Projekt SUKI
Sustainable Kitchen

Möglichkeiten von Großküchen zur Reduktion ihrer CO_2-Emissionen

(Maßnahmen, Rahmenbedingungen und Grenzen)

Endbericht

Schweinefleisch

Wien, März 2011

Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung
Ressourcen Management Agentur

EUROPEAN UNION
European Regional Development Fund

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

„wir sind“

Klimabündnis Betrieb

RRRMMMAA

Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

Ressourcen Management Agentur

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

(Projekt SUKI)

SCHWEINEFLEISCH

(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 Schweinefleisch aus Deutschland (Region Düsseldorf) und beinhaltet die vorgelagerten Prozesse sowie die Prozesse Landwirtschaft, Handel und Verarbeitung. Die vorgelagerten Prozesse setzen sich aus der Erzeugung von Futtermittel 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 Schweinefleisch betragen 6,1 kg CO_2 pro Kilogramm Schweinefleisch. Das biologisch produzierte Schweinefleisch emittiert 4,9 kg CO_2 pro Kilogramm Schweinefleisch. Der Prozess Landwirtschaft ist in beiden Produktionsweisen zu einem großen Anteil verantwortlich für die Höhe der Gesamtemissionen.

Bei konventionell produziertem Schweinefleisch beträgt der Anteil der Landwirtschaft an den Gesamtemissionen 97 %, der Anteil des Handels rund 2,6 % und der Anteil der Verarbeitung 0,4 %. Die Landwirtschaft emittiert somit insgesamt 5,9 kg CO_2, der Handel 0,16 kg CO_2 und die Verarbeitung 0,03 kg CO_2. Im Prozess Landwirtschaft sind die Prozesse Futtermittel (79 %) und Düngermanagement (15 %) ausschlaggebend für die Höhe der gesamten CO_2 Emissionen.

Der Anteil der Landwirtschaft von biologisch produziertem Schweinefleisch an den Gesamtemissionen beträgt 96 %, der Anteil der Verarbeitung 0,4 % und der Anteil des Handels rund 2,6 %. Der Prozess Landwirtschaft emittiert 4,7 kg CO_2, die Verarbeitung 0,02 kg CO_2 und der Prozess Handel 0,16 kg CO_2. Auch in der biologischen Produktion von Schweinefleisch sind innerhalb des Prozesses Landwirtschaft die Prozesse Futtermittel (59 %) und Düngermanagement (35 %) ausschlaggebend für die Höhe der gesamten CO_2 Emissionen.

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

- Die landwirtschaftliche biologische Produktion von 1°kg Schweinefleisch in Deutschland (Region Düsseldorf) emittiert mit 4,7°kg CO_2 20 % weniger THG-Emissionen als 1°kg konventionell produziertes Schweinefleisch aus derselben Herkunftsregion (5,9°kg CO_2).

- 1°kg biologisch produziertes Schweinefleisch aus Deutschland (Region Düsseldorf) emittiert mit 4,89°kg CO_2 20 % weniger CO_2 als 1°kg konventionell produziertes Schweinefleisch aus derselben Herkunftsregion (6,10°kg CO_2).

- Der Transport des Schweinefleischs von Deutschland (Region Düsseldorf) nach Österreich (Wien) ist mit 2,5 % (konventionell) bzw. 3,2 % (biologisch) der gesamten freigesetzten Emissionen sehr gering.

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS V
1 EINLEITUNG 3
2 ZIELSETZUNG, FRAGESTELLUNG 5
3 METHODISCHES VORGEHEN 7
3.1 Untersuchungsrahmen – Systemabgrenzung 7
3.2 Vorgelagerte Prozesse: 8
3.2.1 Futtermittel Erzeugung 8
3.2.2 Energie Erzeugung 10
3.3 Prozess Landwirtschaft 12
3.3.1 Allgemeine Annahmen 12
3.3.2 Wirtschaftsdüngermanagement 17
3.3.2.1 Methanemissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement 18
3.3.2.2 Direkte Lachgasemissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement 20
3.3.2.3 Indirekte Lachgasemissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement 22
3.3.3 Maschineneinsatz 25
3.4 Prozess Handel 29
3.4.1 Transport 29
3.4.1.1 Straßentransport 30
3.4.1.2 Bahntransport 32
3.4.1.3 Wassertransport 33
3.4.1.4 Lufttransport 35
3.4.2 Lagerung 35
3.5 Prozess Verarbeitung 38
3.5.1 Allgemeine Annahmen 38
4 ERGEBNISSE 39
5 SCHLUSSFOLGERUNGEN 45
6 LITERATUR 47

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 Schweinefleisch, das vom Haupterzeugungsgebiet in Deutschland, Region Nordrhein-Westfalen (Düsseldorf) nach Wien geliefert wird. Das Produktsystem beinhaltet alle wesentlichen Aufwendungen für die Fleischproduktion. Es wird keine Unterscheidung in spezielle Teilstücke vorgenommen.

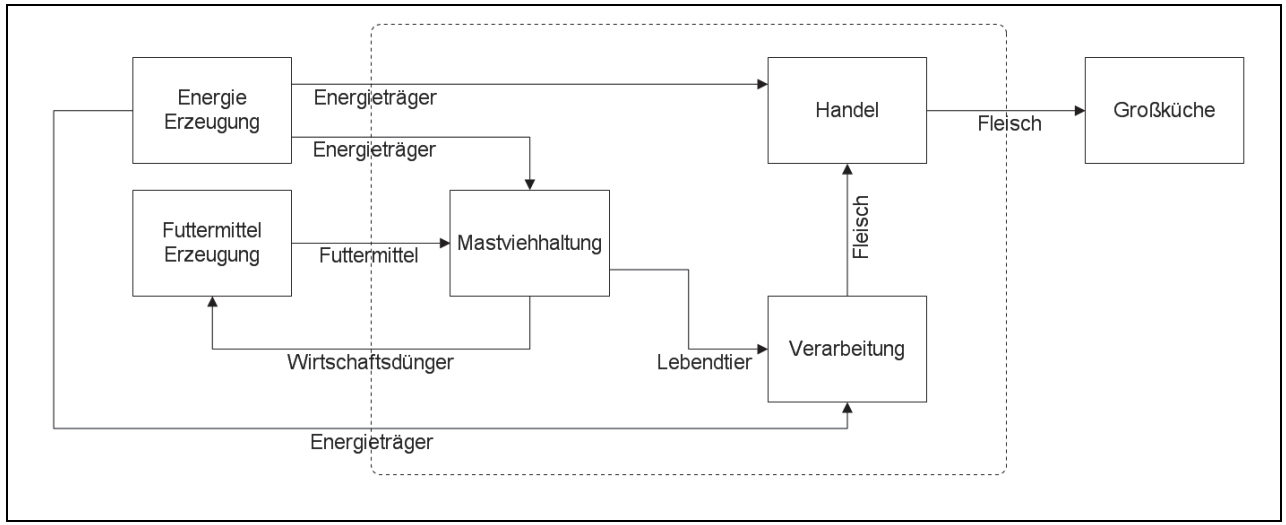

Abbildung 3-1: Systemdefinition Produktion, Transport und Verarbeitung von Schweinefleisch; Herkunft: Deutschland (Region Düsseldorf), Ziel: Österreich (Wien)

Allokation

Die Prozess Mastschweinehaltung ist ein Multi-Outputprozess. Neben dem betrachteten Produkt Schweinefleisch entsteht Wirtschaftsdünger (Koppelprodukt). Die ermittelten Stoff- und Energieströme und die damit verbundenen Umweltwirkungen werden dem Hauptprodukt Schweinefleisch und dem Nebenprodukt Wirtschaftsdünger zugeordnet.

Der Bilanzraum zur Schweinefleischerzeugung umfasst die Prozesse Mastviehhaltung (Ferkelerzeugung und Mastschweinehaltung), Handel und Verarbeitung. Berücksichtigt werden die vorgelagerten Prozesse Futtermittelerzeugung und Energieerzeugung. Bei der Ferkelerzeugung sind die Aufwände (Futter, Energie) in der Aufzuchtzeit des Ferkels mitberücksichtigt. Als Futteraufwand für das Ferkel bzw. die säugende Sau wird vereinfachend die gleiche Bedarfshöhe wie für das Mastschwein, also die gleiche Futterration und folglich der gleiche Gülle-/Mistanfall angenommen.

Nicht berücksichtigt werden Mineralfutter, Futterzusätze, Arzneimittel, da angenommen wird dass ihre Klimawirkung aufgrund der geringen Menge gering ist. Ebenso nicht berücksichtigt wird der Verbrauch von Wasser.

3.2 Vorgelagerte Prozesse

3.2.1 Futtermittel Erzeugung

Als Grundlage für die Berechnung der Emissionen aus der Futtermittelerzeugung dienen die Daten der Ecoinvent Datenbank [Ecoinvent Centre, 2007]. Die für die Zusammensetzung der Futterrationen verwendeten Futtermittel werden der Futtermitteldatenbank der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich [Wenk et al., 2007] entnommen. Diese werden grob in drei Bereiche unterteilt: 1) Eiweißfutter, 2) Energiefutter, und 3) Rauhfutter. Die Unterteilung ist von Bedeutung für die Unterscheidung konventionelle oder biologische Futterration.

Tabelle 3-1 Prozesse zur Futtermittelerzeugung, [Ecoinvent Centre, 2007]

Futtermittel Erzeugung in der konventionellen und biologischen Landwirtschaft				
Futtermittel		**Einheit**	**Wert**	**Quelle und Bemerkungen**
Eiweißfutter	Ackerbohne	kg CO_2e kg^{-1}	0,994	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Fava beans IP, at feed mill/CH U“
	Erbse	kg CO_2e kg^{-1}	0,869	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Protein peas IP, at feed mill/CH U“
	Kartoffeleiweiß	kg CO_2e kg^{-1}	0,6	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Potato starch, at plant/DE U“
	Maiskleber	kg CO_2e kg^{-1}	1,11	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Maize starch, at plant/DE U“
	Rapssamen	kg CO_2e kg^{-1}	1,24	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Rape seed conventional, at farm/DE U“
	Rapssamen	kg CO_2e kg^{-1}	0,702	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Rape seed conventional, Saxony-Anhalt, at farm/DE U“
	Rapssamen	kg CO_2e kg^{-1}	0,854	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Rape seed extensive, at farm/CH U“

Futtermittel Erzeugung in der konventionellen und biologischen Landwirtschaft				
Futtermittel		**Einheit**	**Wert**	**Quelle und Bemerkungen**
	Rapssamen	kg CO_2e kg^{-1}	1,6	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Rape seed IP, at farm/CH U“
	Rapssamen	kg CO_2e kg^{-1}	0,608	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Rape seed, organic, at farm/CH U“
	Sojabohnen	kg CO_2e kg^{-1}	1,26	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Soy beans IP, at farm/CH U“
	Sojabohnen	kg CO_2e kg^{-1}	1,11	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Soy beans organic, at farm/CH U“
	Sojabohnen	kg CO_2e kg^{-1}	1,5	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Soybeans, at farm/BR U“
	Sojabohnen	kg CO_2e kg^{-1}	0,364	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Soybeans, at farm/US U“
Energiefutter	Weizen	kg CO_2e kg^{-1}	0,579	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Wheat IP, at feed mill/CH U“
	Weizen	kg CO_2e kg^{-1}	0,502	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Wheat organic, at feed mill/CH U“
	Gerste	kg CO_2e kg^{-1}	0,444	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Barley IP, at feed mill/CH U“
	Gerste	kg CO_2e kg^{-1}	0,457	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Barley organic, at feed mill/CH U“
	Kartoffel	kg CO_2e kg^{-1}	0,0925	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Potatoes IP, at farm/CH U“
	Kartoffel	kg CO_2e kg^{-1}	0,104	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Potatoes organic, at farm/CH U“
	Körnermais	kg CO_2e kg^{-1}	0,555	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Grain maize IP, at feed mill/CH U“
	Körnermais	kg CO_2e kg^{-1}	0,435	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Grain maize organic, at feed mill/CH U“
	Melasse	kg CO_2e kg^{-1}	0,0983	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Molasses, from sugar beet, at sugar refinery/CH U“
	Roggen	kg CO_2e kg^{-1}	0,347	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Rye IP, at feed mill/CH U“
	Roggen	kg CO_2e kg^{-1}	0,435	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Rye organic, at feed mill/CH U“
	Futterrüben	kg CO_2e kg^{-1}	0,0311	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Fodder beets IP, at farm/CH U“
Rauhfutter	Grünfutter-Gras/Kräuter	kg CO_2e kg^{-1}	0,181	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Grass from meadow intensive IP, at field/CH U“
	Grünfutter-Gras/Kräuter	kg CO_2e kg^{-1}	0,142	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Grass from meadow intensive, organic, at field/CH U“
	Grünfutter-Gras/Kräuter	kg CO_2e kg^{-1}	0,0765	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Grass from natural meadow extensive IP, at field/CH U“
	Grünfutter-Gras/Kräuter	kg CO_2e kg^{-1}	0,0762	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Grass from natural meadow extensive organic, at field/CH U“

Futtermittel Erzeugung in der konventionellen und biologischen Landwirtschaft				
Futtermittel		**Einheit**	**Wert**	**Quelle und Bemerkungen**
	Grünfutter-Gras/Kräuter	kg CO_2e kg^{-1}	0,16	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Grass from natural meadow intensive IP, at field/CH U“
	Grünfutter-Gras/Kräuter	kg CO_2e kg^{-1}	0,12	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Grass from natural meadow intensive organic, at field/CH U“
	Grassilage	kg CO_2e kg^{-1}	0,201	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Grass silage IP, at farm/CH U“
	Grassilage	kg CO_2e kg^{-1}	0,149	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Grass silage organic, at farm/CH U“
	Heu	kg CO_2e kg^{-1}	0,0665	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Hay extensive, at farm/CH U“
	Heu	kg CO_2e kg^{-1}	0,185	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Hay intensive IP, at farm/CH U“
	Heu	kg CO_2e kg^{-1}	0,151	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Hay intensive organic, at farm/CH U“
	Maissilage	kg CO_2e kg^{-1}	0,0467	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Silage maize IP, at farm/CH U“
	Maissilage	kg CO_2e kg^{-1}	0,0311	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Silage maize organic, at farm/CH U“
	Stroh	kg CO_2e kg^{-1}	0,0842	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Straw IP, at farm/CH U“
	Stroh	kg CO_2e kg^{-1}	0,0554	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Straw organic, at farm/CH U“

3.2.2 Energie Erzeugung

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 ecoinvent Datenbank [Ecoinvent Centre, 2007] entnommen. In den Daten zur Erzeugung von Elektrizität sind berücksichtigt: Inlandserzeugung, Importe, Übertragungs- und Transformationsverluste sowie Schwefel- Hexafluorid Emissionen (SF_6) [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 Gewächshäuser) was im Einzelfall gesondert betrachtet werden muss. Daten zum Erdgas als Treibstoff und als Rohstoff für die Düngemittelherstellung werden nicht angepasst, sondern so verwendet wie sie in der Datenbank vorhanden sind.

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 Emissionsfaktoren der Fernwärme Aus der Müllverbrennung wurde 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 3-2: In der Lebensmittelproduktionskette eingesetzte Energieträger

Erzeugung Energieträger			
Energieträger	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
Diesel	kg CO_2e kg^{-1}	0,441	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Diesel, low-sulphur, at regional storage/RER U“
Elektrizität	kg CO_2e kWh^{-1}	0,431	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Electricity, low voltage, at grid/AT U“
	kg CO_2e kWh^{-1}	0,914	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Electricity, low voltage, at grid/CZ U“
	kg CO_2e kWh^{-1}	0,708	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Electricity, low voltage, at grid/DE U“
	kg CO_2e kWh^{-1}	0,627	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Electricity, low voltage, at grid/IT U“
	kg CO_2e kWh^{-1}	0,735	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Electricity, low voltage, at grid/HU U“
Erdgas	kg CO_2e MJ^{-1}	0,0708	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Heat, natural gas, at boiler condensing modulating <100kW/RER U“
	kg CO_2e MJ^{-1}	0,0663	[Ecoinvent Centre, 2007]: Prozess „Natural gas, burned in boiler condensing modulating >100kW/RER U“
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

Im konventionellen Bereich orientieren sich die Annahmen an Vorgaben durch EU oder nationale Verordnungen. Die Annahmen im ökologischen Bereich orientieren sich an den Bioland-Richtlinien. In der Schweinefleischerzeugung in Deutschland stellt das geschlossene System ein weit verbreitetes Verfahren dar. Das geschlossene System bedeutet dass Sauenhaltung/Ferkelerzeugung und Mastschweinehaltung in einem Betrieb stattfinden. Eine Zuchtsau wirft etwa 24 Ferkel im Jahr. Diese werden im angeschlossenen Mastbetrieb je nach Haltungsform 115 bis 150 Tage bis zu einem Gewicht von 105 bis 120 kg gemästet. Für den konventionellen Bereich wird die Stallhaltung auf Voll- oder Teilspaltenboden im Flüssigmistverfahren angenommen. Für den ökologischen Bereich die Stallhaltung im Tiefstreuverfahren mit Festmist.

Tabelle 3-3: Allgemeine Annahmen der konventionellen Landwirtschaft

Konventionelle Landwirtschaft				
Parameter	**Einheit**	**Wert**	**Spannbreite**	**Quelle und Bemerkungen**
Produktionsleistung Zuchtsau	Ferkel/Jahr	24	22 - 26	[Weiß et al., 2005]
Aufzuchtzeit Ferkel	d	67	65 - 69	8kg bis 30 kg; [Weiß et al., 2005]
Mastdauer	d	115	110 - 120	30 kg bis 105 kg; [Weiß et al., 2005]
Haltungsdauer gesamt	d	182		
Lebendgewicht	kg	105	100 - 110	[Weiß et al., 2005]
Ausschlachtung	%	79	78 - 81	[Weiß et al., 2005]
Schlachtgewicht	kg	82		
Anfall Gülle in kg $Tier^{-1}$ $Jahr^{-1}$	kg	819		[Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010]

Tabelle 3-4: Allgemeine Annahmen der biologischen Landwirtschaft

Biologische Landwirtschaft				
Parameter	**Einheit**	**Wert**	**Spannbreite**	**Quelle und Bemerkungen**
Produktionsleistung Zuchtsau	Ferkel/Jahr	24	22 - 26	[Weiß et al., 2005]
Aufzuchtzeit Ferkel	d	67	65 - 69	8 kg bis 30 kg; [Naturland - Verband für ökologischen Landbau, 2007]

Biologische Landwirtschaft				
Parameter	**Einheit**	**Wert**	**Spannbreite**	**Quelle und Bemerkungen**
Mastdauer	d	150	130- 180	30 kg bis kg; [Naturland - Verband für ökologischen Landbau, 2007]
Haltungsdauer gesamt	d	217		
Lebendgewicht	kg	120	115 - 125	[Naturland - Verband für ökologischen Landbau, 2007]
Ausschlachtung	%	79	78 - 81	
Schlachtgewicht	kg	94		
Anfall Gülle in kg $Tier^{-1}$ $Jahr^{-1}$	kg	759,5		[Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010]

Tabelle 3-5 Energieverbrauch Landwirtschaft

Produktionsverfahren	Einheit	Stromverbrauch pro Jahr	Heizenergieverbrauch pro Jahr	Quelle
Sauenhaltung (inkl. Ferkelerzeugung)	kWh/Sau	270	950	[Averberg et al., 2009]
Mastschweinehaltung	kWh/Platz	35	50	[Averberg et al., 2009], 2,3 Schweine pro Platz und Jahr

Tabelle 3-6: Energiegehalte und Verdaulichkeit der organischen Substanz der verwendeten Futtermittel

Type	Bezeichnung	Abk.	Energiegehalt des Futters (MJ (kg Frischmasse)$^{-1}$)	Verdaulichkeit der organische Substanz (%)	Ecoinventprozess
Eiweiß	Ackerbohne	Ab	17	83	Fava beans IP, at feed mill/CH U
	Erbse	Eb	16	89	Protein peas IP, at feed mill/CH U
	Kartoffel	Kap	21	89	Potato starch, at plant/DE U
	L-Lysin-HCL	Ly			k.A.
	Maiskleber	Mk	17	83	Maize starch, at plant/DE U
	Magermilchpulver	Mmp	18	95	k.A.
	Molkenpulver	Mop	16	94	k.A.

Type	Bezeichnung	Abk.	Energiegehalt des Futters (MJ (kg Frischmasse)$^{-1}$)	Verdaulichkeit der organische Substanz (%)	Ecoinventprozess
	Raps	Ra	18	76	Rape seed conventional, at farm/DE U; Rape seed conventional, Saxony-Anhalt, at farm/DE U; Rape seed extensive, at farm/CH U; Rape seed IP, at farm/CH U; Rape seed, organic, at farm/CH U
	Soja	So	18	90	soy beans IP, at farm/kg/CH; soy beans organic, at farm/kg/CH; soybeans, at farm/kg/BR; soybeans, at farm/kg/US
	L-Threonin	Th			k.A.
Energie	Futterweizen	Fw	16	91	Wheat IP, at feed mill/CH U; Wheat organic, at feed mill/CH U
	Gerste	Gr	16	94	Barley IP, at feed mill/CH U; Barley organic, at feed mill/CH U
	Kartoffel	Ka	4	89	Potatoes IP, at farm/CH U; Potatoes organic, at farm/CH U
	Mais	Ma	12	87	Grain maize IP, at feed mill/CH U; Grain maize organic, at feed mill/CH U
	Melasse	Mel	13	92	Molasses, from sugar beet, at sugar refinery/CH U
	Roggen	Ro	16	89	Rye IP, at feed mill/CH U; Rye organic, at feed mill/CH U
	Triticale	Tr	16	90	Wheat IP, at feed mill/CH U; Wheat organic, at feed mill/CH U
	Zuckerrübe	Zr	4	85	Fodder beets IP, at farm/CH U

Type	Bezeichnung	Abk.	Energiegehalt des Futters (MJ (kg Frischmasse)$^{-1}$)	Verdaulichkeit der organische Substanz (%)	Ecoinventprozess
Rauh	Grünfutter-Gras/Kräuter	Gk	3	77	Grass from meadow intensive IP, at field/CH U; Grass from meadow intensive, organic, at field/CH U; Grass from natural meadow extensive IP, at field/CH U; Grass from natural meadow extensive organic, at field/CH U; Grass from natural meadow intensive IP, at field/CH U; Grass from natural meadow intensive organic, at field/CH U
	Grünfutter-Gras/Mischbestand	Gm	3	75	Grass from meadow intensive IP, at field/CH U; Grass from meadow intensive, organic, at field/CH U; Grass from natural meadow extensive IP, at field/CH U; Grass from natural meadow extensive organic, at field/CH U; Grass from natural meadow intensive IP, at field/CH U; Grass from natural meadow intensive organic, at field/CH U
	Grünmehl-Gras	GMg	16	71	k.A.
	Grünmehl-Kräuter	GMk	16	74	k.A.
	Grassilage	Gs	6	73	Grass silage IP, at farm/CH U; Grass silage organic, at farm/CH U
	Heu-Luzerne	Hl	16	65	hay extensive, at farm/kg/CH; hay intensive IP, at farm/kg/CH; hay intensive organic, at farm/kg/CH
	Luzerne grün	Hlg	3	70	Grass from meadow intensive IP, at field/CH U; Grass from meadow intensive, organic, at field/CH U; Grass from natural meadow extensive IP, at field/CH U; Grass from natural meadow extensive organic, at field/CH U; Grass from natural meadow intensive IP, at field/CH U; Grass from natural meadow intensive organic, at field/CH U
	Luzerne_silo	Hls	6	66	Grass silage IP, at farm/CH U; Grass silage organic, at farm/CH U

Type	Bezeichnung	Abk.	Energiegehalt des Futters (MJ (kg Frischmasse)$^{-1}$)	Verdaulichkeit der organische Substanz (%)	Ecoinventprozess
	Heu-gräserreicher Mischbestand	Hm	16	67	hay extensive, at farm/kg/CH; hay intensive IP, at farm/kg/CH; hay intensive organic, at farm/kg/CH
	Maissilage	Ms	7	74	silage maize IP, at farm/kg/CH; silage maize organic, at farm/kg/CH
	Stroh	St	16	44	straw IP, at farm/kg/CH; straw organic, at farm/kg/CH

Die Futterrationen sind vereinfachte Rationen basierend auf [Weiß et al., 2005]. Die Ration der trächtigen Sau entspricht mit 2,3 – 2,5 kg Kraftfutter (bzw. 27 – 31 MJ ME) der eines erwachsenen Tieres. Der Energiebedarf der säugenden Sau ist dagegen fast doppelt so hoch, mit 5,1 bis 5,7 kg Kraftfutter (66 – 74 MJ ME) [s.564]. Die Laktation dauert 4-5 Wochen (mindestens 3 Wochen – Frühentwöhnung). Die Ferkel werden bereits ab der zweiten Woche an Kraftfutter gewöhnt (Beifutter), aber während der Säugungszeit sind die Aufnahmen minimal (200 g in der 5. Woche). Ab der 6. Woche (nach dem Absetzen) steigt der Bedarf rasant von 620 g/Tag auf 1.200 g in der 10 Woche an, wo die Ferkel mit ca. 30 kg Lebendgewicht in die Mast gehen. Hier steigt der Futterbedarf weiter von 1,3 kg/Tag bis auf 2,7 kg in der 12. Mastwoche. Ab der 12. Woche bleibt er bei 2,75 kg/Tag [s. 579, s.605].

Damit ergibt sich für ein Mastschwein in 115 Tagen Mastdauer ein Gesamtbedarf von ca. 300 kg Futter (ca. 13 MJ ME/kg) – 33 kg in der Aufzucht + 270 kg in der Mast. Bei 150 Tagen liegt der Bedarf allein für die Mast bei über 360 kg, oder ca. 400 kg inkl. Aufzucht.

Eine methodische Frage ist, inwieweit der Energiebedarf der Sau in die Produktion des Mastschweines eingerechnet werden soll. In den Berechnungen wird ein pragmatischer Ansatz gewählt, bei welchem der gesamte Energiebedarf der säugenden Sau auf die Ferkel aufgeteilt und dafür den Bedarf der tragenden Sau vernachlässigt wird (Da dieser nicht wesentlich höher als der normale Erhaltungsbedarf eines erwachsenen Tieres ist.) Bei einem mittleren Bedarf für die säugende Sau von 5,4 kg/Tag, einer Säugungszeit von 5 Wochen und 11 Ferkeln ergibt das 17 kg Futter pro Ferkel.

[Weiß et al., 2005] und [Kirchgessner, 2011] stellen eine Vielzahl von möglichen Rationen vor, die oft als Alleinfutter (Mischungen) verabreicht werden. Für die Berechnungen wurde eine typische (vereinfachte) Ration genommen, die hauptsächlich aus Getreide besteht (Gerste/Weizen o-

der Mais) und mit Eiweiß-Futter ergänzt wird. Der Anteil des Eiweiß-Futters schwankt in der Literatur zwischen 17 und 33 % (abhängig vom Grundfutter).

In der berechneten Modellration wird mit 20-25 % Eiweiß-Futter gerechnet. Die Spezifika der unterschiedlichen Rationen (z.B. dass die Ferkel kein Soja bekommen) werden vernachlässigt.

Tabelle 3-7: Gesamtfutterbedarf für Mastschwein inkl. Aufzucht und den Futterbedarf der Sau (während der Laktation)

kg FM Gesamt	Mastschwein konventionell		Mastschwein ökologisch	
Energie	255	Mais - Körner	317	Getreidemischung- Fw,Tr,Ro
Eiweiß	65	Sojaextraktionsschrot	100	Erbse, Ackerbohne

3.3.2 Wirtschaftsdüngermanagement

Zum Wirtschaftsdüngermanagement gehört die Lagerung, Aufbereitung und Ausbringung des hofeigenen Düngers (Gülle, Mist) aus der Tierhaltung. Lagerung, Aufbereitung und Ausbringung führen zur Freisetzung von Methan (CH_4), Lachgas (N_2O), Ammoniak (NH_3) und Stickstoff (N_2). Die Emissionen sind abhängig von der Tierart, Menge und Zusammensetzung der Exkremente, deren Zusammensetzung wiederum von der Zusammensetzung der Futterration abhängt, von Haltungsform (mit Stroh oder strohlos), von der Lagerart und -dauer, Ausbringungsart und Ausbringungszeitpunkt. Durch die mikrobiellen Abbauprozesse unter anaeroben Bedingungen bei der Lagerung entsteht das meiste Methan [IPCC, 1996]. Daher sind die Methan Emissionen in der Güllewirtschaft am höchsten da die Gülle meist in abgeschlossenen Behältern gelagert wird.

Auf die Höhe der Emissionen hat auch die Temperatur entscheidenden Einfluss. Bei der Ausbringung sind Höhe und Zusammensetzung der Emissionen abhängig von der Applikationstechnik. Eine flache Einarbeitung unmittelbar nach der Ausbringung erzeugt die geringsten Emissionen auf Ackerland. Auf Grünland führt die Ausbringung mit dem Schleppschuh zu den geringsten Emissionen [Wegener et al., 2006].

3.3.2.1 Methanemissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement

Die Methanemissionen aus Wirtschaftsdüngermanagement für Milch- und Rindviehhaltung werden anhand Formel 3-1 und Formel 3-2aus IPCC 2006 [De Klein et al., 2006] ermittelt. Für die Methanemissionen im Bereich Schweinehaltung wird Formel 3-2 verwendet. Die Formel wird in einem Punkt an die spezifischen Anforderungen der Fleischerzeugung angepasst. Statt 365 Tage als Bezugszeitraum wird die durchschnittliche Mastdauer als Bezugszeitraum vorgegeben. Der Faktor MS wird in der Berechnung nicht mitberücksichtigt. Dieser Faktor bezeichnet den Anteil der Gesamtanzahl an Tieren in einem Land denen ein bestimmtes Managementsystem zugeordnet werden kann, z.B. 50% der Milchkühe in D werden dem Düngermanagementsystem Gülle zugeordnet. Hier wird für den konventionellen Bereich das Güllesystem angenommen und für den biologischen wird das Festmistsystem angenommen. Die Bruttoenergieaufnahme wird anhand der Werte in Tabelle 3-8 und den Futterrationsmengen berechnet und basiert auf den Futterrationen.

Formel 3-2: Methan Emissionsfaktor aus dem Düngermanagement

$$EF_{(T)} = \left(VS_{(T)} \times MD\right) \times \left(B_{o(T)} \times 0{,}67 \times \left(\frac{MCF_{S,k}}{100}\right)\right)$$

$EF_{(T)}$: Emissionsfaktor der betreffenden Tierkategorie, kg CH_4 $Tier^{-1}$ $Jahr^{-1}$
$VS_{(T)}$: Ausscheidung leicht umsetzbarer Substanz, in kg Trockensubstanz $Tier^{-1}$ Tag^{-1}
$B_{o(T)}$: Maximale Methan- Produktionskapazität von Wirtschaftsdünger, m^3 CH_4 (kg VS)$^{-1}$
0,67: Umrechnungsfaktor, m^3 CH_4 (kg CH_4)$^{-1}$
$MCF_{S,k}$: Methanumwandlungsfaktor für Düngermanagementsystem Gülle oder Festmist, Klimaregion Kühl, %
MD: Anzahl der Produktionstage bzw. Mastdauer, Tage

Formel 3-3: Ausscheidung der leicht umsetzbaren Substanz von Vieh

$$VS_{(T)} = \left[GE \times \left(1 - \frac{DE\%}{100}\right) + \left(UE \times GE\right)\right] \times \left[\frac{1 - ASH}{18{,}45}\right]$$

GE: Bruttoenergieaufnahme, MJ $Tier^{-1}$ Tag^{-1}
DE%: Verdaulichkeit der organischen Substanz, %

UE x GE: Harnfaktor als Anteil von GE (0,04GE für Milch und Rindvieh; 0,02GE für Kraftfutterdiäten oder für Schwein)
ASH: Aschegehalt der Dünger berechnet als Anteil der Futteraufnahme (Trockensubstanz)
18,45: Umrechnungsfaktor, MJ kg^{-1}

Tabelle 3-9: Inputdaten für die Methanemissionen aus Düngermanagement in der konventionellen Schweinehaltung

Konventionelle Landwirtschaft – Methanemissionen aus dem Düngermanagement in der Schweinehaltung				
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
VS	Täglicher Anfall der organischen Trockensubstanz	kg Trockenmasse $Tier^{-1}$ Tag^{-1}	0,12	[Anderl et al., 2009] Kap.6.3,S.246,Tbl.155
MD	Anzahl der Produktionstage bzw. Mastdauer	Tage	67+115	[Weiß et al., 2005]
B_o	Maximale Methan-Produktionskapazität von Wirtschaftsdünger Mastschweine	m^3 CH_4 (kg VS)$^{-1}$	0,18	[De Klein et al., 2006] Kap10,Annex10A.2,S.10.78,Tbl.10A-5
MCFg	Methanumwandlungsfaktor für Düngermanagementsystem Gülle, Klimaregion Kühl, %	%	17	[De Klein et al., 2006] Kap.10.4,S.10.44-47,Tbl.10.17
MCFf	Methanumwandlungsfaktor für Düngermanagementsystem Festmist, Klimaregion Kühl%	%	2	[De Klein et al., 2006] Kap.10.4,S.10.44-47,Tbl.10.17
MCFw	Methanumwandlungsfaktor für Düngermanagementsystem Weide, Klimaregion Kühl, %	%	1	[De Klein et al., 2006] Kap.10.4,S.10.44-47,Tbl.10.17

Tabelle 3-10: Inputdaten für die Methanemissionen aus Düngermanagement in der biologischen Schweinehaltung

Biologische Landwirtschaft – Methanemissionen aus dem Düngermanagement in der Schweinehaltung				
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
VS	Täglicher Anfall der organischen Trockensubstanz	kg Trockenmasse $Tier^{-1}$ Tag^{-1}	0,29	[Anderl et al., 2009] Kap.6.3.2.1,S.249,Tbl.159

Biologische Landwirtschaft – Methanemissionen aus dem Düngermanagement in der Schweinehaltung				
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
	Aufzuchtzeit Ferkel	Tage	67	
MD	Anzahl der Produktionstage bzw. Mastdauer	Tage	150	
B_o	Maximale Methan produzierende Kapazität von Schweinedung	m^3 CH_4 (kg VS)$^{-1}$	0,45	[De Klein et al., 2006] Kap10,Annex10A.2,S.10.78,Tbl.10A-5
MCFg	Methanumwandlungsfaktor für Gülle Düngermanagement Systeme, Klimaregion Kühl,	%	17	[De Klein et al., 2006] Kap.10.4,S.10.44-47,Tbl.10.17
MCFf	Methanumwandlungsfaktor für Düngermanagementsystem Festmist, Klimaregion Kühl	%	2	[De Klein et al., 2006] Kap.10.4,S.10.44-47,Tbl.10.17
MCFw	Methanumwandlungsfaktor für Düngermanagementsystem Weide, Klimaregion Kühl	%	1	[De Klein et al., 2006] Kap.10.4,S.10.44-47,Tbl.10.17

3.3.2.2 Direkte Lachgasemissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement

Lachgas (N_2O) ist ein Zwischenprodukt im Stickstoffkreislauf und entsteht bei der Umwandlung von Nitrat in elementaren Stickstoff (N_2), die sogenannte Denitrifikation und bei der Umwandlung von Ammoniak (NH_3) zu Nitrat (NO_3), die Nitrifikation [Wrage, 2009]. Die Emission von Lachgas ist allgemein abhängig vom Nitratangebot, den Temperaturen und dem Wasserangebot. Im Wirtschaftsdüngermanagement beeinflussen Stickstoff- und Kohlenstoffgehalt des Düngers, Düngermanagementsystem und Lagerdauer die Menge an Emissionen [De Klein et al., 2006].

Organische Dünger wie Stallmist enthalten Stickstoff sowohl organisch gebunden als auch in Form von Ammonium (NH_4), nicht aber in Form von Nitrat wie Mineraldünger. Für die Pflanzen ist er erst verfügbar, wenn er im Boden mikrobiell umgesetzt, d.h. mineralisiert wurde. Bei der mikrobiellen Umwandlung organischer N-Dünger im Boden zu Ammonium (NH_4) und beim weiteren Abbau von NH_4 zu Nitrat (NO_3) treten gasförmige Verluste in Form von Lachgas (N_2O) und Ammoniak (NH_3) auf Am [Wrage, 2009]. Ammoniak (NH_3) zählt nach Kyoto- Protokoll nicht zu den THG-Emissionen, ist aber indirekt klimawirksam da im Boden teilweise eine Umwandlung in N_2O stattfindet [Oltmanns et al., 2004].

Die direkten Lachgasemissionen aus dem Düngermanagement werden nach IPCC 2006 anhand der Formel 3-4 ermittelt. Diese Formel wird den spezifischen Bedingungen angepasst. Der Faktor Anzahl der Tiere ($N_{(T)}$) wird gleich eins gesetzt, da die Emissionen auf ein Tier Bezug nehmen

und dann in kg Produkt umgerechnet werden. Der Faktor MS wird in der Berechnung nicht mitberücksichtigt. Dieser Faktor bezeichnet den Anteil der Gesamtanzahl an Tieren in einem Land denen ein bestimmtes Managementsystem zugeordnet werden kann, z.B. 50 % der Milchkühe in Deutschland werden dem Düngermanagementsystem Gülle zugeordnet. Hier wird für den konventionellen Bereich das Güllesystem angenommen und für den biologischen wird das Festmistsystem angenommen.

Für die durchschnittliche Stickstoffausscheidung (N_{ex}) wird ein Standardwerts ($N_{ex}S$, kg N (1.000 kg Tiermasse)$^{-1}$ Tag^{-1}) angenommen. Dieser wird über das durchschnittliche Gewicht der Tiere und die Produktionsdauer (Melktage bzw. Mastdauer) errechnet. Das Ergebnis wird anhand der Milchleistung, bzw. Produktionsleistung auf kg Produkt umgerechnet (kg N_2O (kg Milch oder Fleisch)$^{-1}$). In Tabelle 3-11 und 3-12 sind die Inputwerte der Berechnungen gegeben.

Formel 3-4: Gesamte direkte Lachgas Emissionen aus dem Düngermanagement Festmist oder Gülle

$$N_2O_{D(mm)} = \left(\frac{NexS_{(T)}}{(1.000 \div Lgew)}\right) \times MD \times EF_{3(S)} \times \frac{44}{28}$$

$N_2O_{D(mm)}$: Direkte Lachgasemissionen aus Düngermanagement, kg N_2O
$NexS_{(T)}$: Durchschnittlicher StickstoffAusscheidung von Mastvieh, kg N (1.000 kg Tiermasse)$^{-1}$ Tag^{-1};
Lgew: Durchschnittliches Lebendgewicht der Tiere bei Lieferung zum Schlachthof, kg Tier^{-1}
MD: Anzahl Tage das produziert wird bzw. Mastdauer, Tage
$EF_{3(S)}$: Lachgas Emissionsfaktor Aus Düngermanagementsysteme bez. Viehhaltung, kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$

Tabelle 3-13: Inputdaten für die direkten Lachgasemissionen aus dem Düngermanagement in der konventionellen Schweinehaltung

Konventionelle Landwirtschaft – Direkte Lachgasemissionen aus dem Düngermanagement in der Schweinehaltung				
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
$NexS_{(T)}$	Durchschnittlicher Dunganfall bzw. N-Ausscheidung Schwein	kg N (1.000 kg Tiermasse)$^{-1}$ Tag^{-1}	0,68	[De Klein et al., 2006] Kap.10.5,S.10.59,Tbl.10.19
$EF_{3(g)}$	Lachgasemissionsfaktor aus Düngermanagement-system Gülle bez. Schweinehaltung	kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$	0,001	[Anderl et al., 2009] Kap.6.3,S.252,Tbl.164

Konventionelle Landwirtschaft – Direkte Lachgasemissionen aus dem Düngermanagement in der Schweinehaltung				
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
$EF_{3(f)}$	Lachgasemissionsfaktor aus Düngermanagement-system Festmist bez. Schweinehaltung	kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$	0,02	[Anderl et al., 2009] Kap.6.3,S.252,Tbl.164
$EF_{3(w)}$	Lachgasemissionsfaktor aus Düngermanagement-system Weide bez. Schweinehaltung	kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$	0,02	[Anderl et al., 2009] Kap.6.3,S.252,Tbl.164
MD	Anzahl der Produktionstage bzw. Mastdauer	Tage	67+115	[Weiß et al., 2005]

Tabelle 3-14: Inputdaten für die direkte Lachgasemissionen aus dem Düngermanagement in die biologische Schweinehaltung

Biologische Landwirtschaft – Direkte Lachgasemissionen aus dem Düngermanagement in der Schweinehaltung				
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
$NexS_{(T)}$	Durchschnittlicher Anfall Wirtschaftsdünger bzw. N-Ausscheidung Schwein,	kg N (1.000 kg Tiermasse)$^{-1}$ Tag^{-1}	0,68	[De Klein et al., 2006] Kap.10.5,S.10.59,Tbl.10.19
$EF_{3(g)}$	Lachgasemissionsfaktor aus Düngermanagement-system Gülle, bez. Schweinehaltung	kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$	0,001	[Anderl et al., 2009] Kap.6.3,S.252,Tbl.164
$EF_{3(f)}$	Lachgasemissionsfaktor aus Düngermanagement-system Festmist bez. Schweinehaltung	kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$	0,02	[Anderl et al., 2009] Kap.6.3,S.252,Tbl.164
$EF_{3(w)}$	Lachgasemissionsfaktor aus Düngermanagement-system Weide bez. Schweinehaltung	kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$	0,02	[Anderl et al., 2009] Kap.6.3,S.252,Tbl.164
MD	Anzahl der Produktionstage bzw. Mastdauer	Tage	67+150	[Naturland - Verband für ökologischen Landbau, 2007]

3.3.2.3 Indirekte Lachgasemissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement

Die indirekten Emissionen werden differenziert nach den Bereichen „leaching“ (Auswaschung) und „runoff“ (Oberflächenabfluss) sowie den Emissionen die durch atmosphärische Deposition gasförmiger N- Verbindungen entstehen.

Für die Berechnung der indirekten Lachgasemissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement in der Landwirtschaft werden Formeln aus IPCC 2006 verwendet Formel 3-5 und Formel 3-6 [De Klein et al., 2006]. Die Formeln werden den spezifischen Bedingungen angepasst. Der Faktor Anzahl der Tiere ($N_{(T)}$) wird gleich eins gesetzt, da die Emissionen auf ein Tier Bezug nehmen und dann in kg Produkt umgerechnet werden. Der Faktor MS wird in der Berechnung nicht mitberücksichtigt. Dieser Faktor bezeichnet den Anteil der Gesamtanzahl an Tieren in einem Land denen ein bestimmtes Managementsystem zugeordnet werden kann, z.B. 50 % der Milchkühe in D werden dem Düngermanagementsystem Gülle zugeordnet. Hier wird für den konventionellen Bereich das Güllesystem angenommen und für den biologischen wird das Festmistsystem angenommen. Der Faktor N_{ex} bezeichnet die durchschnittliche Stickstoff-Ausscheidung im Wirtschaftsdünger pro Tier und Tag. Der Stickstoffanteil im Wirtschaftsdünger ist abhängig von der Tierart und der Zusammensetzung der Futterration. Hier werden Standardwerte verwendet

Anhand der Formel 3-6 werden die indirekten Lachgasemissionen aus dem Düngermanagement durch Oberflächenabfluss und Auswaschung, nach [De Klein et al., 2006] (Kombination der Formeln 10.28 & 10.29) adaptiert wie Formel 3-5 und ermittelt. Folglich werden die indirekten Lachgasemissionen anhand von der Milch- bzw. Produktionsleistung pro kg Produkt berechnet (kg N_2O (kg Milch oder Fleisch)$^{-1}$). Fleisch wird anhand der Ausschlachtung auf das netto Schlachtgewicht umgerechnet, die indirekten Lachgasemissionen werden damit vollständig das Fleisch zugerechnet.

Formel 3-5: Indirekte Lachgasemissionen aus dem Düngermanagement durch Ausgasung

$$N_2O_V = \left(\frac{\left(NexS_{(T)} \times MD\right)}{\left(1.000 \div Lgew\right)}\right) \times \left(\frac{Frac_{GasMS}}{100}\right) \times EF_4 \times \frac{44}{28}$$

N_2O_V: Indirekte Lachgasemissionen aus dem Düngermanagement durch Ausgasung
$Frac_{GasMS}$: Stickstoff Anteil der als NH_3 und NO_x ausgast im Düngermanagementsystem (MS), %;
EF_4: Lachgas Emissionsfaktor für indirekte N_2O Emissionen aus NH_3 und NO_x bez. Viehhaltung, kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$

Formel 3-6: Indirekte Lachgasemissionen aus dem Düngermanagement infolge Oberflächenabfluss und Auswaschung

$$N_2O_L = \left(\frac{\left(NexS_{(T)} \times MD\right)}{\left(1.000 \div Lgew\right)}\right) \times \left(\frac{Frac_{leachMS}}{100}\right) \times EF_5 \times \frac{44}{28}$$

N_2O_L: Indirekte Lachgasemissionen aus Düngermanagement infolge Oberflächenabfluss und Auswaschung, kg N_2O $Jahr^{-1}$
$Frac_{leachiMS}$: Stickstoffanteil der durch Oberflächenabfluss und Auswaschung aus dem Düngermanagementsystem (MS) verloren geht
EF_5: Emissionsfaktor für N_2O Emissionen von Oberflächenabfluss und Auswaschung, kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$

Tabelle 3-15: Inputdaten für die indirekten Lachgasemissionen aus dem Düngermanagement in der konventionellen Schweinehaltung

Konventionelle Landwirtschaft – Indirekte Lachgasemissionen aus dem Düngermanagement in der Schweinehaltung				
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
$NexS_{(T)}$	Durchschnittliche Ausscheidung von Stickstoff Mastrind	kg N (1.000 kg Tiermasse)$^{-1}$ Tag^{-1}	0,68	[De Klein et al., 2006] Kap.10.5,S.10.59,Tbl.10.19
$Frac_{gasMSg}$	Stickstoff Anteil der als NH_3 und NO_x ausgast im Düngermanagementsystem Gülle	%	48	[De Klein et al., 2006] Kap.10.5.4,S.10.65,Tbl.10.22
$Frac_{gasMSf}$	Stickstoff Anteil der als NH_3 und NO_x ausgast im Düngermanagementsystem Festmist	%	45	[De Klein et al., 2006] Kap.10.5.4,S.10.65,Tbl.10.22
EF_4	Lachgas Emissionsfaktor für indirekte N_2O Emissionen aus NH_3 und NO_x bez. Viehhaltung	kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$	0,01	[De Klein et al., 2006] Kap.11.2.2,S.11.24,Tbl.11.3
$Frac_{leach}$	Stickstoffanteil der durch Oberflächenabfluss und Auswaschung aus dem Düngermanagementsystem (MS) verloren geht	%	30	[De Klein et al., 2006] Kap.11.2,S.11.24,Tbl.11.3
EF_5	Emissionsfaktor für N_2O Emissionen von Oberflächenabfluss und Auswaschung,	kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$	0,0075	[De Klein et al., 2006] Kap.11.2.2,S.11.24,Tbl.11.3
MD	Anzahl der Produktionstage bzw. Mastdauer	Tage	67+115	[Weiß et al., 2005]

Tabelle 3-16: Inputdaten für die indirekten Lachgasemissionen aus Düngermanagement in der biologischen Schweinehaltung

Biologische Landwirtschaft – Indirekte Lachgasemissionen aus dem Düngermanagement in der Schweinehaltung				
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
$NexS_{(T)}$	Durchschnittlicher Ausscheidung von Stickstoff Schwein	kg N (1.000 kg Tiermasse)$^{-1}$ Tag^{-1}	0,68	[De Klein et al., 2006] Kap.10.5,S.10.59,Tbl.10.19
$Frac_{gasMSg}$	Stickstoff Anteil der als NH_3 und NO_x ausgast im	%	48	[De Klein et al., 2006] Kap.10.5.4,S.10.65,Tbl.10.22

Biologische Landwirtschaft – Indirekte Lachgasemissionen aus dem Düngermanagement in der Schweinehaltung				
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
	Düngermanagementsystem Gülle			
$Frac_{gasMSf}$	Stickstoff Anteil der als NH_3 und NO_x ausgast im Düngermanagementsystem Festmist	%	45	[De Klein et al., 2006] Kap.10.5.4,S.10.65,Tbl.10.22
EF_4	Lachgas Emissionsfaktor für indirekte N2O Emissionen aus NH_3 und NO_x bez. Viehhaltung	kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$	0,01	[De Klein et al., 2006] Kap.11.2.2,S.11.24,Tbl.11.3
$Frac_{leach}$	Stickstoffanteil der durch Oberflächenabfluss und Auswaschung aus dem Düngermanagementsystem (MS) verloren geht	%	30	[De Klein et al., 2006] Kap.11.2,S.11.24,Tbl.11.3
EF_5	Emissionsfaktor für N_2O Emissionen von Oberflächenabfluss und Auswaschung	kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$	0,0075	[De Klein et al., 2006] Kap.11.2.2,S.11.24,Tbl.11.3
MD	Anzahl der Produktionstage bzw. Mastdauer	Tage	67+150	[Naturland - Verband für ökologischen Landbau, 2007]

3.3.3 Maschineneinsatz

Der Einsatz von landwirtschaftlichen Maschinen verursacht Treibhausgasemissionen durch die Verbrennung von fossilen Treibstoffen. Die Daten zum Maschineneinsatz (Verbrauch von Diesel) werden der ecoinvent - Datenbank entnommen, zum Teil werden länderspezifische Daten zum Treibstoffverbrauch in Deutschland vom KTBL 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 Daten werden der ecoinvent - Datenbank entnommen. Die entsprechenden Emissionsfaktoren sind [Nemecek & Kägi, 2007] entnommen und in Tabelle 3-17 wiedergegeben. Für die Dichte von Diesel wird ein Durchschnittswert angenommen (siehe Tabelle 3-18).

In der ecoinvent - Datenbank wird Erdgas generell für alle Heizprozesse angenommen (z.B. Beheizung Gewächshäuser) was im Einzelfall gesondert betrachtet werden muss. Daten zum Erdgas als Treibstoff und als Rohstoff für die Düngemittelherstellung werden nicht angepasst, sondern so verwendet wie sie in der ecoinvent - Datenbank vorhanden sind.

Tabelle 3-19: Allgemeine Annahmen bezüglich Treibhausgasemissionen durch Maschineneinsatz in der Landwirtschaft

Konventionelle und biologische Landwirtschaft – Allgemeine Annahmen				
Parameter	**Einheit**	**Größe**	**Spanne**	**Quelle und Bemerkungen**
CO_2 Emissionsfaktor durch Verbrennung von Diesel in landwirtschaftlichen Maschinen	kg CO_2 (kg Diesel)$^{-1}$	3,12		[Nemecek & Kägi, 2007] Kap.7.2.6,S.62,Tbl.7.1
CH_4 Emissionsfaktor durch Verbrennung von Diesel in landwirtschaftlichen Maschinen	kg CH_4 (kg Diesel)$^{-1}$	0,000129		[Nemecek & Kägi, 2007] Kap.7.2.6,S.62,Tbl.7.1
N_2O Emissionsfaktor durch Verbrennung von Diesel in landwirtschaftlichen Maschinen	kg N_2O (kg Diesel)$^{-1}$	0,00012		[Nemecek & Kägi, 2007] Kap.7.2.6,S.62,Tbl.7.1
Dichte von Diesel	kg l^{-1}	0,8325	Min. 0,820 Max. 0,845	http://de.wikipedia.org
CO_2 Emissionsfaktor durch Verbrennung von LPG in landwirtschaftlichen Maschinen	kg CO_2 (kg Propan)$^{-1}$	2,9		[Gomez et al., 2006] Vol.2,S.2.22,Tbl.2.5 (Annahme: NCV_{LPG}:46 MJ/kg)
CH_4 Emissionsfaktor durch Verbrennung von LPG in landwirtschaftlichen Maschinen	kg CH_4 (kg Propan)$^{-1}$	$2{,}3e^{-4}$		[Gomez et al., 2006] Vol.2,S.2.22,Tbl.2.5 (Annahme: NCV_{LPG}:46 MJ/kg)
N_2O Emissionsfaktor durch Verbrennung von LPG in landwirtschaftlichen Maschinen	kg N_2O (kg Propan)$^{-1}$	$4{,}6e^{-6}$		[Gomez et al., 2006] Vol.2,S.2.22,Tbl.2.5 (Annahme: NCV_{LPG}:46 MJ/kg)

Tabelle 3-20: Energieverbrauch durch Maschineneinsatz in der konventionellen Tierhaltung

Konventionelle Landwirtschaft - Energieverbrauch			
Ressourcen Einsatz	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
Melken	kWh kg^{-1}	0,0457	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Milking/CH U“
Dieselverbrauch - Nichtzuordenbar	kg kg^{-1}		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Diesel, low-sulphur, at regional storage/RER U“

Konventionelle Landwirtschaft - Energieverbrauch			
Ressourcen Einsatz	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
Stromverbrauch - Nichtzuordenbar	kWh kg^{-1}		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Electricity, low voltage, at grid/AT U“

Tabelle 3-21: Energieverbrauch durch Maschineneinsatz in der biologischen Tierhaltung

Biologische Landwirtschaft - Energieverbrauch			
Ressourcen Einsatz	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
Melken	kWh kg^{-1}	0,0457	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Milking/CH U“
Dieselverbrauch - Nichtzuordenbar	kg kg^{-1}		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Diesel, low-sulphur, at regional storage/RER U“
Stromverbrauch - Nichtzuordenbar	kWh kg^{-1}		[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Electricity, low voltage, at grid/AT U“

Tabelle 3-22: Ressourceneinsatz und Treibhausgasemissionen durch Beheizung mit Erdgas in der konventionellen Tierhaltung

Konventionelle Landwirtschaft – Heizung mit Erdgas			
Ressourcen Einsatz	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
Erdgasverbrauch	MJ $Tier^{-1}$		
Produktionsleistung	kg $Tier^{-1}$		
Erdgas	MJ (MJ Wärme)$^{-1}$	1,04	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Heat, natural gas, at boiler modulating <100kW/RER U“
Emissionsfaktor CO_2	kg CO_2 (MJ Erdgas)$^{-1}$	0,056	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Natural gas, burned in boiler modulating <100kW/RER U“
Emissionsfaktor CH_4	kg CH_4 (MJ Erdgas)$^{-1}$	$0{,}2e^{-5}$	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Natural gas, burned in boiler modulating <100kW/RER U“; grobe Schätzung, hohe Unsicherheit
Emissionsfaktor N_2O	kg N_2O (MJ Erdgas)$^{-1}$	$0{,}5e^{-6}$	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Natural gas, burned in boiler modulating <100kW/RER U“; grobe Schätzung, hohe Unsicherheit

Tabelle 3-23: Ressourcen Einsatz und Treibhausgasemissionen durch Beheizung mit Erdgas in der biologischen Tierhaltung

Biologische Landwirtschaft – Heizung mit Erdgas			
Ressourcen Einsatz	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
Erdgasverbrauch	MJ $Tier^{-1}$		
Produktionsleistung	kg $Tier^{-1}$		
Erdgas	MJ (MJ Wärme)$^{-1}$	1,04	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Heat, natural gas, at boiler modulating <100kW/RER U“
Emissionsfaktor CO_2	kg CO_2 (MJ Erdgas)$^{-1}$	0,056	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Natural gas, burned in boiler modulating <100kW/RER U“
Emissionsfaktor CH_4	kg CH_4 (MJ Erdgas)$^{-1}$	$0{,}2e^{-5}$	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Natural gas, burned in boiler modulating <100kW/RER U“; grobe Schätzung, hohe Unsicherheit
Emissionsfaktor N_2O	kg N_2O (MJ Erdgas)$^{-1}$	$0{,}5e^{-6}$	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „Natural gas, burned in boiler modulating <100kW/RER U“; grobe Schätzung, hohe Unsicherheit

Tabelle 3-24: Ressourceneinsatz und Treibhausgasemissionen durch Beheizung mit Fernwärme aus Müllverbrennung in der konventionellen Tierhaltung

Konventionelle Landwirtschaft – Heizung mittels Fernwärme			
Ressourcen Einsatz	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
Fernwärmeverbrauch	MJ $Tier^{-1}$		
Produktionsleistung	kg $Tier^{-1}$		
Emissionsfaktor CO_2	kg CO_2 (kg Abfall)$^{-1}$	1,197	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „disposal, municipal solid waste, 22,9% water, to municipal incineration“; Summe der biogene und fossilen CO_2-Emissionen
Emissionsfaktor CH_4	kg CH_4 (kg Abfall)$^{-1}$	$0{,}639e^{-5}$	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „disposal, municipal solid waste, 22,9% water, to municipal incineration“; Summe der biogene und fossilen CH_4-Emissionen
Emissionsfaktor N_2O	kg N_2O (kg Abfall)$^{-1}$	$0{,}132e^{-4}$	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „disposal, municipal solid waste, 22,9% water, to municipal incineration“;
Netto Wärme-Energie Aus MSWI	MJ (kg Abfall)$^{-1}$	2,16	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „disposal, municipal solid waste, 22,9% water, to municipal incineration“;

Konventionelle Landwirtschaft – Heizung mittels Fernwärme			
Ressourcen Einsatz	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
Allokationsfaktor		0,33	

Tabelle 3-25: Ressourceneinsatz und Treibhausgasemissionen durch Beheizung mit Fernwärme aus Müllverbrennung in der biologischen Tierhaltung

Konventionelle Landwirtschaft – Heizung mittels Fernwärme			
Ressourcen Einsatz	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
Fernwärmeverbrauch	MJ $Tier^{-1}$		
Produktionsleistung	kg $Tier^{-1}$		
Emissionsfaktor CO_2	kg CO_2 (kg Abfall)$^{-1}$	1,197	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „disposal, municipal solid waste, 22,9% water, to municipal incineration"; Summe der biogene und fossilen CO_2-Emissionen
Emissionsfaktor CH_4	kg CH_4 (kg Abfall)$^{-1}$	$0{,}639e^{-5}$	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „disposal, municipal solid waste, 22,9% water, to municipal incineration"; Summe der biogene und fossilen CH_4-Emissionen
Emissionsfaktor N_2O	kg N_2O (kg Abfall)$^{-1}$	$0{,}132e^{-4}$	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „disposal, municipal solid waste, 22,9% water, to municipal incineration";
Netto Wärme-Energie Aus MSWI	MJ (kg Abfall)$^{-1}$	2,16	[Ecoinvent Centre, 2007]; Prozess: „disposal, municipal solid waste, 22,9% water, to municipal incineration";
Allokationsfaktor			

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.

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), ein europäisches Transportmodel, abgeleitet. Obwohl länderspezifische Methoden vorhanden sind, bietet das TREMOVE-Modell ein einheitliche Methodik für 31 europäische Länder was für das ableiten der Parameter bevorzugt wird. In Tabelle 3-26 bis Tabelle 3-30 sind die durchschnittlicher 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 wurde das TREMOVE-Modell und ist in Tabelle 3-31 wiedergegeben. Die Methan Emissionsfaktoren aus TREMOVE sind signifikant höher als die in der ecoinvent - Datenbank angegebenen Emissionsfaktoren.

Tabelle 3-26: Treibstoffverbrauch schwere und leichte Nutzfahrzeuge (SNF bzw. LNF) in 2010 in Österreich

	Treibstoffverbrauch 2010 (AT) (kg Treibstoff vkm^{-1})						
Fahrzeugkategorie	**Konventionell**	**EURO 1**	**EURO 2**	**EURO 3**	**EURO 4**	**EURO 5**	**Durchschnitt**
SNF >32t	0,357	0,314	0,307	0,313	0,291	0,296	**0,307**
SNF 16-32t	0,287	0,250	0,240	0,249	0,232	0,236	**0,244**
SNF 7,5-16t	0,222	0,187	0,179	0,188	0,176	0,180	**0,185**
SNF 3,5-7,5t	0,127	0,103	0,098	0,104	0,098	0,099	**0,102**
LNF <3,5t	0,053	0,057	0,052	0,049	0,046	0,046	**0,050**

Tabelle 3-27: Treibstoffverbrauch schwere und leichte Nutzfahrzeuge (SNF bzw. LNF) in 2010 in Tschechien

	Treibstoffverbrauch 2010 (CZ) **(kg Treibstoff vkm^{-1})**						
Fahrzeugkategorie	Konventionell	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	Durchschnitt
SNF >32t	0,363	0,320	0,314	0,320	0,298	0,303	**0,317**
SNF 16-32t	0,275	0,240	0,232	0,240	0,224	0,228	**0,236**
SNF 7,5-16t	0,114	0,094	0,089	0,095	0,089	0,090	**0,095**
SNF 3,5-7,5t	0,198	0,168	0,162	0,170	0,159	0,162	**0,168**

Fahrzeugkategorie	Treibstoffverbrauch 2010 (CZ) **(kg Treibstoff vkm^{-1})**						
	Konventionell	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	Durchschnitt
LNF <3,5t	0,075	0,071	0,069	0,067	0,065	0,065	**0,067**

Tabelle 3-28: Treibstoffverbrauch schwere und leichte Nutzfahrzeuge (SNF bzw. LNF) in 2010 in Ungarn

Fahrzeugkategorie	**Treibstoffverbrauch 2010 (HU) (kg Treibstoff vkm^{-1})**						
	Konventionell	**EURO 1**	**EURO 2**	**EURO 3**	**EURO 4**	**EURO 5**	**Durchschnitt**
SNF >32t	0,367	0,323	0,316	0,323	0,300	0,305	**0,322**
SNF 16-32t	0,282	0,246	0,238	0,246	0,229	0,233	**0,246**
SNF 7,5-16t	0,118	0,096	0,092	0,097	0,091	0,093	**0,097**
SNF 3,5-7,5t	0,205	0,174	0,167	0,175	0,164	0,167	**0,177**
LNF <3,5t	0,065	0,060	0,058	0,056	0,055	0,055	**0,059**

Tabelle 3-29: Treibstoffverbrauch schwere und leichte Nutzfahrzeuge (SNF bzw. LNF) in 2010 in Deutschland

Fahrzeugkategorie	**Treibstoffverbrauch 2010 (DE) (kg Treibstoff vkm^{-1})**						
	Konventionell	**EURO 1**	**EURO 2**	**EURO 3**	**EURO 4**	**EURO 5**	**Durchschnitt**
SNF >32t	0,303	0,266	0,261	0,266	0,247	0,251	**0,265**
SNF 16-32t	0,237	0,207	0,200	0,206	0,192	0,195	**0,206**
SNF 7,5-16t	0,110	0,093	0,090	0,095	0,089	0,090	**0,095**
SNF 3,5-7,5t	0,177	0,151	0,146	0,152	0,143	0,145	**0,153**
LNF <3,5t	0,083	0,078	0,077	0,074	0,073	0,072	**0,077**

Tabelle 3-30: Treibstoffverbrauch schwere und leichte Nutzfahrzeuge (SNF bzw. LNF) in 2010 in Italien

Fahrzeugkategorie	**Treibstoffverbrauch 2010 (IT) (kg Treibstoff vkm^{-1})**						
	Konventionell	**EURO 1**	**EURO 2**	**EURO 3**	**EURO 4**	**EURO 5**	**Durchschnitt**
SNF >32t	0,330	0,291	0,284	0,289	0,268	0,273	**0,284**

Fahrzeugkategorie	Treibstoffverbrauch 2010 (IT) (kg Treibstoff vkm^{-1})						
	Konventionell	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	Durchschnitt
SNF 16-32t	0,267	0,233	0,225	0,232	0,217	0,220	**0,228**
SNF 7,5-16t	0,127	0,106	0,101	0,106	0,100	0,101	**0,105**
SNF 3,5-7,5t	0,212	0,181	0,174	0,182	0,171	0,174	**0,179**
LNF <3,5t	0,053	0,060	0,056	0,054	0,052	0,052	**0,054**

Tabelle 3-31: Durchschnittliche 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
LNF <3,5t	0,062	3,15	1,18E-04	1,36E-04	1,25

3.4.1.2 Bahntransport

Aus der Datenerhebung ist ersichtlich dass der Schienentransport für den Transport von Lebensmitteln nicht relevant ist. Österreichische Statistiken zeigen, dass etwa 16 % der auf Schiene transportierten Güter Agrarerzeugnisse oder Lebensmittel sind [Statistik Austria, 2009]. Der Hauptanteil der Güter wird jedoch auf der Straße transportiert. Zur Berechnung der Umweltbelastung wird in verschiedenen Szenarien der Schienenverkehr mitberücksichtigt. Die Sachbilanzen für den Schienenverkehr werden der Ecoinvent - Datenbank entnommen [Ecoinvent Centre, 2007]. In diesen Daten wird berücksichtigt: Kraftstoffverbrauch des Gütertransports, die Produktion von Energieträgern und die damit verbundenen Emissionen (siehe Tabelle 3-32 für die Eckdaten der verwendete Prozesse).

Tabelle 3-32: Sachbilanzen des Schienentransports,[Ecoinvent Centre, 2007]

Prozess	Diesel (kg tkm^{-1})	Elektrizität (kWh tkm^{-1})	Emissionen (kg CO2e tkm^{-1})
Transport, freight, rail/RER U	0,00226	0,0396	0,0287
Transport, freight, rail/AT U	0,00139	0,0622	0,0292

3.4.1.3 Wassertransport

Einige Lebensmittel (Bananen) und Futtermittel (Soja) werden über lange Seestrecken von zum Beispiel Süd-Amerika nach Europa transportiert, Diese Transporte werden berücksichtigt. Der Sachbilanz für transatlantischen Güterverkehr per Schiff wird der Ecoinvent - Datenbank entnommen [Ecoinvent Centre, 2007, 3484] (siehe Tabelle 3-33). Lebensmittel werden meistens in sogenannten Reefer-Container gekühlt oder tief gekühlt transportiert. Die entstehenden Emissionen werden berücksichtigt und anhand des Prozesses eines dieselangetriebenen Generators aus [Ecoinvent Centre, 2007, 3484] modelliert (siehe Tabelle 3-34). Die spezifischen Energieverbräuche der Kühl- und Tiefkühlcontainer wurde aus [Wild, 2004] übernommen.

Der gesamte Energieverbrauch ist anhand Formel 3-7 ermittelt, einer Übersicht der Inputdaten ist in der Tabelle 3-35 wiedergegeben.

Formel 3-7: Energieverbrauch für Kühl- und Tiefkühltransporte in Reefer-Container

$$E = \frac{\left(E_S \times \left(\frac{Di}{V \times UF}\right)\right)}{(NL \times DI)}$$

E: Energieverbrauch, kWh kg^{-1}
E_S: Spezifische Energieverbrauch der Containertype S, kW
Di: Transportabstand, km
V: Durchschnittlicher Fahrgeschwindigkeit, Knoten
UF: Umrechnungsfaktor, 1,852 km $Knoten^{-1}$

NL: Nutzlast, t

Tabelle 3-33: Sachbilanz des transatlantischen Schiffstransports, [Ecoinvent Centre, 2007]

Sachbilanz	Treibstoffverbrauch ($kg_{Treibstoff}$ tkm^{-1})	Emissionen (kg CO2e tkm^{-1})
Transport, transoceanic freight ship/OCE U	0,0025	0,00881

Tabelle 3-34: Sachbilanz des dieselangetriebene Generators, [Ecoinvent Centre, 2007]

Sachbilanz	Treibstoffverbrauch ($kg_{Treibstoff}$ tkm^{-1})	Emissionen (kg CO2e tkm^{-1})
Transport, transoceanic freight ship/OCE U	0,0025	0,00881

Tabelle 3-35: Inputdaten für die Berechnung der Treibhausgasemissionen der Kühl- und Tiefkühlcontainer

Kühlung und Tiefkühlung mit ‚Reefer-Containers' während Wassertransport				
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
Di	Distanz über die Container transportiert wird und in Kühl- bzw. Tiefkühlbetrieb ist	km		
Vkn (V)	Durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit	Knoten	20	Annahme
UFv	Umrechnungsfaktor	km $Knoten^{-1}$	1,852	
C20 (E_S)	Durchschnittlicher Energieverbrauch eines 20ft Kühl-container bei transatlantischer Überfahrt zwischen Süd-Amerika und Nord-Europa	kW	2,9	[Wild, 2004]
F20 (E_S)	Durchschnittlicher Energieverbrauch eines 20ft Tief-kühlcontainer bei transatlantischer Überfahrt zwischen Süd-Amerika und Nord-Europa	kW	1,19	[Wild, 2004]
C40 (E_S)	Durchschnittlicher Energieverbrauch eines 40ft Kühl-container bei transatlantischer Überfahrt zwischen Süd-Amerika und Nord-Europa	kW	5,8	[Wild, 2004]
F40 (E_S)	Durchschnittlicher Energieverbrauch eine 40ft Tiefkühl-	kW	2,38	[Wild, 2004]

Kühlung und Tiefkühlung mit ‚Reefer-Containers' während Wassertransport				
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**Quelle und Bemerkungen**
	container bei transatlantischer Überfahrt zwischen Süd-Amerika und Nord-Europa			
NL20ft	Nutzlast eines 20ft Kühl- bzw. Tiefkühlcontainer	t	27,49	[Maerskline, Unbekannt]
NL40ft	Nutzlast eines 40ft Kühl- bzw. Tiefkühlcontainer	t	28,48	[Maerskline, Unbekannt]

3.4.1.4 Lufttransport

Im Vergleich zum gesamten Transportaufkommen beim Güterverkehr ist der Luftverkehr mit ca. 0,04 % der Gesamttonnage vernachlässigbar. Allerdings ist die Umweltbelastung bei Lufttransporten pro tkm am höchsten und wird deshalb berücksichtigt. Um die Emissionen zu ermitteln werden die Sachbilanzen zu Lufttransporten der Ecoinvent-Datenbank entnommen [Ecoinvent Centre, 2007]. In den Sachbilanzen werden berücksichtigt: Kerosinverbrauch des Flugzeugs und die Erzeugung des Keros ins. (siehe Tabelle 3-36).

Tabelle 3-36: Sachbilanzen der Lufttransport Quelle:[Ecoinvent Centre, 2007];

Sachbilanz	Treibstoffverbrauch ($kg_{Treibstoff}$ tkm^{-1})	Emissionen (kg CO2e tkm^{-1})
Transport, aircraft, freight, Europe/RER U	0,453	1,62
Transport, aircraft, freight, intercontinental/RER U	0,288	1,04

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 3-37). 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 3-8 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 3-9 berechnet die ebenso von [Nielsen et al., 2003] und [Carlsson-Kanyama & Faist, 2000] entnommen wird. Die Inputdaten der jeweiligen Prozesse sind in der Tabelle 3-38 und der Tabelle 3-39 dargestellt.

Formel 3-8: 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: Dauer dass die Waren gelagert werden, Tage

Formel 3-9: 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 3-37: 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 3-38: Inputdaten für die Lebensmittellagerung bei Raumtemperatur

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

Tabelle 3-39: Inputdaten für die Kühl- und Tiefkühllagerung der Lebensmittel

Kühlung und Tiefkühlung in Lebensmittellager				
Parameter	**Beschreibung**	**Einheit**	**Größe**	**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 Tiefkühllage-rung,	kWh $(m^3)^{-1}$ Tag^{-1}	0,63	[Nielsen et al., 2003] [Carlsson-Kanyama & Faist, 2000]
u	Durchschnittliche Auslastung der Kühl- und Tief-kühllager	%	50	[Nielsen et al., 2003] [Carlsson-Kanyama & Faist, 2000]
V_P	Volumen des gelagerten Lebensmittels,	m^3 kg^{-1}		
t	Lagerdauer der Ware	Tage		

Tabelle 3-40: Lagerung Schweinefleisch

Lagerverfahren	Mindestdauer In h/ Tagen (T)	Max. Lagerdauer in Tagen (T) Monaten (M)	Spanne	Temperatur in °C	Quelle
Schnellkühlung	20		18 - 24	-1 bis +2	[Schuchmann &

Lagerverfahren	Mindestdauer In h/ Tagen (T)	Max. Lagerdauer in Tagen (T) Monaten (M)	Spanne	Temperatur in °C	Quelle
					Schuchmann, 2005]
Tiefkühlung					

3.5 Prozess Verarbeitung

3.5.1 Allgemeine Annahmen

Der Prozess Verarbeitung besteht aus der Schlachtung und Zerlegung der Tiere. Die Verarbeitung von Fleisch wird unterteilt in Schlachtung, Grob- und Feinzerlegung und Portionieren in großküchengerechte Verarbeitungsmengen.

Tabelle 3-41: Gesamtverbrauch spezifische Energie Verarbeitung Fleisch

Gesamtverbrauch spezifische Energie Verarbeitung Fleisch			
	Einheit	**Wert**	**Quelle und Bemerkungen**
Wärme			
Gas	kWh/Schlachteinheit	11,4	1 Schlachteinheit = 4 Schweine /1 Rind [Westfleisch, 2009]
Heizöl			
Strom	kWh/Schlachteinheit	10,8	1 Schlachteinheit = 4 Schweine /1 Rind [Westfleisch, 2009]
Gesamt	kWh/Schlachteinheit	22,2	1 Schlachteinheit = 4 Schweine /1 Rind [Westfleisch, 2009]
	kWh/kg Fleisch	1,2	[Taylor, 2000]

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 desjeweiligen 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 Module und deren Prozesse sind anhand eines Flussdiagramms dargestellt. Im Flussdiagramm sind die Prozesse Landwirtschaft, Handel und Verarbeitung dargestellt.

Die Gesamtemissionen der konventionellen Schweinefleischproduktion betragen 6,10 kg CO_2 pro Kilogramm Schweinefleisch. In der biologischen Produktion betragen die Gesamtemissionen 4,89 kg CO_2 pro Kilogramm Schweinefleisch.

CO_2 Emissionen von 1 kg konventionell produziertem Schweinefleisch; Herkunft: Deutschland (Region Düsseldorf), Ziel: Österreich (Wien)

Die Abbildung 4-1 zeigt im Flussdiagramm die Anteile der jeweiligen Prozesse an den gesamten CO_2 Emissionen für konventionell produziertes Schweinefleisch. Im Prozess Landwirtschaft sind das Futtermittel (79 %) und das Düngermanagement (14 %) ausschlaggebend für die Höhe der gesamten CO_2 Emissionen. Das Futtermittel beinhaltet die Bereitstellung von Energie- und Eiweißfutter. Die Bereitstellung der Futtermittel beinhaltet den Anbau der Futtermittel, d.h. es werden Maschineneinsatz, der Einsatz von Saatgut, Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln und der Transport der Rohstoffe berücksichtigt. Beim Futtermittel fallen die meisten Emissionen durch die Bereitstellung der Menge an Eiweißfutter (=Soja) an. Berücksichtigt sind die landwirtschaftliche Produktion der Sojabohne in Brasilien und der Transport aus Brasilien nach Österreich. Als Energielieferant dient Mais.

Land Use Change (Landnutzungsänderungen): Der Hauptanteil der Emissionen des Eiweißfuttermittels stammt aus der Entwaldung von Flächen für den Anbau der Sojabohne. Durch die Umwandlung von Waldflächen in andere Nutzungsformen, hier in Ackerland für den Anbau der Sojabohne, kommt es zur Freisetzung von Emissionen. Das Potential des tropischen Regenwalds als Kohlenstoffsenke liegt zwischen 0,6 +/- 0,3 Gt C im Jahr [Malhi, 2010]. Die Verarbeitung der Sojabohne zu Sojaschrot ist nicht berücksichtigt.

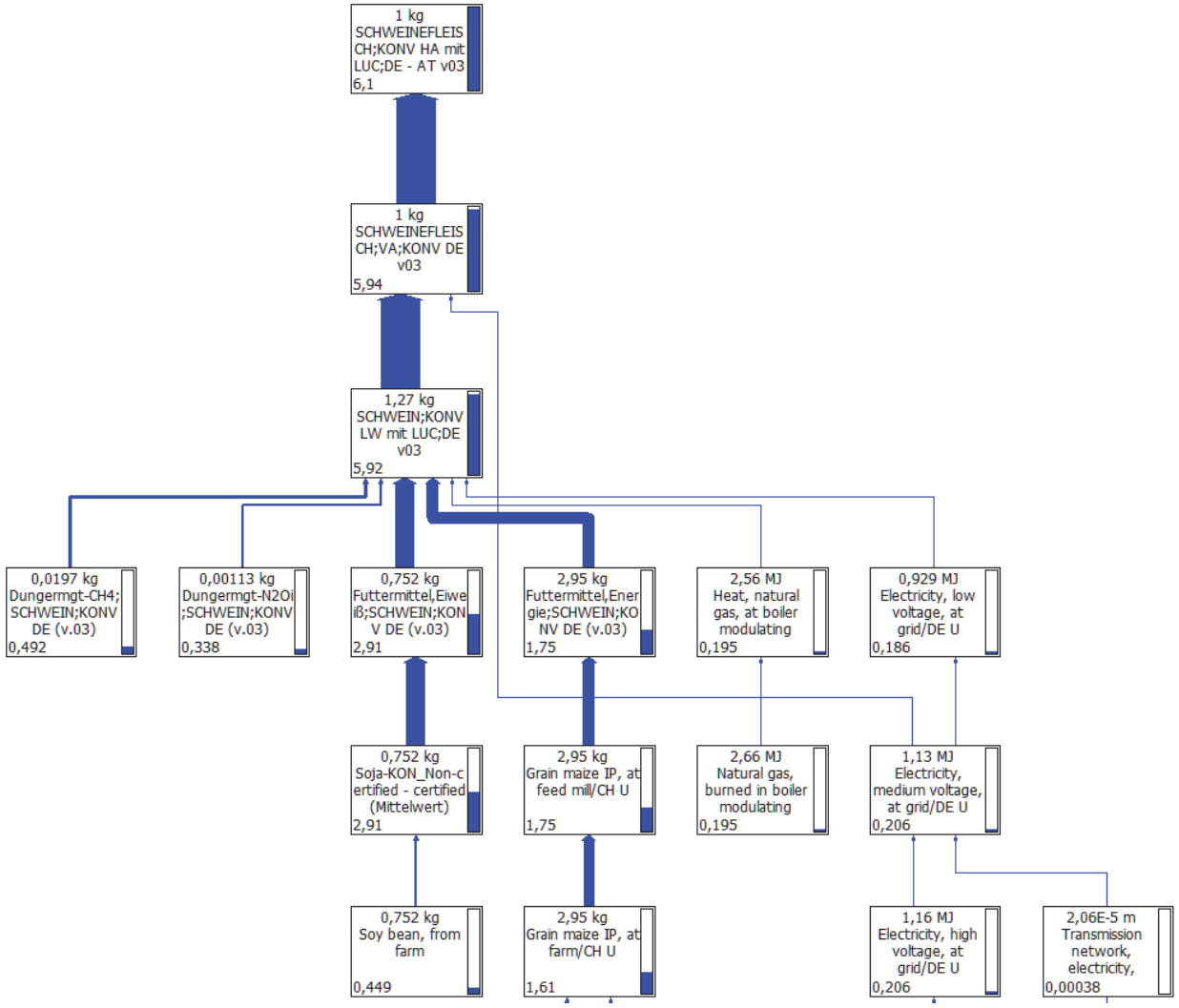

Abbildung 4-1: CO_2 Emissionen von 1 kg konventionell produziertem Schweinefleisch; Herkunft: Deutschland (Region Düsseldorf), Ziel: Österreich (Wien)

Beim Düngermanagement verursachen die Stallhaltung auf Voll –oder Teilspaltenböden und die damit in Verbindung stehende Gülle-wirtschaft Emissionen von Methan und Lachgas, wobei die Methan-Emissionen höher sind.

Der Anteil der Emissionen aus der Verarbeitung ist mit 0,4 % sehr gering. Das Schweinefleisch wird mittels LKW (inkl. Kühlung) vom Haupterzeugungsgebiet Nordrhein-Westfalen (Düsseldorf) nach Österreich transportiert. Der LKW –Transport trägt 2,5 % zu den gesamten CO_2 Emissionen bei.

CO_2 Emissionen von 1 kg biologisch produziertem Schweinefleisch; Herkunft: Deutschland (Region Düsseldorf), Ziel: Österreich (Wien)

Die Abbildung zeigt im Flussdiagramm die Anteile der jeweiligen Prozesse an den gesamten CO_2 -Emissionen für biologisch produziertes Schweinefleisch. Im Prozess Landwirtschaft sind das Futtermittel (59 %) und das Düngermanagement (34 %) ausschlaggebend für die Höhe der gesamten CO_2 Emissionen. Beim Futtermittel fallen die meisten Emissionen durch die Bereitstellung der Menge an Energiefutter (Getreidemischung aus Futterweizen, Triticale, Roggen) an. Als Eiweißlieferant dient Kartoffelprotein. Beim Düngermanagement verursachen die Stallhaltung auf Stroh und die damit in Verbindung stehende Festmistwirtschaft Emissionen von Methan und Lachgas, wobei die Lachgas-Emissionen höher sind.

Der Anteil der Emissionen aus der Verarbeitung ist mit 0,4 % sehr gering. Das Schweinefleisch wird mittels LKW (inkl. Kühlung) vom Haupterzeugungsgebiet Nordrhein-Westfalen (Düsseldorf) nach Österreich transportiert. Der LKW –Transport trägt 3,2 % zu den gesamten CO_2 Emissionen bei.

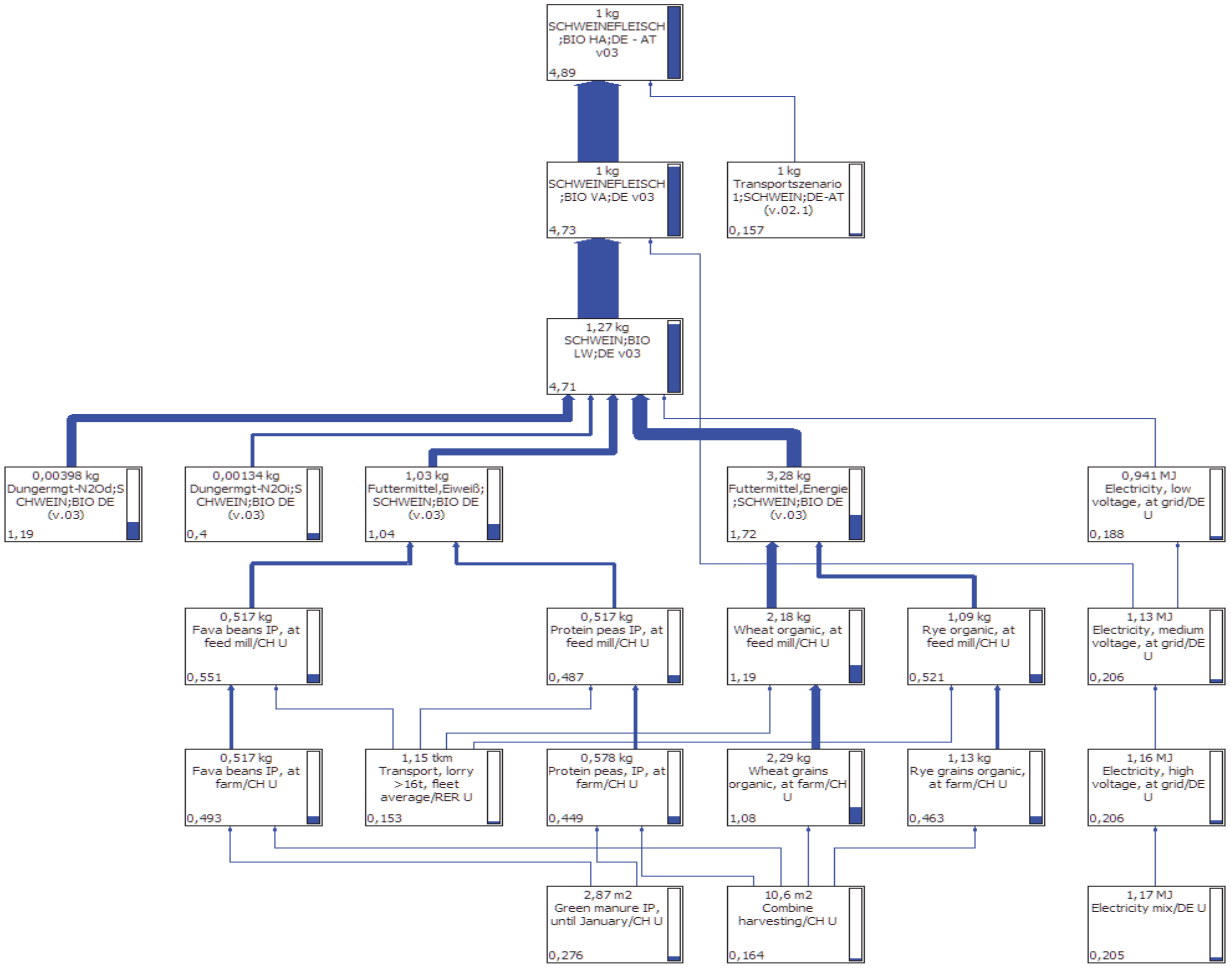

Abbildung 4-2: CO_2 Emissionen von 1 kg biologisch produziertem Schweinefleisch; Herkunft: Deutschland (Region Düsseldorf), Ziel: Österreich (Wien)

Vergleich der CO_2 Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Schweinefleisch; Herkunft: Deutschland (Region Düsseldorf), Ziel: Österreich (Wien)

Biologisch produziertes Schweinefleisch emittiert mit 4,89 kg CO_2 pro kg Schweinefleisch 20 % weniger CO_2 als konventionell produziertes Schweinefleisch mit 6,10 kg CO_2 pro kg.

Bei beiden Produktionsweisen ist der Prozess Landwirtschaft für die Höhe der Gesamtemissionen ausschlaggebend (siehe Abbildung 4-3: *Vergleich der gesamten CO_2 Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Schweinefleisch; Herkunft: Deutschland (Region Düsseldorf), Ziel: Österreich (Wien)*.

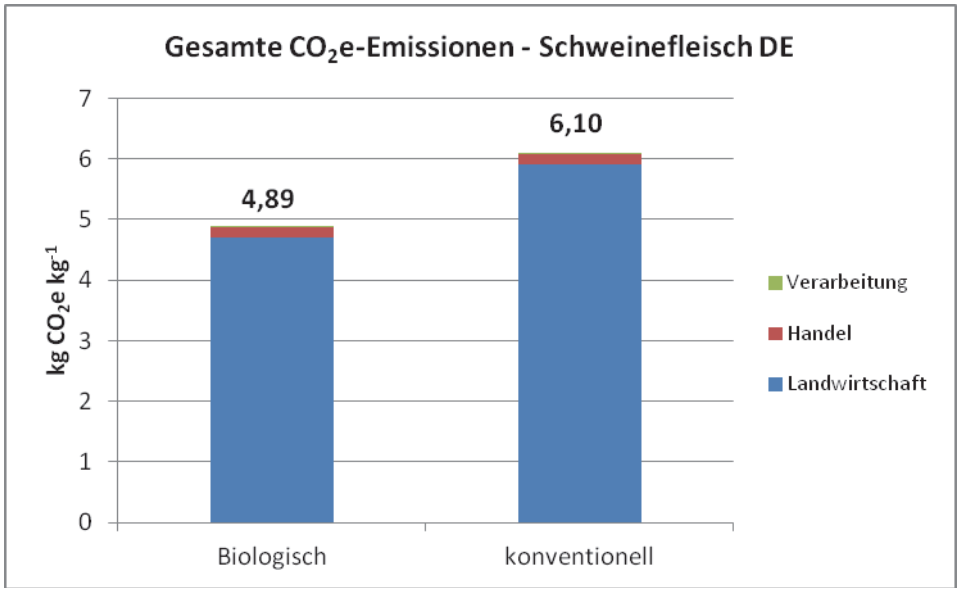

Abbildung 4-3: Vergleich der gesamten CO_2 Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Schweinefleisch; Herkunft: Deutschland (Region Düsseldorf), Ziel: Österreich (Wien)

Im Prozess Landwirtschaft hat in beiden Produktionsweisen das Futtermittel den höchsten Anteil an den Gesamtemissionen. In der konventionellen Produktion fallen beim Futtermittel 76,4 % der Gesamtemissionen an, in der ökologischen Produktion ist das Futtermit-

tel für knapp mehr als die Hälfte der Emissionen verantwortlich (56,4 %). Für den hohen Anteil des Futtermittels an den Gesamtemissionen in der konventionellen Produktion sind vor allem die Emissionen aus der Landnutzungsänderung verantwortlich.
Für die Gesamtemissionen von Bedeutung ist auch das Düngermanagement. In der biologischen Produktion liegt der Anteil des Düngermanagements bei 32,5 % an den Gesamtemissionen. Die Magengärung ist in der Schweinefleischproduktion vernachlässigbar, da die Methanbildung beim Monogaster im Vergleich zum Wiederkäuer sehr gering ist.

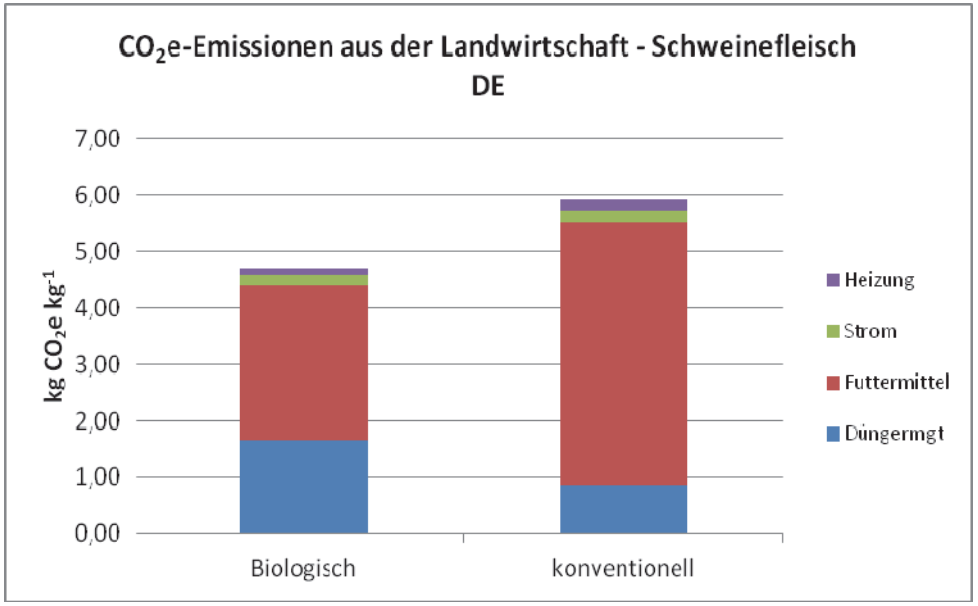

Abbildung 4-4: Vergleich der landwirtschaftlichen CO_2 Emissionen von konventioneller und biologischer Produktion von 1 kg Schweinefleisch; Herkunft: Deutschland (Region Düsseldorf), Ziel: Österreich (Wien)

5 Schlussfolgerungen

In den Berechnungen wird der gesamte Lebenszyklus der Lebensmittel berücksichtigt, von der landwirtschaftlichen Produktion in Deutschland (Region Düsseldorf) bis in die Großküchen nach Österreich (Wien). Darin enthalten sind auch die vorgelagerten Prozesse (z.B. Erzeugung von Futtermittel und Energie), aber auch der Handel, der den Transport die Lagerung (z.B. Kühlung) beinhaltet sowie die Verarbeitung berücksichtigt.

Die Gesamtemissionen von biologisch produziertem Schweinefleisch aus Deutschland betragen 4,89 kg CO_2 pro Kilogramm Schweinefleisch. Konventionell produziertes Schweinefleisch emittiert 20 % mehr Emissionen, das sind insgesamt 6,10 kg CO_2. Der Hauptanteil an den Gesamtemissionen liegt bei beiden Produktionsweisen im Prozess Landwirtschaft mit 96 % biologisch und 97°% konventionell. Der Prozess Handel trägt bei beiden Produktionsweisen etwa 3 % zu den THG-Emissionen bei. Der Prozess Verarbeitung ist mit 0,4°%sehr gering.

- **1°kg biologisch produziertes Schweinefleisch aus Deutschland (Region Düsseldorf) emittiert mit 4,89°kg CO_2 20 % weniger CO_2 als 1°kg konventionell produziertes Schweinefleisch aus derselben Herkunftsregion (6,10°kg CO_2).**
  Die Landwirtschaft ist überwiegend für die Höhe der Emissionen verantwortlich. Dieser hat einen Anteil von 99 % an den gesamten THG-Emissionen in beiden Produktionsweisen. Durch den Transport und die Lagerung von konventionell sowie biologisch produziertem Schweinefleisch werden 0,13 kg CO_2 freigesetzt.

- **Die landwirtschaftliche biologische Produktion von 1°kg Schweinefleisch in Deutschland (Region Düsseldorf) emittiert mit 4,7°kg CO_2 20 % weniger THG-Emissionen als 1°kg konventionell produziertes Schweinefleisch aus derselben Herkunftsregion (5,9°kg CO_2).**
  Die Landwirtschaft ist bei beiden Produktionsweisen verantwortlich für die Höhe der gesamten Emissionen. In der konventionellen Produktion ist das Futtermittel mit einem Anteil von 79 % an den Emissionen im Prozess Landwirtschaft der bedeutendste Prozess.
  Das Düngermanagement hat in der biologischen Produktion mit 35 % einen geringeren Anteil an den gesamten CO_2 Emissionen als das Futtermittel (59 %). Der Energieverbrauch im Stall ist in beiden Produktionsweisen ebenfalls mitentscheidend für die Höhe der Gesamtemissionen (konventionell 0,38 kg CO_2, biologisch 0,30 kg CO_2).

- **Der Transport von 1 kg Schweinefleisch von Deutschland (Region Düsseldorf) nach Österreich (Wien) ist mit 2,5 % (konventionell) bzw. 3,2 % (biologisch) der gesamten freigesetzten Emissionen sehr gering.**
  Durch den Transport von Deutschland (Düsseldorf) nach Österreich (Wien) werden 0,16 kg CO_2 emittiert.

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.

Averberg, U.; Block, C.; Brüggemann, K. (2009) Energieeffizienzverbesserung in der Landwirtschaft. Energietechnik. Hrsg. v. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, L. N.-W.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2010) Basisdaten für die Ermittlung des Düngebedarfs 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.

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.

IPCC (1996) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual Volume 3.

Maerskline (Unbekannt) Maerskline Equipmentguide.

Malhi, Y. (2010) The carbon balance of tropical forest regions, 1990-2005. Oxford University, Environmental Change Institute,

School of Geography and the Environment. Environmental Sustainability. Oxfordshire.

Naturland - Verband für ökologischen Landbau, e. V. (2007) Grundlagen der Schweinehaltung. Gräfelfing. Öko-Beratungs Gesellschaft mbH und Erzeugerring für naturgemäßen Landbau e.V.

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.

Oltmanns, M.; Müller-Lindenlauf, M.; Raupp, J. (2004) Konsequenzen der Mistaufbereitung für die Emission klimarelevanter Gase. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenwissenschaften.

Schuchmann, H.; Schuchmann, H. (2005) Lebensmittelverfahrenstechnik.Rohstoffe, Prozesse, Produkte. Hrsg. v. Wiley-VCH Verlag GmbH und Co KGaA. Weinheim.

SimaPro 7 (2009) Ökobilanzierungsprogramm SimaPro. Amersfoort. product ecology consultants.

Statistik Austria (2009) Schiene - Transportaufkommen und -leistung nach den 10 Kapiteln des NST/R. .

Taylor, C. (2000) Ökologische Bewertung von Ernährungsweisen anhand ausgewählter Indikatoren. Dissertation. Justus-Liebig-Universität. Fachbereicht Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement. Gießen.

Wegener, J.; Lücke, W.; Heinzemann, J. (2006) Potentieller Beitrag der Landwirtschaft zur Verminderung der THG in Deutschland. Georg-August Universität, Institut für Agrartechnik. Agrarwirtschaft. Göttingen.

Weiß, J.; Pabst, W.; Strack, K. E.; Granz, S. (2005) Tierproduktion. Hrsg. v. Verlag Paul Parey. Berlin.

Wenk, C.; Hinterberger, H.; Bracher, A.; Dahinden, M.; Schory, F. (2007) Schweizerische Futtermitteldatenbank. Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Poiseux (ALP), EidgenössischeTechnische Hochschule Zürich (ETH-Z).

Westfleisch, e. (2009) Nachhaltigkeitsbericht 2009. Münster.

Wild, Y. (2004) Statistische Auswertung des E-Verbrauchs von Kühlcontainern auf fahrenden Schiffen. STG-Sprechtag Kühlcontainer. Hamburg. Dr.-Ing. Yves Wild Ingenierbüro GmbH.

Wrage, N. (2009) Grünland als Quelle und Senke für N2O. Futterbau und Klimawandel - Grünlandbewirtschaftung als Quelle und Senke für Treibhausgase. Kleve. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. 47-52.