄ (kg Diesel) ⁻¹	0,000129		[Nemecek & Kägi, 2007] Kap.7.2.6, S.62, Tbl.7.1
N ₂ O Emissionsfaktor durch Verbrennung von Diesel durch landwirtschaftlichen Maschinen	kg N ₂ O (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 ₂ O Emissionsfaktor durch Verbrennung von LPG in landwirtschaftlichen Maschinen	kg N ₂ O (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 3-18: *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“ bzw. [Fia Piemonte, 2006]
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“ [Fia Piemonte, 2006]
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“ [Fia Piemonte, 2006] und [Annata Agraria, 2008]
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“
Strieglern mit Hackstriegel		kg ha ⁻¹	1,6		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, currying, by weeder/CH U“
Ausbringen mineralischer Düngemittel	3	kg ha⁻¹	5,29		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Fertilising, by broadcaster/CH U“ [Fia Piemonte, 2006]
Ausbringen Gülle mit Vakuumfass		kg (m ³) ⁻¹	0,217		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Slurry spreading, by vacuum tanker/CH U“
Ausbringen Festmist		kg kg ⁻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“

Konventionelle Landwirtschaft - Maschineneinsatz					
Arbeitsgang	Sätze	Einheit	Treibstoffverbrauch	Aus:	Quelle und Bemerkungen
Heuen, Kreiselheuer		kg ha ⁻¹	1,92	U ^a	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Haying, by rotary tedder/CH U“
Ernten mit Mähdrescher	1	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	3	kg ha⁻¹	1,76		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Application of plant protection products, by field sprayer/CH U“ Annahme nach [Fia Piemonte, 2006]
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		kg ha ⁻¹	3,51		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Mulching/CH U“
Abflammnen		kg ha ⁻¹	3,3		[Anderst, 2010] Prozess: „Abflammnen;in ha;TEMPLATE (v.01)“, Emissionsfaktoren von LPG werden angewendet für die Berechnung der Treibhausgasemissionen aus Propanverbrennung, siehe Tabelle 3-17.
		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 - Nichtzuordnbar	Nichtzuordnbar	kg ha ⁻¹			[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Diesel, low-sulphur, at regional storage/RER U“
Stromverbrauch - Nichtzuordnbar	Nichtzuordnbar	kWh ha ⁻¹			[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Electricity, low voltage, at grid/AT“

Konventionelle Landwirtschaft - Maschineneinsatz				
Arbeitsgang	Sätze	Einheit	Treibstoffverbrauch	Aus:
zuordnenbar				U“

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

Biologische Landwirtschaft - Maschineneinsatz				
Arbeitsgang	Sätze	Einheit	Treibstoffverbrauch	Aus:
Säen	1	kg ha⁻¹	3,82	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Sowing/CH U“ [Mesetti, 2010]
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“ [Mesetti, 2010]
Grubbern		kg ha ⁻¹	15,5	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, cultivating, chiseling/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		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“
Striegheln mit Hackstriegel		kg ha ⁻¹	1,6	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Tillage, currying, by weed-er/CH U“
Ausbringen mineralische Düngemittel		kg ha ⁻¹	5,29	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Fertilising, by broadcast-er/CH U“

Biologische Landwirtschaft - Maschineneinsatz				
Arbeitsgang	Sätze	Einheit	Treibstoffverbrauch	Aus:
Ausbringen Gülle mit Va-kuumfass		kg (m ³) ⁻¹	0,217	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Slurry spreading, by vacuum tanker/CH U“
Ausbringen Festmist	19.230	kg kg⁻¹	0,0000531	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Solid manure loading and spreading, by hydraulic loader and spreader/CH U“ Berechnung nach [Mesetti, 2010] und [Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 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	1	kg ha⁻¹	33,3	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Combine harvesting/CH U“ [Mesetti, 2010]
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		kg ha ⁻¹	1,76	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Application of plant protection products, by field sprayer/CH U“
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		kg ha ⁻¹	3,51	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Mulching/CH U“
Abflammnen		kg ha ⁻¹	3,3	[Anderst, 2010] Prozess: „Abflammen; in ha; TEMPLATE (v.01); Emissionsfaktoren von LPG werden angewendet für die Berech-

Biologische Landwirtschaft - Maschineneinsatz					
Arbeitsgang	Sätze	Einheit	Treibstoffverbrauch	Aus:	Quelle und Bemerkungen
					nung der Treibhausgasemissionen aus Propanverbrennung, siehe Tabelle 3-17.
		kg Propan ha ⁻¹	60		
Diesel	kg ha ⁻¹	3,78		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Irrigating/ha/CH U“	
Bewässerung	kWh ha ⁻¹	876		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Irrigating/ha/CH U“	
	m ³ ha ⁻¹	1.200		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Irrigating/ha/CH U“	
Dieselverbrauch - Nicht-zuordnenbar	kg ha ⁻¹			[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Diesel, low-sulphur, at regional storage/RER U“	
Stromverbrauch - Nicht-zuordnenbar	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 Teigwaren 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. Der Transport von Roh- und Zwischenprodukten (z.B. Weizen, Mehl) wird berücksichtigt. Die Transportdauer, wichtig für Transporte mit Kühlcontainern, 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 Transportmodell, abgeleitet. Obwohl länderspezifische Methoden vorhanden sind, bietet das TREMOVE-Modell eine einheitliche Methodik für 31 europäische Länder, was für das Ableiten der Parameter bevorzugt wird. In Tabelle 3-20 sind die durchschnittlichen Treibstoffverbräuche der schweren und leichten Nutzfahrzeuge der 5 Herkunftsänder 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 wurden dem TREMOVE-Modell entnommen und sind in Tabelle 3-20 wiedergegeben.

Tabelle 3-20: Durchschnittliche Treibhausgasemissionsfaktoren und Auslastung je Fahrzeugkategorie

Durchschnittliche Emissionsfaktoren und Auslastung				
Fahrzeug-kategorie	kg Treibstoff vkm^{-1}	kg $\text{CO}^2 \text{ vkm}^{-1}$	kg $\text{CH}_4 \text{ vkm}^{-1}$	kg $\text{N}^2\text{O} \text{ vkm}^{-1}$
SNF >32t	0,299	3,14	1,65E-04	1,01E-04
SNF 16-32t	0,232	3,14	2,14E-04	1,30E-04
SNF 7,5-16t	0,172	3,14	9,07E-05	1,75E-04
SNF 3,5-7,5t	0,099	3,14	1,66E-04	3,05E-04
LNF <3,5t	0,062	3,15	1,18E-04	1,36E-04

3.4.1.2 Transportzenarien

Tabelle 3-21: Transportszenario 1 für Teigwaren aus Italien mit Maximisierung des Einsatzes von schweren Nutzfahrzeugen (SNF)

Transportszenario 1: TEIGWAREN IT-AT - MAX. SNF						
Transportstrecke	Transportmittel	km	Transportgewicht (t)	tkm	Transportdauer (h)	Quelle & Bemerkungen
LW - VA (Mühle)	SNF 16-32t	50	0,0012	0,06	0,625	Annahme: durchschnittliche Distanz zwischen Landwirt und Mühle
VA (Mühle) - VA (Teigwaren)	SNF 16-32t	50	0,00094	0,047	0,625	Annahme: durchschnittliche Distanz zwischen Mühle und Teigwarenfabrik
VA (Teigwaren) - HA (Zwischenlager IT)	SNF 16-32t	50	0,001	0,05	0,625	Annahme: durchschnittliche Distanz zwischen Teigwarenfabrik und Zwischenlager IT
HA (Zwischenlager IT) - HA (Zwischenlager AT)	SNF >32t	700	0,001	0,7	8,75	Annahme: Verona - 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 3-22: Transportszenario 2 für Teigwaren aus Italien mit Minimalisierung des Einsatzes von schweren Nutzfahrzeugen (SNF)

Transportszenario 2: TEIGWAREN IT-AT - MIN. SNF						
Transportstrecke	Transportmittel	km	Transportgewicht (t)	tkm	Transportdauer (h)	Quelle & Bemerkungen
LW - VA (Mühle)	SNF 7,5-16t	50	0,0012	0,06	0,625	Annahme: durchschnittliche Distanz zwischen Landwirt und Mühle
VA (Mühle) - VA (Teigwaren)	SNF 7,5-16t	50	0,00094	0,047	0,625	Annahme: durchschnittliche Distanz zwischen Mühle und Teigwarenfabrik

Transportzenario 2: TEIGWAREN IT-AT - MIN. SNF

Transportstrecke	Transportmittel	km	Transportgewicht (t)	tkm	Transportdauer (h)	Quelle & Bemerkungen
VA (Teigwaren) - HA (Zwischenlager IT)	SNF 7,5-16t	50	0,001	0,05	0,625	Annahme: durchschnittliche Distanz zwischen Teigwarenfabrik und Zwischenlager IT
HA (Zwischenlager IT) - HA (Zwischenlager AT)	SNF 3,5-7,5t	700	0,001	0,7	8,75	Annahme: Verona - Distributionszentrum AT
HA (Zwischenlager AT) – Großküche (Wien)	SNF <3,5t	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)

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 3-23). In diesen Daten wird berücksichtigt: die Lagerung bei Raumtemperatur, die Kühlung und die Tieftiefhlagerung.

Der Energieverbrauch für die Lagerung bei Raumtemperatur besteht aus Strom- und Wärmeverbrauch und wird anhand Formel 3-9 berechnet, die aus [Nielsen et al., 2003] und [Carlsson-Kanyama & Faist, 2000] entnommen wird. Der Energieverbrauch der Kühlung und Tieftiefhlagerung 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 3-24, Tabelle 3-25 und Tabelle 3-26 dargestellt.

Formel 3-9: Energieverbrauch der Lebensmittel Lagerung bei Raumtemperatur

$$E = E_S \times M_P \times t$$

E: Energieverbrauch für Lebensmittel Lagerung bei Raumtemperatur, kWh kg⁻¹

E_S: Spezifischer Stromverbrauch für Lagerungstype S, kWh (m³)⁻¹ Tag⁻¹

M_P: Gewicht des gelagerten Produktes, kg

t: Lagerdauer, Tage

Formel 3-10: Energieverbrauch der Kühl- und Tiefkühl Lagerung

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

E: Energieverbrauch für Kühl- und Tiefkühl Lagerung, kWh kg⁻¹

u: Durchschnittliche Auslastung der Kühl- und Tiefkühl Lager, %

V_P: Volumen des gelagerten Lebensmittels, m³ kg⁻¹

Tabelle 3-23: Sachbilanzen für die Berechnung der Treibhausgasemissionen des Energieverbrauchs, [Ecoinvent Centre, 2007]

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

Tabelle 3-24: Inputdaten für die Lagerung von Teigwaren bei Raumtemperatur

Lebensmittel Lagerung bei Raumtemperatur			
Paramet- ter	Beschreibung	Einheit	Größe
E _{S(E)}	Spezifischer Stromverbrauch für die Lebensmittel Lagerung bei	kWh kg ⁻¹ Tag ⁻¹	0,00144

[Nielsen et al., 2003] [Carlsson-Kanyama & Faist, 2000]

Lebensmittellagerung bei Raumtemperatur					
Paramet <small>ter</small>	Beschreibung	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
	Raumtemperatur				
$E_{S(G)}$	Spezifischer Wärmeverbrauch für die Lebensmittellagerung bei Raumtemperatur	$\text{kWh kg}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$	0,002167		[Nielsen et al., 2003] [Carlsson-Kanyama & Faist, 2000]
t	Lagerdauer der Waren	Tag	180		[Transport-Informations-Service, 2011]

Tabelle 3-25: Inputdaten für die Lagerung von Mehl bei Raumtemperatur

Lebensmittellagerung bei Raumtemperatur					
Paramet <small>ter</small>	Beschreibung	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
$E_{S(E)}$	Spezifischer Stromverbrauch für die Lebensmittellagerung bei Raumtemperatur	$\text{kWh kg}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$	0,00144		[Nielsen et al., 2003] [Carlsson-Kanyama & Faist, 2000]
$E_{S(G)}$	Spezifischer Wärmeverbrauch für die Lebensmittellagerung bei Raumtemperatur	$\text{kWh kg}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$	0,002167		[Nielsen et al., 2003] [Carlsson-Kanyama & Faist, 2000]
t	Lagerdauer der Waren	Tag	30		[Rosenfellner, 2010]

Tabelle 3-26: Inputdaten für die Lagerung von Weizen bei Raumtemperatur

Lebensmittellagerung bei Raumtemperatur					
Paramet <small>ter</small>	Beschreibung	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
$E_{S(E)}$	Spezifischer Stromverbrauch für	$\text{kWh kg}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$	0,00144		[Nielsen et al., 2003] [Carlsson-

Lebensmittellagerung bei Raumtemperatur					
Paramet-	Beschreibung	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
	die Lebensmittellagerung bei Raumtemperatur				Kanyama & Faist, 2000]
$E_{S(G)}$	Spezifischer Wärmeverbrauch für die Lebensmittellagerung bei Raumtemperatur	$\text{kWh kg}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$	0,002167		[Nielsen et al., 2003] [Carlsson-Kanyama & Faist, 2000]
t	Lagerdauer der Waren	Tag	180		[Transport-informations-Service, 2011]

3.5 Prozess Verarbeitung

Die Verarbeitung von Lebensmitteln wird anhand Energieverbräuche modelliert. Der Energieverbrauch ist die wichtigste Quelle von CO₂e in der verarbeitenden Industrie. Es werden hauptsächlich Literaturdaten herangezogen, um einen repräsentativen Wert der Verarbeitung darzustellen bzw. erfassste Daten wiederspiegeln. Einzelbetriebe sind nicht repräsentativ für diesen Sektor.

Tabelle 3-27: Inputdaten für die Verarbeitung von Weizen in Mehl

Inputdaten der Mehlpproduktion					
Parameter	Beschreibung	Einheit	Größe	Aus:	Quelle und Bemerkungen
E_S	Stromverbrauch für die Weizenmehlproduktion	$\text{kWh (kg Mehl)}^{-1}$	0,071	0,062	[Heiss, 2004] Kap. III.21.1,S.211-219
E_S	Stromverbrauch für die Roggenmehlproduktion	$\text{kWh (kg Mehl)}^{-1}$	0,077	0,074	[Heiss, 2004] Kap. III.21.1,S.211-219
Rohstoff	Weizen-Input für die Produktion von 1	kg (kg Mehl)^{-1}	1,3	0,08	[Dübendorfer, 2007]
					[Heiss, 2004]

Inputdaten der Mehlproduktion			
Parameter	Beschreibung	Einheit	Größe
	kg Mehl		

Tabelle 3-28: Inputdaten der Teigwarenproduktion

Energieverbrauch der Teigwarenproduktion			
Parameter	Beschreibung	Einheit	Größe
E_s	Stromverbrauch für den Teigwarenproduktion	kWh (kg Teigwaren) ⁻¹	0,11 0,125
E_T	Thermische Energieverbrauch für den Teigwarenproduktion	MJ (kg Teigwaren) ⁻¹	0,73
Rohstoff	Mehl-Input für die Produktion von 1 kg Teigwaren	kg (kg Teigwaren) ⁻¹	0,7

[Fa. Recheis, 2011]

[Heiss, 2004]

[Heiss, 2004]

[Heiss, 2004]

4 Ergebnisse

Der Beitrag zur Veränderung des Klimas wird mithilfe von CO₂-Äquivalenten (kurz CO₂ 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 CO₂ eq pro kg des jeweiligen Lebensmittels festgelegt. Das bedeutet, dass sich die Ergebnisse der Berechnungen in kg CO₂ 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 den beiden Subprozessen 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.

4.1 CO₂ Emissionen von Weizen und Mehl (Italien - Verona)

Die Gesamtemissionen von konventionell produziertem Mehl in Italien betragen 0,9 kg CO₂ pro Kilogramm Mehl. Biologisch produziertes Mehl emittiert 24 % weniger CO₂, 0,7 kg CO₂. Der größte Anteil an den Gesamtemissionen liegt bei der konventionellen Produktionsweise im Prozess Landwirtschaft mit 56 %, während bei der biologischen Produktionsweise der Handel (53 %) den höchsten Anteil hat. Der Handel trägt bei der konventionellen Produktion mit 40 % zu den THG-Emissionen bei. Für die Berechnungen wurden für beide Produktionsweisen Transportszenario 1 herangezogen (siehe Kapitel 3.4.1.2). Unterschiede in den Produktionsweisen sind in der Landwirtschaft vorhanden. Während in der konventionellen Landwirtschaft 0,5 kg CO₂ emittiert werden, sind es in der biologischen Landwirtschaft 0,3 kg CO₂ pro kg Mehl, das sind 56 % bzw. 42 % der gesamten THG-Emissionen.

CO₂ Emissionen von 1 kg konventionell produziertem Mehl; Herkunft: Italien (Region Verona), Ziel: Österreich (Wien)

In der Abbildung 4-1 sind die Anteile der einzelnen Prozesse an den gesamten CO₂ Emissionen von konventionellem und biologischem Mehl dargestellt. Konventionelles Mehl aus Italien verursacht pro kg etwa 0,9 kg CO₂, wobei der Großteil den Prozessen Handel und Land-

Ergebnisse

RRRRMMMAAAA

wirtschaft zukommt. Der Prozess Landwirtschaft verursacht 0,5 kg CO₂ (d.s. 56 % der gesamten THG-Emissionen). Durch den Transport des Brotes nach Österreich werden 0,4 kg CO₂ freigesetzt. Mit einem Anteil von 3 % an den gesamten THG-Emissionen ist der Prozess Verarbeitung beteiligt und spielt eine geringe Rolle.

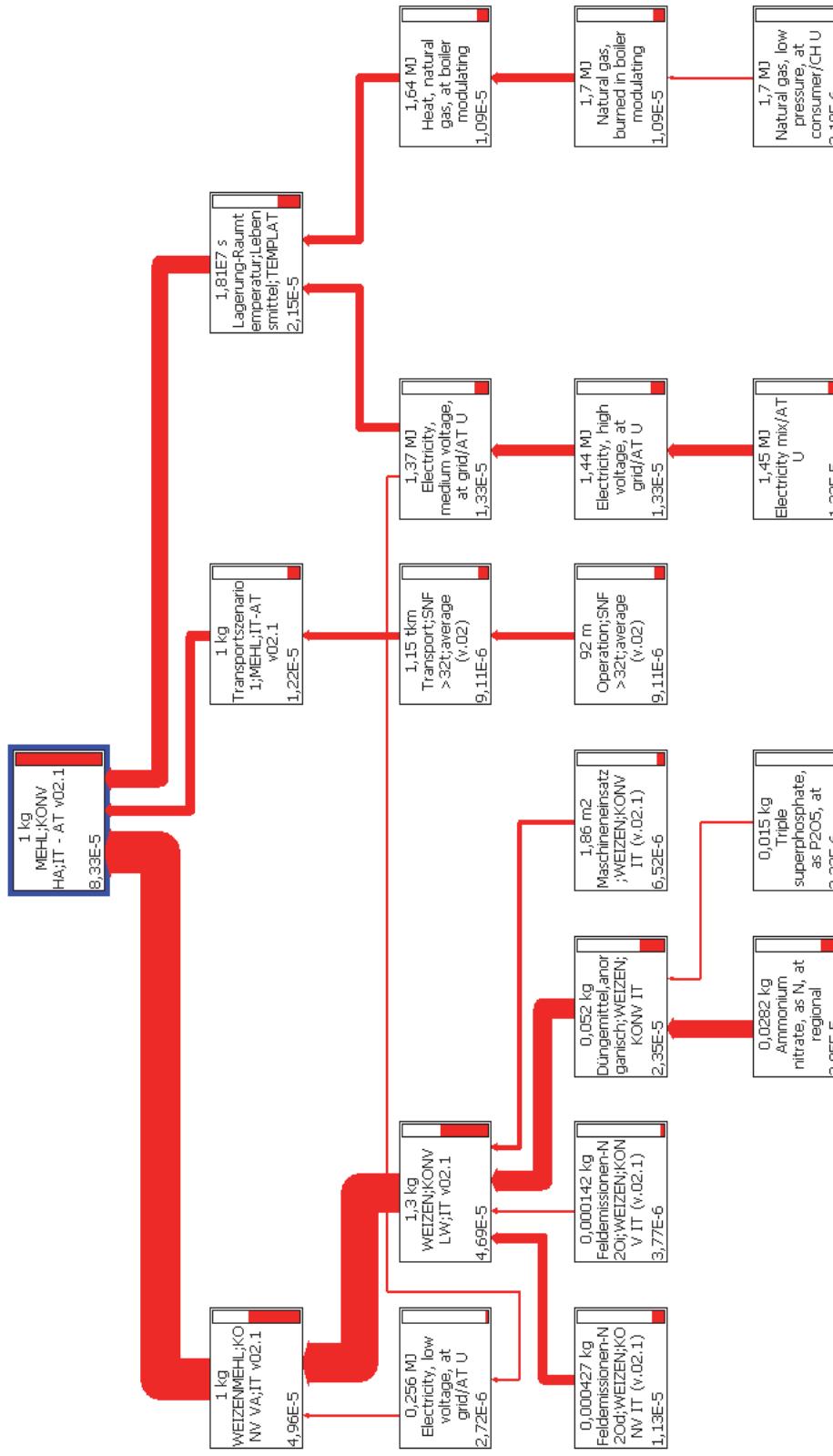


Abbildung 4-1: CO₂ Emissionen von 1 kg konventionell produziertem Mehl; Herkunft: Italien (Region Verona), Ziel: Österreich (Wien)

CO₂ Emissionen von 1 kg biologisch produziertem Mehl; Herkunft: Italien (Region Verona), Ziel: Österreich (Wien)

Die Abbildung 4-2 zeigt die Anteile der jeweiligen Prozesse an den gesamten CO₂ Emissionen für biologisch produziertes Mehl. Biologisch produziertes Mehl aus Italien verursacht pro kg 0,7 kg CO₂, wobei in diesem Fall der Großteil den Prozessen Landwirtschaft und Handel zukommt. Durch den Transport von Mehl nach Österreich werden, wie beim Handel von konventionell produziertem Mehl, 0,4 kg CO₂ emittiert. Das ist ein Anteil von 53 % an den gesamten CO₂ Emissionen. Der Prozess Landwirtschaft hat mit 0,3 kg CO₂ etwa 42 % zu den gesamten THG-Emissionen bei. Der Prozess Verarbeitung hat mit 4 % den geringsten Anteil an den Emissionen.

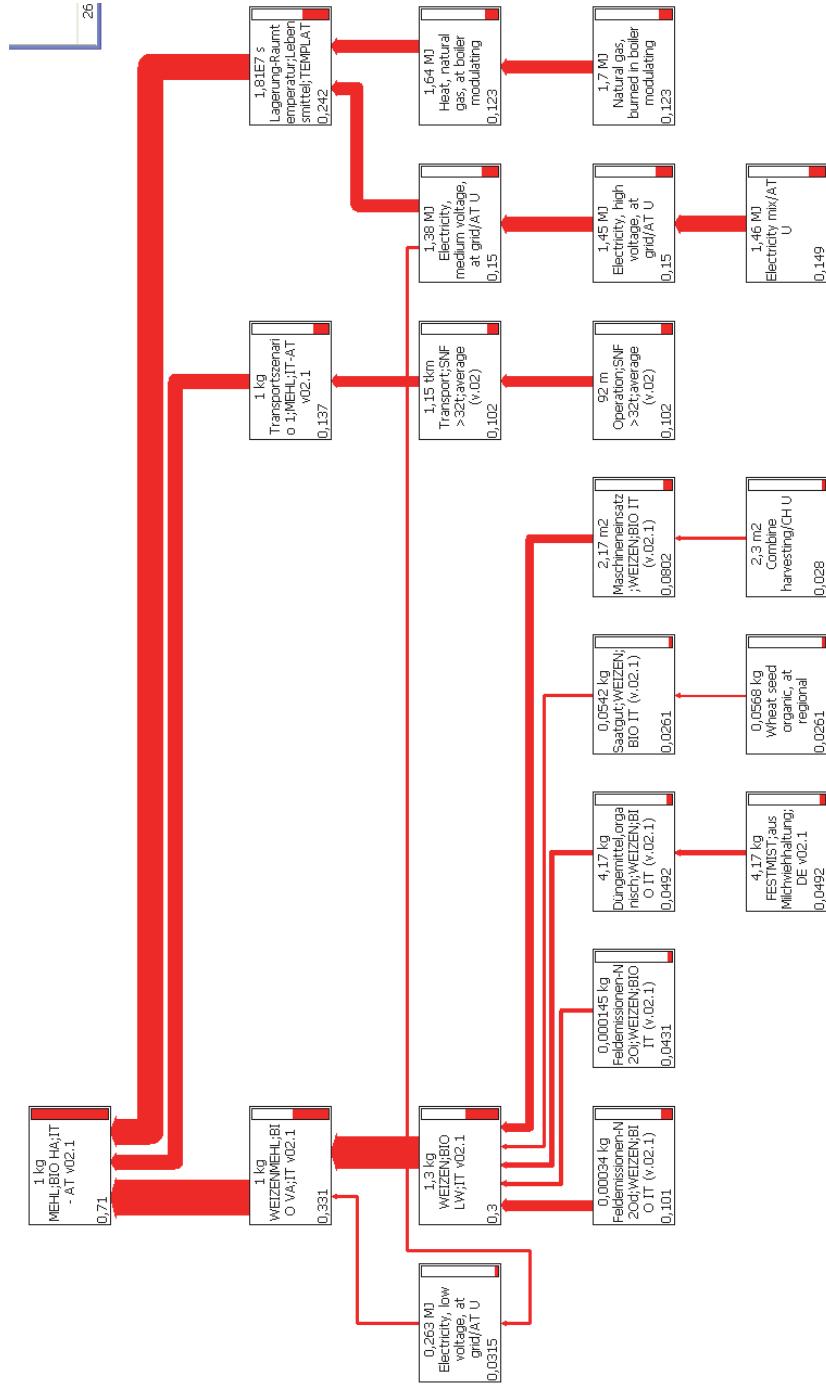


Abbildung 4-2: CO₂ Emissionen von 1 kg biologisch produziertem Mehl; Herkunft: Italien (Region Verona), Ziel: Österreich (Wien)

Vergleich der CO₂ Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Mehl; Herkunft: Italien (Region Verona), Ziel: Österreich (Wien)

Biologisch produziertes Mehl setzt 0,7 kg CO₂ frei, konventionell produziertes 0,9 kg CO₂, das sind um 24 % mehr CO₂ Emissionen.

Der Großteil der Emissionen geht auf den Prozess Handel zurück. Dieser hat in der biologischen Produktion einen Anteil von 53 %, in der konventionellen Produktion 40 % an den gesamten THG-Emissionen. Die Emissionen aus der Landwirtschaft betragen in der biologischen Produktion 0,3 kg CO₂ und in der konventionellen Produktion 0,5 kg CO₂, das ist ein Anteil von 42 % (biologisch) bzw. 56 % (konventionell) an den Gesamtemissionen.

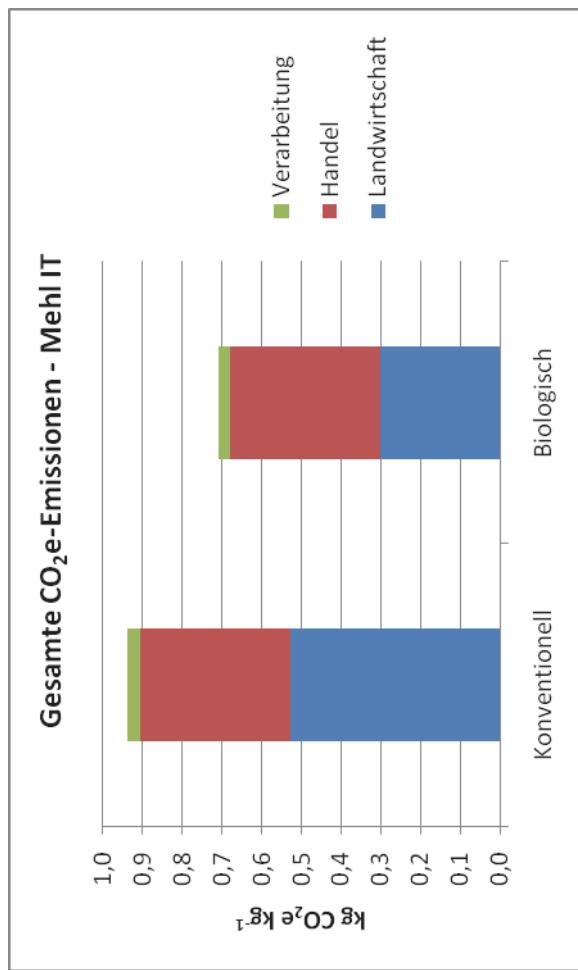


Abbildung 4-3: Vergleich der gesamten CO₂ Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Mehl; Herkunft: Italien (Region Verona), Ziel: Österreich (Wien)

Bezüglich der landwirtschaftlichen Produktion von Weizen setzt biologisch angebauter Weizen im Vergleich zu konventionell angebauten 43 % weniger THG-Emissionen frei. In der Landwirtschaft (dargestellt in Abbildung 4-4) ist beim konventionell angebauten Weizen der Prozess Düngemittel mit einem Anteil von 50 % (0,19 kg CO₂) für die THG-Emissionen aus der Landwirtschaft verantwortlich, wäh-

Ergebnisse

RÖMÖMÖAÖAÖA

rend in der biologischen Landwirtschaft die Düngemittel lediglich 16 % (0,03 kg CO₂) ausmachen. Durch die Bewirtschaftung der Felder fallen in der konventionellen Landwirtschaft 0,12 kg CO₂ (32 %) und in der biologischen Landwirtschaft 0,10 kg CO₂ (48 %) durch Feldemissionen an. Die Emissionen aus dem Maschineneinsatz sind bei beiden Produktionsweisen in etwa gleich hoch. Der Prozess Maschineneinsatz verursacht in der konventionellen Landwirtschaft 0,05 kg CO₂ eq und in der biologischen Landwirtschaft 0,06 kg CO₂. Der prozentuale Anteil ist in der biologischen Landwirtschaft mit 27 % um 13 % höher als in der konventionellen Landwirtschaft. Die Prozesse Pflanzenschutzmittel und Saatgut haben nahezu keinen Einfluss auf die gesamten THG-Emissionen.

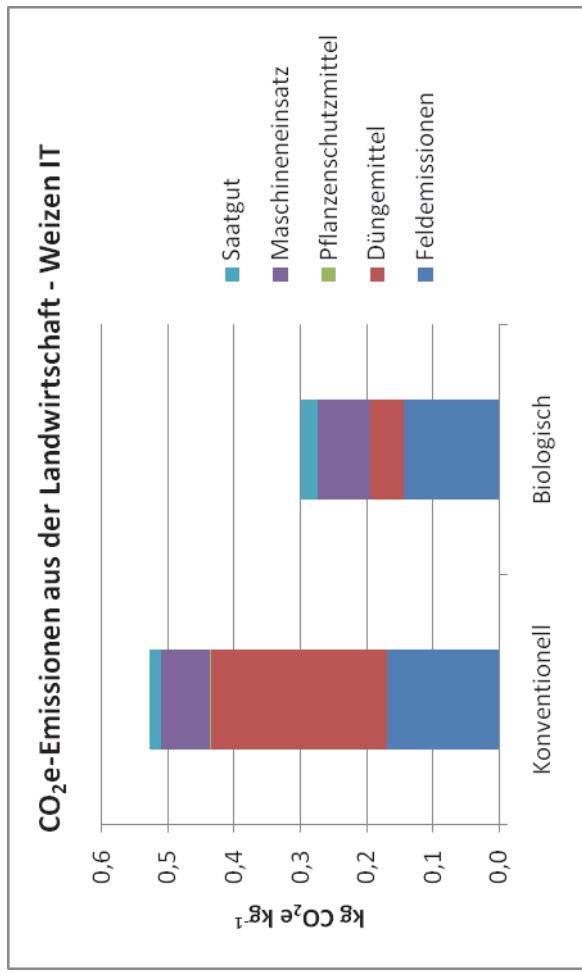


Abbildung 4-4: Vergleich der landwirtschaftlichen CO₂ Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Mehl:
Herkunft: Italien (Region Verona), Ziel: Österreich (Wien)

Die Lagerung von Mehl führt zu einer Erhöhung der CO₂ eq von 0,2 kg, das entspricht einer Erhöhung von 15 % (konventionell) bzw. 19 % (biologisch) der gesamten THG-Emissionen. Gelagertes, konventionell produziertes Mehl emittiert 0,9 kg CO₂ (ohne Lagerung 0,7 kg CO₂), gelagertes biologisch produziertes Mehl 0,7 kg CO₂ (ohne Lagerung 0,5 kg CO₂).

Es wird angenommen, dass Mehl im Schnitt 30 Tage bei Raumtemperatur gelagert wird (siehe Kapitel 3.4.2).

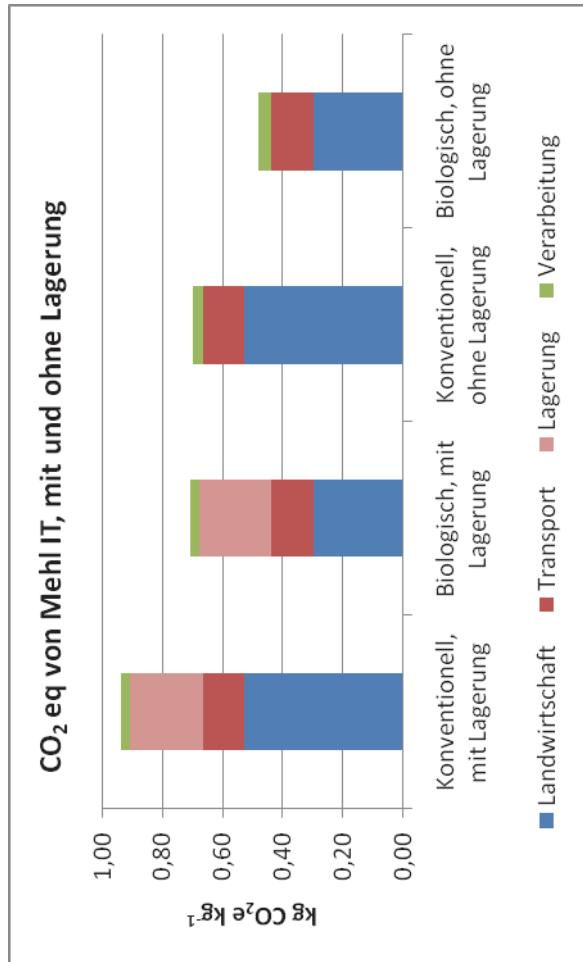


Abbildung 4-5: Vergleich der CO₂ Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Mehl mit und ohne Lagerung;
Herkunft: Italien (Region Verona), Ziel: Österreich (Wien)

4.2 CO₂ Emissionen von Teigwaren (Italien - Verona)

Die Gesamtemissionen von konventionell hergestellten Teigwaren in Italien betragen 1,24 kg CO₂ pro Kilogramm Teigwaren. Biologisch hergestellte Teigwaren emittieren 17 % weniger CO₂ Emissionen, das sind 1,03 kg CO₂. Der größte Anteil an den Gesamtemissionen liegt bei beiden Produktionsweisen im Prozess Handel mit 50 % (konventionell) bzw. mit 60 % (biologisch). Für die Berechnungen wurde für beide Produktionsweisen Transportzenario 1 herangezogen (siehe Kapitel 3.4.1.2). Die Landwirtschaft trägt bei der konventionellen Produktion 40 %, bei der biologischen Produktion 28 % zu den THG-Emissionen bei. Der Anteil an der Verarbeitung ist

mit 0,13 kg CO₂ vergleichsweise gering. Die Höhe der Emissionen durch die Verarbeitungsschritte ist bei beiden Produktionsweisen ident, während in der konventionellen Produktion dies einen Anteil von 10 % hat, sind es in der biologischen Produktion 13 %.

CO₂ Emissionen von 1 kg konventionell produzierter Teigwaren; Herkunft: Italien (Region Verona), Ziel: Österreich (Wien)

In Abbildung 4-6 sind die Anteile der einzelnen Prozesse an den gesamten CO₂ Emissionen von konventionell und biologisch produzierten Teigwaren dargestellt. Konventionell produzierte Teigwaren aus Italien verursachen pro kg etwa 1,24 kg CO₂, wobei der Großteil den Prozessen Landwirtschaft und Handel zukommt. Durch den Transport der Teigwaren nach Österreich (inklusive Lagerung bei Raumtemperatur) werden 0,61 kg CO₂ freigesetzt, das ist ein Anteil von 50 %. Mit einem Anteil von 40 % an den gesamten THG-Emissionen bzw. 0,5 kg CO₂ ist das Modul Landwirtschaft (Herstellung von Weizen) beteiligt. Durch die Verarbeitung entstehen 0,13 kg CO₂, das ist ein Anteil von 10 % an den gesamten THG-Emissionen.

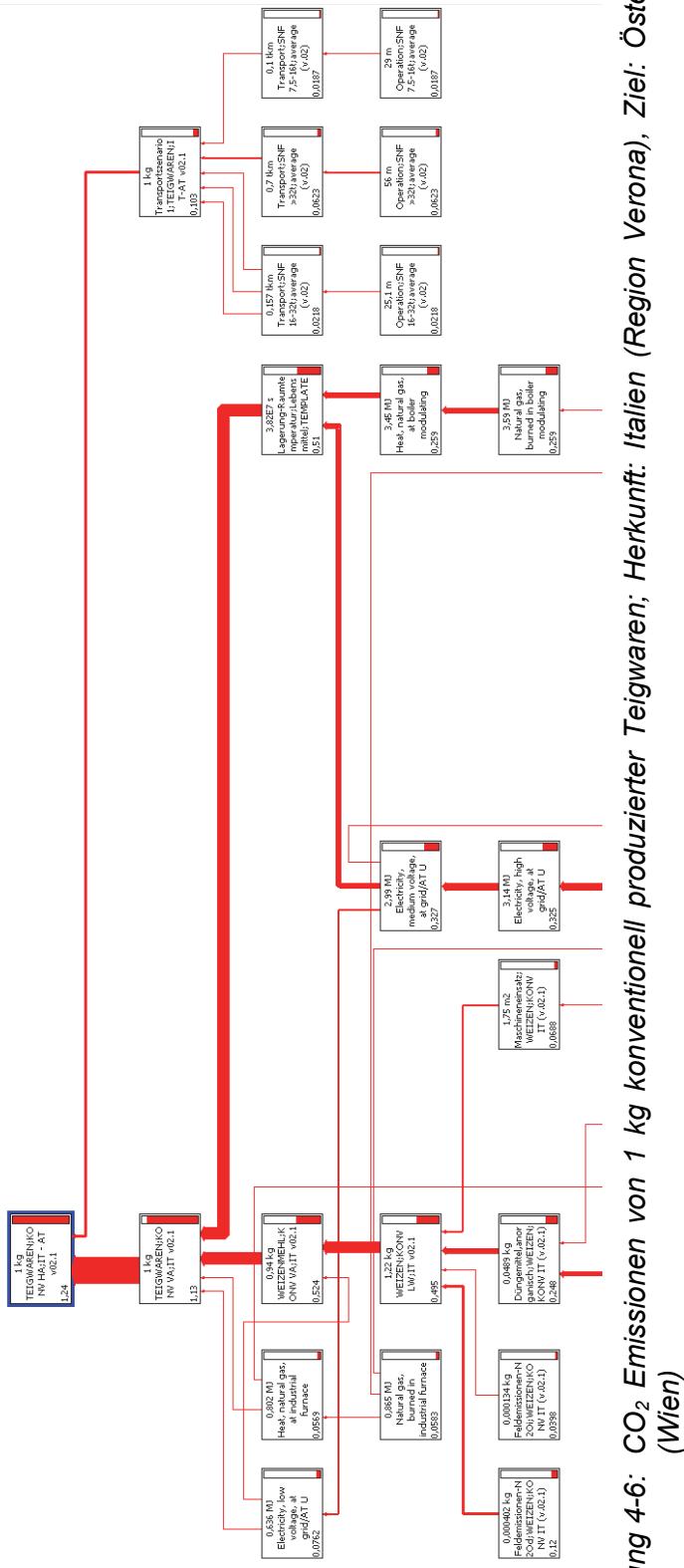


Abbildung 4-6: CO₂ Emissionen von 1 kg konventionell produzierter Teigwaren; Herkunft: Italien (Region Verona), Ziel: Österreich (Region Verona), (Wien)

CO₂ Emissionen von 1 kg biologisch produzierter Teigwaren; Herkunft: Italien (Region Verona), Ziel: Österreich (Wien)

Die Abbildung 4-7 zeigt die Anteile der jeweiligen Prozesse an den gesamten CO₂ Emissionen für biologisch produzierte Teigwaren. Biologisch produzierte Teigwaren aus Italien verursachen pro kg 1,03 kg CO₂, wobei in diesem Fall der Großteil den Prozessen Handel und Landwirtschaft zukommt. Durch die Herstellung von biologisch produzierten Teigwaren (Verarbeitung) werden, wie bei der Herstellung von konventionell produzierten Teigwaren, 0,13 kg CO₂ emittiert. Das ist ein Anteil von 13 % an den gesamten CO₂ Emissionen.

Der Transport inklusive der Lagerung bei Raumtemperatur (Handel) trägt mit 0,61 kg CO₂, das sind etwa 60 %, zu den gesamten THG-Emissionen bei. Der Prozess Landwirtschaft (Herstellung von Weizen) hat mit 28 % (0,29 kg CO₂) einen wichtigen Anteil an den Emissionen.

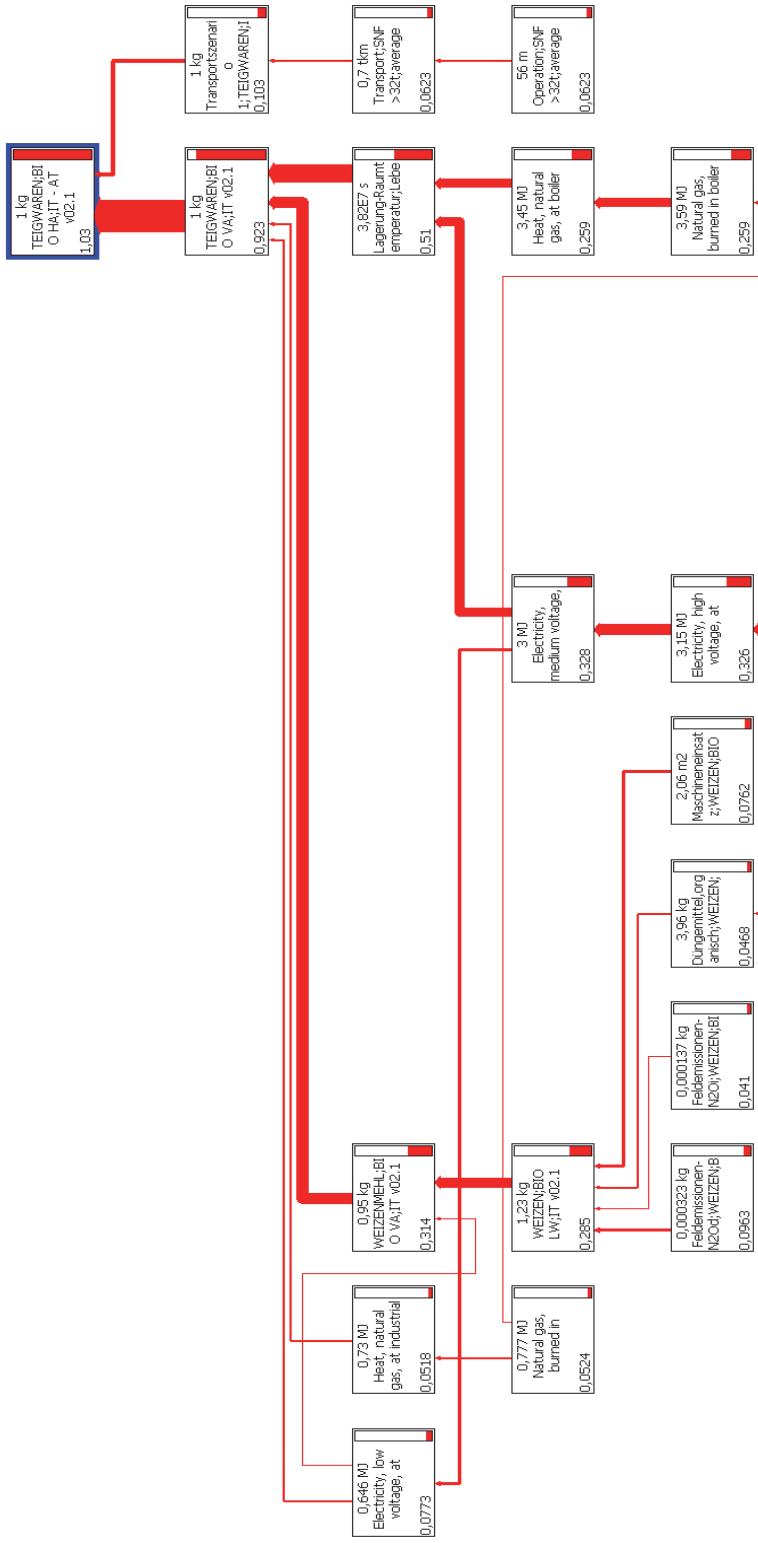


Abbildung 4-7: CO₂ Emissionen von 1 kg biologisch produzierter Teigwaren; Herkunft: Italien (Region Verona), Ziel: Österreich (Wien)

Vergleich der CO₂ Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Teigwaren; Herkunft: Italien (Region Verona), Ziel: Österreich (Wien)

Biologisch produzierte Teigwaren aus Italien setzen 1,03 kg CO₂ frei, konventionell produzierte Teigwaren 1,24 kg CO₂, das sind um 17 % mehr CO₂ Emissionen. Der Großteil der Emissionen geht auf den Prozess Handel zurück. Dieser hat in der biologischen Produktion einen Anteil von 60 %, in der konventionellen Produktion einen Anteil von 50 % an den gesamten THG-Emissionen. Die Emissionen aus der Landwirtschaft betragen in der biologischen Produktion 0,29 kg CO₂ und in der konventionellen Produktion 0,50 kg CO₂, das ist ein Anteil von 28 % (biologisch) bzw. 40 % (konventionell) an den Gesamtemissionen.

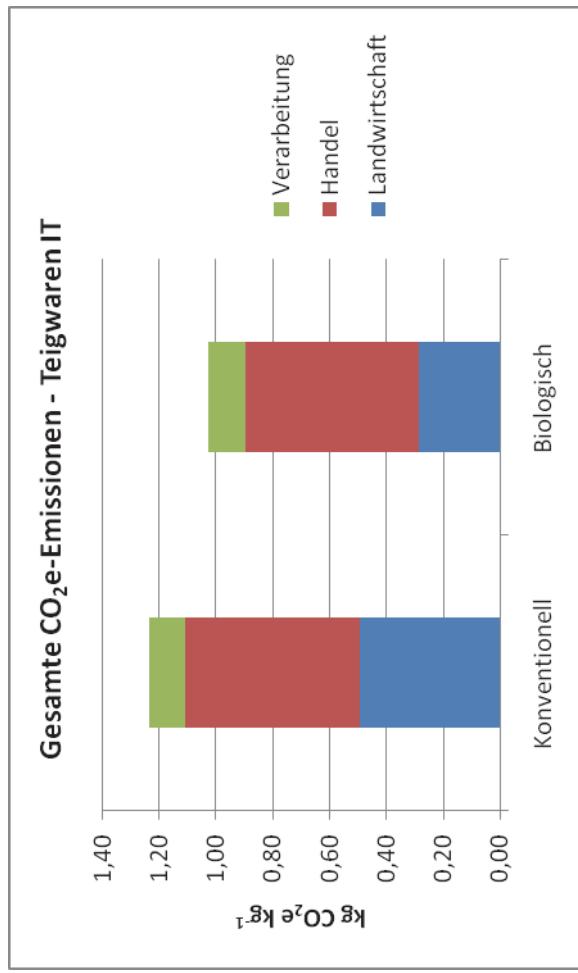
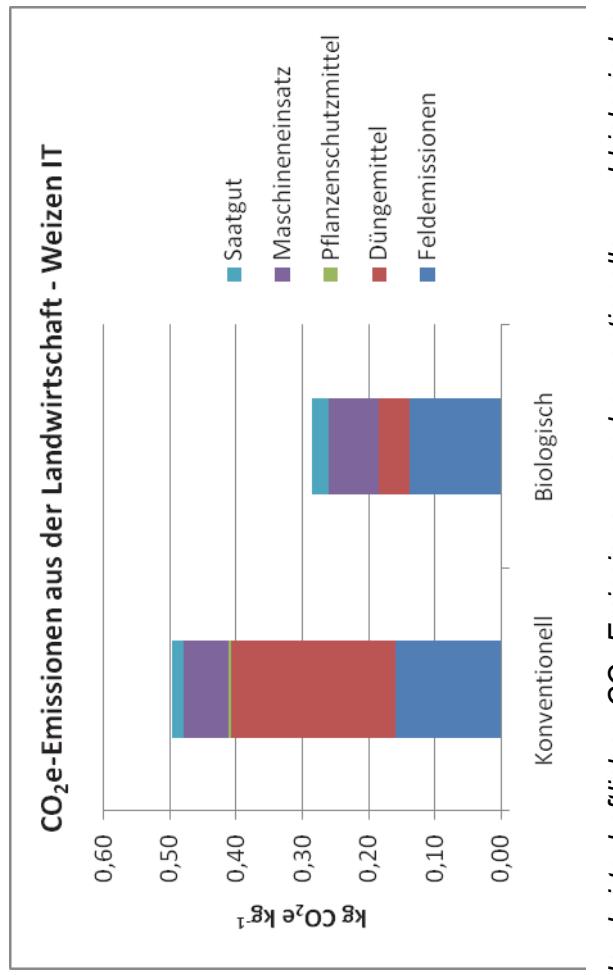


Abbildung 4-8: Vergleich der gesamten CO₂ Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Teigwaren;
Herkunft: Italien (Region Verona), Ziel: Österreich (Wien)

Bezüglich der landwirtschaftlichen Produktion von Weizen setzt biologisch angebauter Weizen im Vergleich zu konventionell angebauten 42 % weniger THG-Emissionen frei. Im Prozess Landwirtschaft ist beim konventionell angebauten Weizen der Prozess Düngemittel mit einem Anteil von 50 % (0,25 kg CO₂) für die THG-Emissionen aus der Landwirtschaft verantwortlich, während in der biologischen Produktion dieser Anteil bei 28 % liegt.

schen Produktion die Düngemittel lediglich 16 % ($0,05 \text{ kg CO}_2$) ausmachen. Durch die Bewirtschaftung der Felder fallen in der konventionellen Produktion $0,16 \text{ kg CO}_2$ (32 %) und in der biologischen Produktion $0,14 \text{ kg CO}_2$ (48 %) durch Feldemissionen an. Der Prozess Maschineneinsatz verursacht in der konventionellen Produktion $0,07 \text{ kg CO}_2$ und in der biologischen Produktion $0,08 \text{ kg CO}_2$. Der prozentuale Anteil ist in der biologischen Produktion mit 27 % um 13 % höher als in der konventionellen Produktion. Die Prozesse Pflanzenschutzmittel und Saatgut haben nahezu keinen Einfluss auf die gesamten THG-Emissionen.



*Abbildung 4-9: Vergleich der landwirtschaftlichen CO₂ Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Weizen;
Herkunft: Italien (Region Verona), Ziel: Österreich (Wien)*

Die Lagerung von Teigwaren führt zu einer Erhöhung der CO₂ eq von $0,5 \text{ kg}$, das entspricht einer Erhöhung von 8 % (konventionell) bzw. 30 % (biologisch) der gesamten THG-Emissionen. Gelagerte, konventionell produzierte Teigwaren emittieren $1,24 \text{ kg CO}_2$ (ohne Lagerung $0,73 \text{ kg CO}_2$), gelagerte biologisch produzierte Teigwaren $1,03 \text{ kg CO}_2$ (ohne Lagerung $0,51 \text{ kg CO}_2$).

Es wird angenommen, dass Teigwaren im Schnitt 180 Tage bei Raumtemperatur gelagert werden (siehe Kapitel 3.4.2).

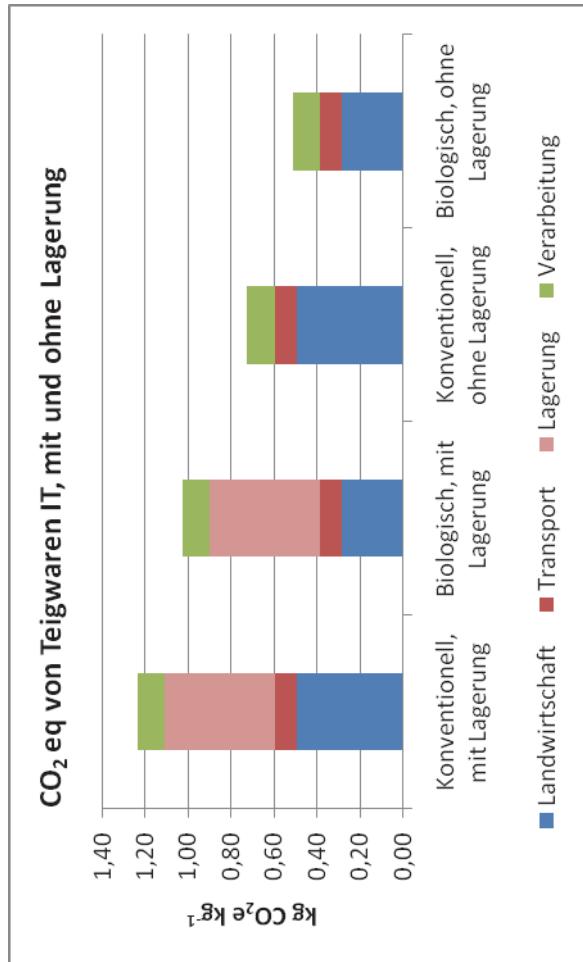


Abbildung 4-10: Vergleich der landwirtschaftlichen CO₂ Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Teigwaren mit und ohne Lagerung; Herkunft: Italien (Region Verona), Ziel: Österreich (Wien)

5 Schlussfolgerungen

In den Berechnungen wird der gesamte Lebenszyklus der Lebensmittel berücksichtigt, von der landwirtschaftlichen Produktion in Italien (Region Verona) 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 produziertem Mehl aus Italien betragen 0,9 kg CO₂ pro Kilogramm Mehl. Biologisch produziertes Mehl emittiert 24 % weniger Emissionen, das sind insgesamt 0,7 kg CO₂. Der größte Anteil an den Gesamtemissionen liegt bei der konventionellen Produktionsweise in der Landwirtschaft mit 56 %, während bei der biologischen Produktionsweise der Handel (v.a. Lagerung) mit 53 % den höchsten Anteil hat.

Die Gesamtemissionen von konventionell produzierten Teigwaren aus Italien betragen 1,24 kg CO₂ pro Kilogramm Teigwaren. Biologisch produzierte Teigwaren emittieren 17 % weniger Emissionen, das sind insgesamt 1,03 kg CO₂. Der größte Anteil an den Gesamtemissionen liegt bei beiden Produktionsweisen im Prozess Handel (v.a. Lagerung) mit 50 % (konventionell) bzw. mit 60 % (biologisch).

- **1°kg biologisch produziertes Mehl aus Italien (Region Verona) emittiert mit 0,7°kg CO₂ 24 % weniger CO₂ als 1°kg konventionell produziertes Mehl aus derselben Herkunftsregion (0,9°kg CO₂).**

Der Handel ist mit 53% in der biologischen Produktionsweise überwiegend für die Höhe der Emissionen verantwortlich, während in der konventionellen Produktionsweise die landwirtschaftlichen Emissionen mit 56% an den gesamten THG-Emissionen überwiegen.

- **1°kg biologisch produzierte Teigwaren aus Italien (Region Verona) emittiert mit 1,24°kg CO₂ 17 % weniger CO₂ als 1°kg konventionell produzierte Teigwaren aus derselben Herkunftsregion (1,03°kg CO₂).**

Der Unterschied in den Emissionen liegt in der Produktionsweise von Weizen. In den Prozessen Verarbeitung und Handel sind keine Unterschiede vorhanden, da angenommen wird, dass die Produktionsweise eines Lebensmittels keine Auswirkungen auf die Art der Verarbeitung oder den Handel bzw. Lagerung hat.

- **Der Handel (Transport und Lagerung) von Teigwaren hat mit 60% in der biologischen Produktion bzw. mit 50% in der konventionellen Produktion den höchsten Anteil an den Gesamtemissionen. Beim Handel von Italien (Region Verona) nach Österreich (Wien) werden 0,62°kg CO₂ freigesetzt.**

Jeweils 0,62 kg CO₂ werden sowohl für 1°kg konventionell produzierter als auch für 1°kg biologisch produzierter Teigwaren beim Transport von der Region Verona (Italien) nach Wien (Österreich) emittiert. Im Prozess Handel ist die Lagerung ausschlaggebend für die Höhe der gesamten CO₂ 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 CO₂-Emissionen von Großküchen. CO₂-Bilanzierung von Tomaten, Kopfsalaten, Karotten und Zwiebeln. Universität für Bodenkultur Wien. Institut für Meteorologie. Wien.

Annata Agraria (2008) Utilizzo die prodotti fitosanitari nella coltivazione del frumento tenero e duro.

Barbanti, L. (2004) I bilanci dei nutrienti nell'ambito di avvicendamenti colturali differenziati. Università di Bologna. Bologna.

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

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.

Dübendorfer, U. (2007) Energiehaushalt in der Mühle - Eine Herausforderung. Uzwil, Schweiz.

Ecoinvent Centre (2007) Ecoinvent data v2.0. Ecoinvent reports No. 1-25. Dübendorf (CH). Swiss Centre for Life Cycle Inventories.

Fa. Recheis (2011) Telefonat bezüglich der Mehlinputmenge für die Produktion von Teigwaren.

Fia Piemonte (2006) Produzione di frumento e avena. Produzione avena. www.cipespiemonte.it/cedo/allegati/marchetto/frumento.pdf. 1.4.2011.

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.

Heiss, R. (Hrsg.) (2004) Lebensmitteltechnologie: Biotechnologische, chemische, mechanische und thermische verfahren der Lebensmittelverarbeitung. Springer. Berlin Heidelberg.

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

Kelderer, M. (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.

Rosenfellner, M. (2010) Befragung mittels Fragebogen. St. Peter/Au.

SimaPro 7 (2009) Ökobilanzierungsprogramm SimaPro. Uster. ESU-Services Ltd.

Sodi, F.; Caini, M. (2007) Grano o frumento tenero - Triticum spp.
<http://www.agraria.org/coltivazionerbacee/granotenero.htm>. 23.3.2011.

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.

Transport-Informations-Service (2011) Alphabetische Waren-Übersicht. http://www.tis-gdv.de/tis/ware/inhalt_gesamt.htm. 31.3.2011.