

CO₂ Bilanz von Mastschweinen der Marke *Berger REGIONAL OPTIMAL* verglichen mit einem Szenario mit einer Fütterung von Sojafuttermitteln aus Übersee

FiBL Österreich

Georg Zamecnik M.Sc., Dipl.-Ing. Stefan Schweiger, Dr. Stefan
Hörtenhuber

Mai 2022

Impressum

Auftraggeber

Fleischwaren Berger Ges.m.b.H. & Co KG

A-3443 Sieghartskirchen, Koglerstraße 8

FN: FN152245s

UID-Nr: ATU 41161602

<https://www.berger-schinken.at>

Auftragnehmer

Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL Österreich)

Doblhoffgasse 7/10

A-1010 Wien

Diese Studie wurde im Auftrag des Auftraggebers durchgeführt. Die Auftragnehmer sind für den Inhalt verantwortlich, der in ständiger Absprache mit dem Auftraggeber entwickelt wurde.

Vielen Dank an Fleischwaren Berger und die Zulieferbetriebe für die zur Verfügung Stellung von Primärdaten und die enge Kooperation.

Auf Wunsch des Auftraggebers, wurde diese Studie einem externen Critical Review unterzogen. Der Review wurde durchgeführt von Iris Kral, denkstatt GmbH; Hietzinger Hauptstraße 28, 1130 Wien.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
1. Methodik	6
1.1 Ziel	6
1.2 Methodik, Systemgrenzen und funktionelle Einheit.....	6
1.3 Auswahl der erhobenen Betriebe	7
1.4 Datenerhebung.....	8
1.5 Methodische Vorgehensweise	9
2. Datenbasis	9
2.1 Futtermittel.....	10
2.1.1 Ferkelaufzucht	10
2.1.2 Futtermittel Mast.....	12
2.1.3 Emissionen der am Betrieb erzeugten Futtermittel	16
2.1.4 Mais.....	19
2.1.5 Sojakomponente.....	20
2.1.6 Verwendete Futtermittel-Datensätze	21
2.2 Stallemissionen.....	23
2.2.1 Stallemissionen Aufzucht	24
2.2.2 Stallemissionen Mast	24
2.3 Strom	25
2.4 Transporte, Schlachtung, Einstreu	25
3. Ergebnisse	26
3.1 Überblick.....	26
3.2 Futtermittel.....	29
3.3 Ferkelaufzucht.....	30
3.4 Stallemissionen.....	31
4. Szenario: Fütterung mit Übersee-Soja	32
5. Diskussion	35
6. Unsicherheitsanalysen	37
7. Literatur	38

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1 – SYSTEMDIAGRAMM VOM UNTERSUCHUNGSRAHMEN DER REGIONAL OPTIMAL BETRIEBE.....	7
ABBILDUNG 2 – THG-EMISSIONEN DER 4 SCHICHTEN UND MITTELWERT IN KG CO ₂ -EQ / KG SG	28
ABBILDUNG 3 – VERTEILUNG DER DURCHSCHNITTLICHEN THG-EMISSIONEN IN %	28
ABBILDUNG 4 – DURCHSCHNITTLICHE THG-EMISSIONEN IN KG CO ₂ -EQ / KG SG VON BERGER REGIONAL OPTIMAL U. ÜBERSEE-SOJA – SZENARIO IM VERGLEICH. FEHLERBALKEN: MIN/MAX-WERTE DER 4 SCHICHTEN.....	33
ABBILDUNG 5 – THG-EMISSIONEN BEI FÜTTERUNG MIT ÜBERSEE-SOJA IN %.....	34

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: ZUSAMMENSETZUNG DER GESCHICHTETEN STICHPROBE	8
TABELLE 2 - KG FUTTER FÜR ZUCHTSAU / FERKEL / JAHR	11
TABELLE 3 – KG FUTTER FÜR FERKEL PRO KG LEBENDMASSE ZU MASTBEGINN	11
TABELLE 4 – KG FUTTERMITTEL FÜR DIE FERKELAUFZUCHT PRO KG SCHLACHTGEWICHT	12
TABELLE 5 – KG FUTTERMITTEL FÜR DIE MASTSTUFE PRO KG SCHLACHTGEWICHT.....	13
TABELLE 6 - EINZELKOMPONENTEN DES KONZENTRATFUTTERS IN KG /KG SCHLACHTGEWICHT	14
TABELLE 7 - FUTTERMITTELRATION MASTSTUFE INKL. EINZELKOMPONENTEN DER KONZENTRATMISCHUNGEN	16
TABELLE 8 – DARSTELLUNG DER DATENSATZANPASSUNGEN FÜR DIE AM BETRIEB ANGEBAUTEN FUTTERMITTEL.....	19
TABELLE 9 – ÜBERSICHT ÜBER ALLE VERWENDETEN FUTTERMITTEL-DATENSÄTZE	23
TABELLE 10 – DURCHSCHNITTLICHE PARAMETER DER WIRTSCHAFTSDÜNGER-LAGERUNG VON SCHICHT A-D	23
TABELLE 11 – STALLEMISSIONEN DER FERKELAUFZUCHT.....	24
TABELLE 12 – STALLEMISSIONEN DER SCHWEINEMAST	24
TABELLE 13 – STROMVERBRAUCH DER BETRIEBE.....	25
TABELLE 14 – TREIBHAUSGASEMISSIONEN DER EINZELNEN PROZESSE IN KG CO ₂ -EQ / KG SCHLACHTGEWICHT	27
TABELLE 15 – THG-EMISSIONEN DER MASTFUTTERMITTEL IN KG CO ₂ -EQ / KG SCHLACHTGEWICHT	29
TABELLE 16 – THG-EMISSIONEN DER FERKELAUFZUCHT IN KG CO ₂ -EQ / KG SG	31
TABELLE 17 – STALLEMISSIONEN IN KG CO ₂ -EQ / KG SG	31
TABELLE 18 - 95% KONFIDENZINTERVALL FÜR BERGER REGIONAL OPTIMAL, FÜR ALLE 4 SCHICHTEN ALS AUCH DIE JEWEILIGEN VERGLEICHSSCHICHTEN, FÜR 1KG SCHLACHTGEWICHT	37

Zusammenfassung

Ziel der Studie war es die CO₂-Bilanz von Schweinefleisch des Regionalprogramms „*Regional Optimal*“ (ausschließliche Fütterung von europäischem Soja) von Fleischwaren Berger zu ermitteln und mit den Treibhausgasemissionen von einem Szenario mit einer, in der konventionellen Schweinemast in Österreich üblichen, Fütterung von Übersee-Soja vergleichen.

Die CO₂-Bilanz wurde mittels der Methode der Lebenszyklusanalyse durchgeführt und orientiert sich eng an den internationalen Ökobilanzierungsrichtlinien (ISO 14040 und 14044). Die CO₂-Bilanz umfasst die vorgelagerten Treibhausgasemissionen aus der Aufzucht, die Urproduktion der Grund- und Kraftfuttermittel inkl. den vorgelagerten Prozessen. Der Untersuchungsrahmen endet mit dem Prozess der Schlachtung.

Die wichtigsten Ergebnisse sind:

- Die Summe der Treibhausgasemissionen der bilanzierten *Regional Optimal Betriebe* mit Fütterung von europäischem Soja beträgt im Mittel 2,43 kg CO₂-eq / kg Schlachtgewicht
- Die Summe der Treibhausgasemissionen des Alternativszenarios mit einer angenommenen Fütterung von Soja aus Übersee beträgt im Mittel 3,46 kg CO₂-eq / kg Schlachtgewicht
- Ausschlaggebend für die höheren Emissionen im Alternativszenario sind vor allem die CO₂-eq-Emissionen welche durch Landnutzungsänderungen beim Sojaanbau in Brasilien verursacht werden. Diese betragen beim durchschnittlichen Sojaanteil (0,58 kg) in der Ration 0,86 kg CO₂-eq pro kg Schlachtgewicht und sind damit rund sieben Mal so hoch wie beim europäischen Sojaschrotmix der Ölmühle Güssing (0,12 kg CO₂-eq / kg Schlachtgewicht)
- Die Treibhausgasemissionen der bilanzierten *Regional Optimal Betriebe* sind in allen Fällen signifikant niedriger als beim Alternativszenario: Im Mittel beträgt die Differenz rund 30%

I. Methodik

I.1 Ziel

Ziel der vorliegenden Studie ist es Schweinefleisch der Marke „*Regional Optimal*“ der Fleischwaren Berger Ges.m.b.H. & Co KG hinsichtlich der Treibhausgasemissionen entlang der Wertschöpfungskette von der Landwirtschaft mit seinen Vorketten bis zum zerlegten Schwein am Schlachthof zu analysieren.

Die Ergebnisse werden anschließend einem Vergleichs-Szenario gegenübergestellt (basierend auf den Durchschnittswerten der in dieser Studie untersuchten „*Berger Regional Optimal*“ Betriebe), in welchem die Sojakomponente, wie in der konventionellen Mast in Österreich üblich, aus Übersee (50% Brasilien, 50% aus den USA) stammt (Annahme auf Basis div. pers. Gespräche, mit Stakeholdern der heimischen Schweinemast, Februar/März 2022).

Die Schweinefütterung beim Markenprogramm „*Berger Regional Optimal*“ erfolgt im Gegensatz zur typischen konventionellen Schweinemast in Österreich ohne den Einsatz von Überseesoja. Dadurch wird ein Vorteil des Carbon Footprint erwartet, dessen Höhe in der vorliegenden Studie quantifiziert werden soll.

I.2 Methodik, Systemgrenzen und funktionelle Einheit

Der CO₂-Fußabdruck (Carbon Footprint) orientiert sich eng an den internationalen Ökobilanzierungsrichtlinien (ISO-Richtlinien 14040 und 14044). Es wurden Stoff- und Energieflüsse über die gesamte Wertschöpfungskette bilanziert. Von der Urproduktion der Grund- und Kraftfuttermittel inkl. vorgelagerten Prozessen (Treibstoff-, Produktionsmittel- und Energiebedarf, etc.), über die Aufzucht und Mast der Tiere, Transport der Tiere bis zum Schlachthof und der dortigen Schlachtung (siehe auch Systemdiagramm in Abbildung 1). Auf Basis der betrachteten Systemgrenzen wurden die Treibhausgasemissionen für die funktionelle Einheit **1 Kilogramm Schlachtgewicht (SG)** betrachtet. Zur Berechnung der CO₂-eq Emissionen wurde die Methode IPCC GWP 2013 100a V1.03 (IPCC, 2013) verwendet. Für die Zuteilung von

Umweltwirkungen auf zwei oder mehrere Produkte aus einem Prozess wurden die in den verwendeten Datensätzen hinterlegten Allokationsverfahren, primär ökonomische Allokation, herangezogen.¹

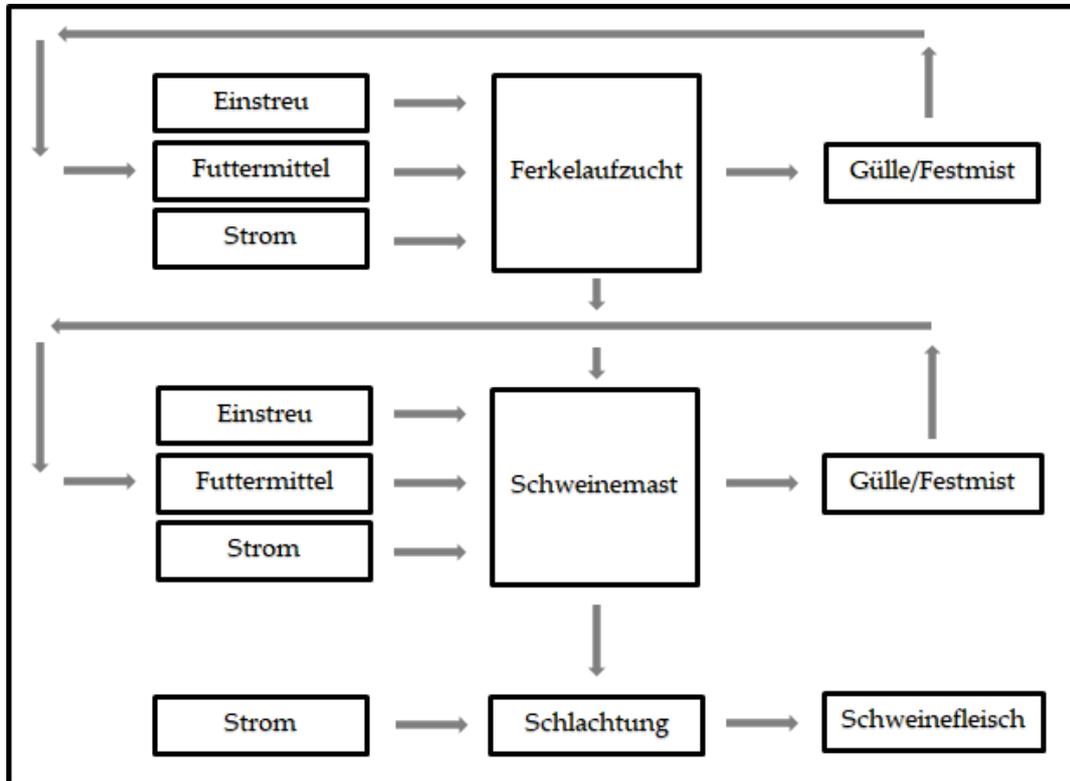


Abbildung 1 – Systemdiagramm vom Untersuchungsrahmen der Regional Optimal Betriebe

1.3 Auswahl der erhobenen Betriebe

Um belastbare Aussagen über die Treibhausgasemissionen des Markenprogramms „Berger Regional Optimal“ treffen zu können, wurde eine repräsentative Anzahl an zu untersuchenden Betrieben (mindestens 33%, $n \geq 13$) festgelegt. Die Grundgesamtheit aller Schweinemastbetriebe des Markenprogramms zum Zeitpunkt der Untersuchung ($n=38$) wurde in vier Schichten (A, B, C, D) unterteilt die folgenden Kriterien entsprechen: Geschlossene Betriebe (= Mast- und Zuchtstufe) mit weniger als 650 Mastplätzen (Schicht A), geschlossene Betriebe mit mehr als 650 Mastplätzen

¹ Als Beispiel kann die Aufteilung von Umweltwirkungen der ca. 1,2 kg Sojabohnen auf die Produkte Öl (ca. 0,2 kg) und Sojaextraktionsschrot (ca. 1 kg) genannt werden. Aufgrund der wirtschaftlichen Zuteilung der für Sojabohnen untrennbaren Produkte Öl und Schrot bekommt das Extraktionsschrot vergleichsweise höhere Emissionen als das Öl.

² Der Wert 650 entspricht dem ermittelten Median der Mastplätze aller Schweinemastbetriebe von „Berger Regional Optimal“

(Schicht B), reine Mastbetriebe (= ohne Zuchtstufe) mit weniger als 650 Mastplätzen (Schicht C), reine Mastbetriebe mit mehr als 650 Mastplätzen (Schicht D). Innerhalb der Grundgesamtheit der vier Schichten wurden die Betriebe gereiht und 33% der jeweiligen Schicht zufällig ausgewählt. Gezogene Betriebe, die bei der Datenerhebung nicht teilnehmen wollten, wurden durch Betriebe derselben Schicht entsprechend der Reihung (von oben nach unten) ergänzt. Aus diesem Vorgehen ergibt sich folgendes Stichproben-Größenverhältnis:

Schicht	A	B	C	D
Kriterium	Geschlossener Betrieb, Mastplätze < 650	Geschlossener Betrieb, Mastplätze > 650	Reiner Mast-Betrieb, Mastplätze < 650	Reiner Mast-Betrieb, Mastplätze > 650
Grundgesamtheit	6	1	20	11
Anzahl Betriebe pro Schicht ³	1	1	9	4

Tabelle 1: Zusammensetzung der geschichteten Stichprobe

Von rund 5300 Tonnen (Schlachtgewicht, warm) die bei *Berger Regional Optimal* jährlich durch die Grundgesamtheit aller 38 Betriebe bezogen wird, konnten nach der Betriebsauswahl mittels Primärdaten 1840 Tonnen (Schlachtgewicht, warm) abgedeckt werden. Das entspricht ca. 35% der zugekauften Fleischmenge.

1.4 Datenerhebung

Für die Primärdatenerhebung stellte das FiBL den im Zuge der geschichteten Stichprobenziehung ermittelten 15 Zuliefer-Betrieben und der Firma *Berger* (für die nachgelagerten Prozesse) Fragebögen mit den für die Treibhausgasbilanz relevanten Parametern zur Verfügung. Die Primärdaten umfassen folgende Bereiche:

³ Für Schicht A konnte nur 1 Betrieb (statt 2) für die Datenerhebung gewonnen werden, für Schicht C konnten 3 Betriebe mehr als erforderlich gewonnen werden, Schicht B und D entsprechen exakt dem gewünschten Minimum von 33% der Grundgesamtheit ihrer Schicht

- Tierische Leistungen und Fütterung, Energieverbrauch für Tierhaltung und Futterbereitstellung und Wirtschaftsdüngersystem
- Hofeigene Futtermittelproduktion
- Energieverbrauch Schlachtung, Nachgelagerte Transporte

Damit konnten exakte Lebenszyklusinventare für die zuliefernden Mastbetriebe und die hofeigene Futtermittelproduktion erstellt werden. Wo keine Primärdaten zur Verfügung standen, z.B. für die Produktion der zugekauften Mineraldünger wurde auf bestehende peer-reviewed Wissenschaftsliteratur, Statistikdaten und bestehende Ökobilanz-Datensätze aus Ecoinvent 3.8 (Wernet et al., 2016), Agribalyse 3.0 (Asselin-Balençon et al., 2020) und Agri-Footprint 5.0 (Van Paassen et al., 2019) zurückgegriffen.

1.5 Methodische Vorgehensweise

Anhand der Primärdaten und punktueller Modellierungen wurde für jeden untersuchten Betrieb ein Lebenszyklus-Inventar erstellt, das sich u.a. aus Futtermittelration, Energieverbrauch u. Stallemissionen zusammensetzt. Zur Vereinfachung der weiteren Berechnungsschritte wurden für alle Betriebe innerhalb einer Schicht die Mittelwerte gebildet. Diese Inventar-Mittelwerte der Schichten A, B, C und D wurden als Datensätze in der Ökobilanzsoftware SimaPro 9.3 (PRé Sustainability B.V, 2021) angelegt und deren CO₂-eq-Werte berechnet. Die durchschnittliche Treibhausgasbilanz dieser vier Schichten (arithmetisches Mittel) stellt das Ergebnis der Treibhausgasberechnung von „*Berger Regional Optimal*“ dar und bildet zugleich die Grundlage für das Alternativszenario mit Verfütterung von Überseesoja. Das Inventar des Vergleichsszenarios entspricht grundsätzlich 1:1 dem Durchschnitt der *Berger Regional Optimal* Betriebe. Lediglich die durchschnittlich verfütterte Menge an europäischem Sojaschrot in der Ration, wird durch dieselbe Menge an Sojaschrot aus Übersee ersetzt.

2. Datenbasis

Folgend ist die Datengrundlage beschrieben, die der Berechnung der Treibhausgasemissionen zugrunde liegt. Zwei der 15 erhobenen Betriebe (= Schicht A & B) betreiben neben der Mast auch eine Ferkelaufzucht. Für diesen Abschnitt der Wertschöpfungskette (Zuchtstufe) wurde von diesen

beiden Betrieben ein eigener Fragebogen ausgefüllt. Die Berechnung des Abschnitts Ferkelaufzucht von Schicht A u. B basiert daher weitgehend auf Primärdaten. Für die Berücksichtigung der Ferkelaufzucht in Schicht C & D wurden die Daten anhand der Mittelwerte der relevanten Parameter von Schicht A u. B modelliert.

2.1 Futtermittel

2.1.1 Ferkelaufzucht

Die Rationszusammensetzung in % für Mastsauen (laktierend, leerstehend u. tragend) und Ferkel konnten mit Hilfe der Fragebögen erhoben werden. Da von den Ferkelzüchtern keine genauen Angaben zur Aufteilung des Futtermittels auf Zuchtsauen und Ferkel gemacht werden konnten, wurde der tägliche Futterbedarf von Zuchtsauen und Ferkeln anhand von Durchschnittswerten nach DLG (2014) und Agroscope (s.a.) wie in Ruckli et al. (2021) modelliert und auf die jeweiligen Rations-Angaben angewendet. Für die Mastsauen wurden die verwendeten Futtermittel anschließend in kg je abgesetztes Ferkel / Jahr bestimmt (siehe Tabelle 2).

Futtermittel in kg	Schicht A (durchschn. Ferkel / Jahr: 24)	Schicht B (durchschn. Ferkel / Jahr: 29,5)	Schicht C & D⁴
CCM ⁵ Eigenanbau	0,00	21,52	10,76
Mais Eigenanbau	11,67	0,00	5,84
Gerste Eigenanbau	23,81	9,80	16,80
Weizen Eigenanbau	6,07	0,00	3,03
Sojaschrot Zukauf	3,73	4,82	4,28
„Supramin“	0,00	3,86	1,93
Leinschrot Zukauf	1,40	0,00	0,70
Zusätze (Hefe, Faserquell, „Wirkstoff“)	0,00	0,62	0,31

⁴ = Mittelwert von Schicht A und B

⁵ Corn Cob Mix

Gesamt	46,68	40,61	43,65
---------------	--------------	--------------	--------------

Tabelle 2 - kg Futter für Zuchtsau / Ferkel / Jahr

Zur besseren Anwendung der Werte auf die Betriebe in Schicht C & D wurden die Futtermittel für die Ferkel je Durchschnittsgewicht der Ferkel in kg zu Mastbeginn bestimmt (siehe Tabelle 3) und in weiterer Folge mit dem tatsächlichen Gewicht in kg zu Mastbeginn am jeweiligen Betrieb multipliziert.

Futtermittel in kg	Schicht A (Durchschnitts- Gewicht zu Mastbeginn: 27,5 kg)	Schicht B (Durchschnitts- Gewicht zu Mastbeginn: 52,5 kg)	Schicht C & D⁶ (Durchschnitts- Gewicht zu Mastbeginn: 30 kg)
Mais Eigenanbau	0,62	0,44	0,53
Gerste Eigenanbau	0,73	1,21	0,97
Weizen Eigenanbau	0,09	0,00	0,05
Sojaschrot Zukauf	0,20	0,37	0,29
Leinschrot Zukauf	0,00	0,09	0,04
Zusätze (Hefe, Faserquell, „Wirkstoff“)	0,00	0,09	0,04
Absetzkonzentrat	0,18	0,00	0,09
Gesamt	1,83	2,19	2,01

Tabelle 3 – kg Futter für Ferkel pro kg Lebendmasse zu Mastbeginn

Unter Berücksichtigung der Funktionellen Einheit von 1 kg Schlachtgewicht (SG) ergibt sich für den Abschnitt Ferkelaufzucht folgende Futtermittelzusammensetzung (Tabelle 4):

⁶ = Mittelwert von Schicht A und B

Futtermittel Zuchtstufe in kg / kg SG	Schicht A	Schicht B ⁷	Schicht C	Schicht D	Mittelwert	In %
CCM Eigenanbau	0,00	0,22	0,11	0,11	0,11	9,26%
Körnermais Eigenanbau	0,31	0,23	0,22	0,23	0,25	20,89%
Gerste Eigenanbau	0,47	0,74	0,47	0,47	0,54	45,49%
Weizen Eigenanbau	0,09	0,00	0,05	0,05	0,05	3,86%
Soja Zukauf	0,10	0,25	0,13	0,13	0,15	12,91%
Leinschrot Zukauf	0,00	0,05	0,01	0,01	0,02	1,71%
Supramin	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34%
Zusätze (Hefe, Faserquell, Wirkstoff)	0,00	0,09	0,03	0,03	0,04	3,21%
Absetzkonzentrat	0,05	0,00	0,03	0,03	0,03	2,34%
Gesamt	1,04	1,58	1,07	1,06	1,19	100,00%

Tabelle 4 – kg Futtermittel für die Ferkelaufzucht pro kg Schlachtgewicht

Pro Kilogramm Schlachtgewicht werden in der Aufzuchtphase im Mittel 1,19 kg Futtermittel verfüttert. Die Komponenten „Zusätze“, „Supramin“ und „Absetzkonzentrat“ wurden zwecks Vereinfachung und hinsichtlich des geringen Masseanteils in der Gesamtration bei der Bilanzierung zusammengefasst und mit einem Datensatz für Nutztier-Vitamine berücksichtigt (*Vitamin, animal feed, at retailer gate/FR, Agribalyse 3.0*)

2.1.2 Futtermittel Mast

Anhand der ausgewerteten Fragebögen wurden die Futtermittel der *Berger Regional Optimal* Mastbetriebe erhoben. Pro Kilogramm Schlachtgewicht werden in der Mastphase im Mittel 2,59 kg Futtermittel verfüttert. Die durchschnittliche Ration der vier Schichten setzt sich dabei wie folgt zusammen (Tabelle 5):

Futtermittel in kg	Schicht t A	Schicht t B	Schicht t C	Schicht t D	Mittelwert t	In %
Maiskornsilage Eigenanbau	0,00	0,00	0,49	0,57	0,27	10,28%

⁷ Der vergleichsweise hohe Futtermittelbedarf der Zuchtstufe in Schicht B (n=1), ergibt sich aus dem späten Übergang in die Mastphase dieser Schicht. Während Ferkel üblicherweise mit ca. 30 kg von der Zucht- zur Maststufe wechseln, geschieht das bei Schicht B erst mit rund 52 kg.

Körnermais Eigenanbau	2,13	0,21	0,95	0,74	1,01	39,03%
Körnermais Zukauf (Region)	0,00	0,00	0,00	0,21	0,05	1,98%
CCM Eigenanbau	0,00	1,06	0,24	0,00	0,33	12,61%
Rapsschrot Zukauf (Region)	0,00	0,00	0,02	0,15	0,04	3,32%
Weizenkleie Zukauf (Region)	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,99%
Sojaöl (Güssing)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11%
Gerste Eigenanbau	0,00	0,42	0,15	0,18	0,19	7,32%
Gerste Zukauf	0,00	0,00	0,00	0,05	0,01	0,61%
Weizen Eigenanbau	0,00	0,00	0,15	0,15	0,08	2,89%
Triticale Eigenanbau	0,00	0,00	0,10	0,03	0,03	1,25%
Hafer Zukauf	0,00	0,00	0,00	0,06	0,02	0,58%
Mineralstoff	0,00	0,00	0,01	0,08	0,02	0,86%
Sojaschrot (Güssing)	0,71	0,32	0,12	0,22	0,34	16,22%
Trockenschlemp e	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,14%
Futtermischung Konzentrat	0,00	0,00	0,61	0,16	0,19	7,50%
Gesamt	2,84	2,02	2,85	2,63	2,58	100,00 %

Tabelle 5 – kg Futtermittel für die Maststufe pro kg Schlachtgewicht

Bei mehr als der Hälfte der untersuchten Mastbetriebe (9) enthält die Futtermischung zugekaufte Konzentrat-Futtermischungen (Anteil im Durchschnitt ca. 7,5 % der Gesamtration). Die exakte Rezeptur solcher Futtermischungen allerdings ist ein von den Produzenten gut gehütetes Geheimnis. Mit den quantitativen Angaben zu Energiegehalt (MJ) und

Rohproteingehalt und den qualitativen Angaben (absteigende Reihenfolge der eingesetzten Einzelfuttermittel) auf den Deklarations Scheinen konnten für jede Mischung die eingesetzten Mengen der Einzelfuttermittel und die Emissionen der gesamten Rezeptur modelliert werden. Die Rohprotein- und Energiegehalte der Einzelfuttermittel wurden von DLG (2014) und Agroscope (s.a.) übernommen (siehe Tabelle 6).

Komponenten Konzentratfutter in kg	Schicht t A	Schicht t B	Schicht t C	Schicht t D	Mittelwe rt	In %
Sojaschrot	0,00	0,00	0,23	0,08	0,08	39,90%
Rapsschrot	0,00	0,00	0,14	0,03	0,04	22,70%
Sonnenblumenschrot	0,00	0,00	0,04	0,03	0,02	8,78%
Weizen	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	3,88%
Gerste	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	1,62%
Maiskleber	0,00	0,00	0,04	0,01	0,01	6,38%
Weizenkleie	0,00	0,00	0,07	0,01	0,02	10,06%
Calciumcarbonat	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	2,89%
NaCl	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	1,00%
Monocalciumphosphat (MCP)	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	1,00%
Öl	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	1,00%
Rübetrockenschnitzel	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,79%
Gesamt	0,00	0,00	0,61	0,16	0,19	100,00 %

Tabelle 6 - Einzelkomponenten des Konzentratfutters in kg /kg Schlachtgewicht

Anschließend wurden die Einzelkomponenten dieser modellierten Rezepturen zur Gesamtration der jeweiligen Betriebe (in Abhängigkeit von Typ und Masse des verwendeten Konzentratfutters) dazugerechnet (siehe Tabelle 7). Bei den Einzelkomponenten der Konzentratfuttermischungen wurde angenommen, dass sie aus regionaler Produktion stammen (Distanz = 75 km). Den (europäischen) Sojakomponenten der Mischungen wird, aus

Mangel an genaueren Informationen, derselbe Herkunftsmix wie aus der Ölmühle Güssing (50% Ungarn, 30% Österreich, 20% Kroatien), unterstellt.

Futtermittel in kg	Schicht A	Schicht B	Schicht C	Schicht D	Durchschn. Anteil an Gesamtration in %
Maiskornsilage Eigenanbau (MKS)	0,00	0,00	0,49	0,57	10,28%
Körnermais Eigenanbau	2,13	0,21	0,95	0,74	39,03%
Körnermais Zukauf (Region)	0,00	0,00	0,00	0,21	1,98%
CCM Eigenanbau	0,00	1,06	0,24	0,00	12,61%
Rapsschrot Zukauf	0,00	0,00	0,16	0,18	3,32%
Weizenkleie Zukauf	0,00	0,00	0,08	0,02	0,99%
Sojaöl Zukauf	0,00	0,00	0,01	0,00	0,11%
Gerste Eigenanbau	0,00	0,42	0,15	0,18	7,32%
Gerste Zukauf	0,00	0,00	0,01	0,05	0,61%
Weizen Eigenanbau	0,00	0,00	0,15	0,15	2,89%
Triticale Eigenanbau	0,00	0,00	0,10	0,03	1,25%
Hafer Zukauf	0,00	0,00	0,00	0,06	0,58%
Mineralstoff	0,00	0,00	0,01	0,08	0,86%
Sojaschrot (Güssing) Zukauf	0,71	0,32	0,35	0,29	16,22%
Trockenschlempe Zukauf	0,00	0,00	0,00	0,01	0,14%
Sonnenblumenschrot Zukauf	0,00	0,00	0,04	0,03	0,65%
Weizen Zukauf	0,00	0,00	0,03	0,00	0,29%
Maiskleber Zukauf	0,00	0,00	0,04	0,01	0,47%
Calciumcarbonat	0,00	0,00	0,02	0,00	0,21%
NaCl	0,00	0,00	0,01	0,00	0,07%

MCP	0,00	0,00	0,01	0,00	0,07%
Rübetrockenschnitzel	0,00	0,00	0,01	0,00	0,06%
Total	2,84	2,02	2,85	2,63	100,00%

Tabelle 7 - Futtermittelration Maststufe inkl. Einzelkomponenten der Konzentratmischungen

Aufgrund des geringen Masseanteils von Rübetrockenschnitzel (0,06%), Sojaöl (0,1%), MCP (0,07%), NaCl (0,07%), Calciumcarbonat (0,21%) und Trockenschlempe (0,14%) an der Gesamtration wurden diese Komponenten von der Bilanzierung ausgeschlossen. Alle anderen Futtermittelkomponenten wurden mitberücksichtigt. Zugekaufte Futtermittel wurden als Regional (Herkunft Österreich, pauschale Transportannahme: 75 km mit dem LKW) angenommen. Wenn verfügbar wurde auf aktuelle Agri-Footprint 5.0 Datensätze für Österreich zurückgegriffen. In Fällen wo keine Datensätze für Österreich verfügbar waren (z.B. Maiskleber), wurde vereinzelt auf Datensätze aus anderen Datenbanken (Agribalyse 3.0, Ecoinvent 3.8) zurückgegriffen (siehe auch Tabelle 9).

2.1.3 Emissionen der am Betrieb erzeugten Futtermittel

Bei den untersuchten Schweinemastbetrieben wird ein großer Teil der Futtermittel direkt am Betrieb angebaut (durchschnittlich 73%). Das betrifft die Futtermittel Mais, Weizen, Gerste und Triticale. Die Emissionen der hofeigenen Produktion wurden auf der Basis von Primärdaten modelliert. Dazu wurde vom FiBL ein Fragebogen mit den für die Treibhausgasbilanz relevanten Produktionsparameter (z.B. Stickstoffdüngung: Art und Menge, durchschnittliche Ernteerträge der letzten 5 Jahre, Einsatz von Pestiziden etc.) zur Verfügung gestellt. Mit Hilfe dieser Primärdaten und einem aus diverser Literatur entwickelten Modells, basierend auf Theurl et al. (2017) wurden die im Zuge der Primärproduktion anfallenden spezifischen Emissionen wie folgt modelliert: Die Berechnungen der direkten Boden-N₂O-Emissionen erfolgten nach den erneuerten IPCC-Richtlinien (Gavrilova et al., 2019). Für die indirekten N₂O-Emissionen des Futteranbaus wurden die Emissionen an Nitrat (NO₃) und Ammoniak (NH₃) sowie Stickoxide (NO_x) wie folgt ermittelt: Die Berechnung der düngungsspezifischen NO₃-Emissionen orientiert sich an Faktoren aus Leclerc et al. (1995), allerdings

(linear) reduziert auf eine maximale NO₃-N-Auswaschung von 30% (statt max. 47% in Leclerc et al., 1995) nach Gavrilova et al. (2019). Anders ausgedrückt wurden die 30% nach IPCC (Gavrilova et al., 2019) als Basis für die NO₃-Auswaschung verwendet, aber ein spezifisches Auswaschungspotenzial der Dünger, differenziert nach unterschiedlichen Gehalten an organisch gebundenen versus mineralisch gelösten und leichter auswaschbaren N-Verbindungen, berücksichtigt, das auf gemessenen Daten beruht. Die Auswaschungs- und Oberflächenabfluss-Raten (leaching & runoff) für mineralische Dünger wurden demnach mit 30 % angesetzt, jene für organische Dünger mit 22 % und jene für Ernterückstände mit 10%.

Die Kalkulation der NH₃- und der NO_x-Emissionen unterscheidet organische von mineralischen Düngern (exklusive Harnstoff, für den es einen separaten NH₃-Emissionsfaktor gibt) nach EMEP/EEA (2016). Die Prozentsätze der unterstellten Verluste betragen in diesem Fall: 16% NH₃-N für Harnstoff, 2% NH₃-N für andere synthetische N-Dünger und 20% für organische Dünger, 4% NO_x-N von organischen Düngern und 0,3% NO_x-N von synthetischen N-Düngern. Alle Emissionsberechnungen berücksichtigten den Stickstoff aus Ernterückständen nach IPCC (Gavrilova et al., 2019).

Zusätzlich wurden anhand der Angaben aus den Fragebögen, die Erträge, der Einsatz von Mineraldüngern (N/P/K) und der Einsatz von Pestiziden, Fungiziden und Herbiziden in den verwendeten Datensätzen (Agri-Footprint 5.0, jeweils für Österreich) angepasst. Die gesammelten Datensatzanpassungen für Weizen, Gerste, Mais und Triticale sind überblicksartig in Tabelle 8 dargestellt.

	Schicht A	Schicht B	Schicht C	Schicht D
Weizen (Ertrag in t TM/ha)	7,00		7,00	8,00
kg NO ₃	203,27	0,00	242,75	202,84
kg NH ₃	17,84	0,00	17,51	30,26
kg NO _x	3,96	0,00	3,60	7,15
kg N ₂ O	2,83	0,00	3,35	3,17
Organischer N-Dünger (kg/ha)	52,00		40,00	112,00

Mineralischer N-Dünger (kg/ha)	78,00		116,7	39,50
Mineralischer P-Dünger (kg/ha)	0,00		18,70	0,00
Mineralischer K-Dünger (kg/ha)	0,00		23,30	0,00
Pestizide / Fungizide (l/ha)	0,00		1,97	1,25
Herbizide (l/ha)	0,15		1,67	2,13
Gerste (Ertrag in t TM/ha)	6,00	10,00	6,30	7,00
kg NO ₃	178,74	269,71	181,58	176,48
kg NH ₃	17,52	27,87	14,54	22,26
kg NO _x	3,96	6,41	3,12	5,20
kg N ₂ O	2,61	3,94	2,52	2,67
Organischer N-Dünger (kg/ha)	54,00	90,00	38,33	78,00
Mineralischer N-Dünger (kg/ha)	66,00	90,00	78,30	42,00
Mineralischer P-Dünger (kg/ha)	0,00	0,00	16,00	0,00
Mineralischer K-Dünger (kg/ha)	0,00	0,00	21,30	0,00
Pestizide / Fungizide (l/ha)	0,00	1,50	0,73	1,25
Herbizide (l/ha)	0,15	3,00	2,00	1,51
Körnermais (Ertrag in t TM/ha)	11,00	17,00	13,10	13,00
kg NO ₃	214,78	286,46	243,61	236,17
kg NH ₃	20,94	27,87	28,85	30,49
kg NO _x	4,77	6,41	6,85	7,15
kg N ₂ O	3,07	3,98	3,63	3,58
Organischer N-Dünger (kg/ha)	65,80	90,00	101,75	108,37
Mineralischer N-Dünger (kg/ha)	74,20	90,00	62,00	52,00
Mineralischer P-Dünger (kg/ha)	0,00	0,00	6,30	0,00
Mineralischer K-Dünger (kg/ha)	0,00	0,00	19,40	0,00

Pestizide / Fungizide (l/ha)	0,00	0,00	0,00	0,00
Herbizide (l/ha)	4,20	4,00	3,23	3,50
Triticale (Ertrag in t TM/ha)			7,50	8,00
kg NO ₃	0,00	0,00	186,50	157,82
kg NH ₃	0,00	0,00	25,84	32,47
kg NO _x	0,00	0,00	6,15	8,04
kg N ₂ O	0,00	0,00	3,14	3,24
Organischer N-Dünger (kg/ha)			91,75	127,50
Mineralischer N-Dünger (kg/ha)			53,30	22,50
Mineralischer P-Dünger (kg/ha)			24,00	0,00
Mineralischer K-Dünger (kg/ha)			30,00	0,00
Pestizide / Fungizide (l/ha)			1,25	0,50
Herbizide (l/ha)			1,13	0,02

Tabelle 8 – Darstellung der Datensatzanpassungen für die am Betrieb angebauten Futtermittel

2.1.4 Mais

Mais hat mit durchschnittlich 64 % den größten Masseanteil aller Futterkomponenten an der Gesamtration und wird in drei Formen verfüttert. Körnermais, Maiskornsilage (MKS, auch Feuchtmals) und „Corn Cob Mix“ (CCM, Feuchtmals inkl. Teile der Maisspindel). Für die Berechnung von Körnermais wurde ein aktueller Datensatz für österreichischen Anbau (*Maize, at farm/AT Economic;_Agrifootprint 5.0*) verwendet. Neben den Anpassungen für den betriebsinternen Anbau (siehe 2.1.3) wurde zusätzlich die bei Körnermais übliche Trocknung berücksichtigt (von 35% auf 14% Feuchte, Trocknung mit Heizöl, nach Strehler 1996). Für Maiskornsilage und „Corn Cob Mix“ wurde als Basis derselbe Datensatz verwendet. Allerdings wurden die Erträge angepasst, da der Ertrag des Körnermais im Datensatz mit 14% Feuchtigkeit hinterlegt ist, MKS und CCM aber mit ca. 35% Feuchtigkeit zu berücksichtigen sind (im Durchschnitt 33% höherer Ertrag). Bei CCM wurde zusätzlich ein 13% höherer Ertrag (vgl. Spiekers et al., 2010) durch den zusätzlichen Spindelanteil angenommen. Sowohl bei MKS als

auch CCM wurde der Handhabung in der Praxis entsprechend keine maschinelle Trocknung berücksichtigt.

2.1.5 Sojakomponente

Sojaschrot hat einen durchschnittlichen Anteil von 16% an der Gesamtration der untersuchten Betriebe (inkl. Sojaschrot im Konzentratfutter und wird ausnahmslos zugekauft. Laut den Angaben aus den Fragebögen, beziehen alle Betriebe ihr Sojaschrot von einer österreichischen Ölmühle in Güssing. Diese Ölmühle wiederum bezieht das verarbeitete Ursprungsprodukt Soja laut eigenen Angaben (pers. Gespräch Februar 2022) aktuell zu ca. 50 % aus Ungarn, zu 30 % aus Österreich und zu 20% aus Kroatien. Diese prozentuelle Verteilung wurde bei der Berechnung im verwendeten Ökobilanz-Datensatz für Sojaschrot (*Soybeanmeal Solvent at processing DE economic*, Agri-Footprint 5.0, angepasst mit dem österreichischen Strommix) berücksichtigt. Für Österreich und Ungarn existieren aktuelle LCA-Datensätze für Soja (Agri-Footprint 5.0) die zur Berechnung herangezogen wurden (*Soybeans, at farm/AT Economic*; *Soybeans, at farm/HU Economic*). Für Kroatien existiert kein eigener Datensatz weshalb als Proxy Soja aus Italien verwendet wurde (ähnliche klimatische Bedingungen; Agri-Footprint 5.0, *Soybeans, at farm/IT Economic*). Die Transportdistanz von den Anbauländern zur Ölmühle Güssing wurde für Österreich mit 50 km, für Ungarn mit 100 km und für Kroatien mit 450 km angenommen.

Die Annahmen bzgl. Soja die der Vergleichsmodellierung mit Überseesoja zu Grunde liegen, basieren auf diversen Experteninterviews mit Stakeholdern aus der Mastschweinebranche (div. pers. Gespräche, Februar/März 2022). Laut Expertenmeinung stammt aktuell ca. 90% des bei österreichischen Mastbetrieben verfütterten Soja aus Nord- und Südamerika (davon ca. 50% aus den USA und ca. 50% Brasilien). Diese prozentuelle Verteilung wurde bei der Berechnung des Vergleichsszenarios im verwendeten Ökobilanz-Datensatz für Sojaschrot (*Soybeanmeal Solvent at processing DE economic*, Agri-Footprint 5.0, angepasst mit dem österreichischen Strommix) ebenfalls berücksichtigt. Für die landwirtschaftliche Produktion des Soja in den USA als auch Brasilien wurde auf aktuelle Agri-Footprint 5.0-Datensätze zurückgegriffen (*Soybeans, at farm/US Economic*; *Soybeans, at farm/BR Economic*).

Die im Vergleichsmodell berücksichtigten Transporte (Datensatz: (*Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}| market for | Alloc Rec, ecoinvent 3.8*) von der

landwirtschaftlichen Produktion zum Hafen werden für Brasilien mit 1800 km LKW-Transport angenommen (größte Sojaanbauregion Matto Grosso bis Hafen Santos). Für die USA (große Anbauregion Illinois bis Hafen New Orleans) werden 1000 km mit dem LKW abgeschätzt. Danach wird das Soja per Schiff von USA/Brasilien (realistische Annahmen basierend auf bedeutenden Häfen für landwirtschaftliche Produkte dieser Länder: 11.000 km von New Orleans bzw. 12.500 km von Santos) bis Rotterdam transportiert von wo es per LKW (Datensatz: *Transport, truck >20t, EURO4, 50%LF, default/GLO Economic, Agri-Footprint 5.0*) an die Schweinemastbetriebe geliefert wird (1300 km).

Der Sojaanbau in Südamerika wird gemeinhin mit Landnutzungsänderungen (land-use change, LUC) in Verbindung gebracht (u.a. Castanheira et al, 2013). Unter LUC versteht man die Umwandlung von Flächen zwecks eines Nutzungswandels (z.B. von Waldfläche zu Ackerfläche). Diese Umwandlungsvorgänge von Flächen können eine enorme Klimawirkung haben (IPCC, 2019) und sind somit bei der ökologischen Bewertung von ackerbaulichen Produkten eine äußerst relevante Stellgröße. Die in dieser Studie berücksichtigten LUC-Werte für den Sojaanbau in den jeweiligen Anbauländern, sind in den zuvor beschriebenen Agri-Footprint 5.0-Datensätzen hinterlegt und basieren auf der Methodik von *Blonk 2018*.

2.1.6 Verwendete Futtermittel-Datensätze

Zusammenfassend sind in folgender Tabelle 9 alle verwendeten Futtermittel-Datensätze (für Zucht- und Maststufe) dargestellt. Auf die jeweiligen Anpassungen, wurde in den vorherigen Abschnitten eingegangen:

Futtermittel	Datensatz	Datenbank	Datensatz angepasst
Gerste, Anbau am Betrieb	<i>Barley grain, dried, at farm/AT Economic</i>	Agri-Footprint 5.0	Ja
Gerste, Zukauf Regional	<i>Barley grain, dried, at farm/AT Economic</i>	Agri-Footprint 5.0	Nein
Weizen, Anbau am Betrieb	<i>Wheat grain, dried, at farm/AT Economic</i>	Agri-Footprint 5.0	Ja

Weizen, Zukauf Regional	<i>Wheat grain, dried, at farm/AT Economic</i>	Agri-Footprint 5.0	Nein
Triticale, Anbau am Betrieb	<i>Triticale grain, dried, at farm/AT Economic</i>	Agri-Footprint 5.0	Ja
Körnermais, Anbau am Betrieb	<i>Maize, at farm/AT Economic</i>	Agri-Footprint 5.0	Ja
Maiskornsilage, Anbau am Betrieb	<i>Maize, at farm/AT Economic</i>	Agri-Footprint 5.0	Ja
“Corn Cob Mix”, Anbau am Betrieb	<i>Maize, at farm/AT Economic</i>	Agri-Footprint 5.0	Ja
Rapsschrot, Zukauf Regional	<i>Rape meal {CH} rape oil mill operation Cut-off</i>	Ecoinvent 3.0	Nein
Weizenkleie, Zukauf Regional	<i>Wheat bran, from dry milling, at plant/DE Economic</i>	Agri-Footprint 5.0	Nein
Hafer, Zukauf Regional	<i>Oat grain, dried, at farm/AT Economic</i>	Agri-Footprint 5.0	Nein
Sojaschrotung (Güssing)	<i>Soybean meal (solvent), at processing/DE Economic</i>	Agri-Footprint 5.0	Ja
Soja (Anbau)	<i>Soybeans, at farm/AT/HU/ IT Economic</i>	Agri-Footprint 5.0	Nein
Sonnenblumenschrot Zukauf	<i>Sunflower seed meal (solvent), at processing/DE Economic</i>	Agri-Footprint 5.0	Nein
Maiskleber, Zukauf	<i>Maize gluten meal dried, at processing/DE Economic</i>	Agri-Footprint 5.0	Nein
Leinschrot, Zukauf	<i>Flax Seed Meal, animal feed, at plant/FR U</i>	Agribalyse 3.0	Nein
Supramin	<i>Vitamin, animal feed, at retailer gate/FR U</i>	Agribalyse 3.0	Nein
Zusätze (Hefe, Faserquell, Wirkstoff)	<i>Vitamin, animal feed, at retailer gate/FR U</i>	Agribalyse 3.0	Nein
Absetzkonzentrat	<i>Vitamin, animal feed, at retailer gate/FR U</i>	Agribalyse 3.0	Nein

Mineralstoff	Vitamin, animal feed, at retailer gate/FR U	Agribalyse 3.0	Nein
--------------	---	----------------	------

Tabelle 9 – Übersicht über alle verwendeten Futtermittel-Datensätze

2.2 Stallemissionen

Die Treibhausgasemissionen (CH₄, N₂O, inklusive NH₃ und NO_x für indirektes N₂O) aus dem Stallsystem und dem Wirtschaftsdüngermanagement wurden anhand der erneuerten IPCC Richtlinien für die Berechnung der Emissionen aus Tierhaltung und Wirtschaftsdüngermanagement (Gavrilova et al., 2019) und den EMEP/EEA (2016)-Richtlinien berechnet. Die Emissionen der Ausbringung und die Feldemissionen werden bei den Emissionen der am Betrieb angebauten Futtermittel berücksichtigt (siehe Tabelle 8). Die direkten N₂O wurden bis inklusive Lager berücksichtigt. Die indirekten N₂O-Emissionen berücksichtigen auch gasförmige N-Verluste in Form von NH₃-N und NO_x-N aus dem Stall.

Für die bei Schweinen geringen Ausscheidungen an enterischem Methan wird eine einfache Tier1-Methode nach (IPCC 2006) verwendet, für alle anderen Emissionen eine aufwändigere Tier2-Methode nach oben genannten Quellen. Die Stickstoffausscheidungen wurden dabei als Differenz von aufgenommenem Stickstoff aus dem Futter minus dem in der Körpermasse gespeicherten Stickstoff berechnet. Etwaige Emissionsfaktoren für den Tier2-Ansatz aus Gavrilova et al. (2019) wurden in Abhängigkeit von Lagerdauer im Stall/am Betrieb, Art des anfallenden Wirtschaftsdüngers und Form der Abdeckung (siehe Tabelle 10) für kühl/feuchtes Klima berücksichtigt.

Parameter der WD-Lagerung	Schicht A	Schicht B	Schicht C	Schicht D
Lagerdauer (Wochen)	14	15	26	29
Anteil Gülle (%)	100%	100%	89%	87%
Anteil Festmist (%)	0%	0%	11%	13%
Anteil abgedeckte Lagerung (%)	100%	100%	78%	25%

Tabelle 10 – durchschnittliche Parameter der Wirtschaftsdünger-Lagerung von Schicht A-D

2.2.1 Stallemissionen Aufzucht

Für die anfallenden Emissionen der Zuchtstufe, wurden die N₂O/CH₄ Emissionen für einen Umtrieb berücksichtigt. Dabei wurden die Emissionen der Mastsau bei allen Betrieben pauschal für 143 Tage im Jahr veranschlagt (28 Tage laktierend, 115 Tage tragend, 10 Tage leer stehend). Die Emissionen des Ferkels wurden in Abhängigkeit von Beginn der Mastphase kalkuliert, im Mittel für 51,5 Tage (Zeitpunkt des Absetzens nach 28 Tagen mit durchschnittlich 8 kg, bis Mastbeginn mit durchschnittlich 30 kg). Die CH₄/N₂O-Emissionen für die Ferkelaufzucht sind in folgender Tabelle 11 abgebildet.

Stallemissionen der Aufzucht in kg / kg SG	Schicht A	Schicht B	Schicht C	Schicht D	Mittelwert
CH ₄ Verdauungsemissionen	0,0016	0,0017	0,0016	0,0016	0,0016
CH ₄ WD-Emissionen	0,0021	0,0027	0,0035	0,0037	0,0030
N ₂ O WD-Emissionen	0,00005	0,00006	0,00006	0,00005	0,00006

Tabelle 11 – Stallemissionen der Ferkelaufzucht

2.2.2 Stallemissionen Mast

Im Fall der Wirtschaftsdünger-Emissionen (WD) der Mastphase, wurden die jeweiligen Tage einer Mastsau am Betrieb, von Mastbeginn bis Schlachtreife (durchschnittlich 111 Tage) als Bemessungsgrundlage herangezogen. Die CH₄/N₂O-Emissionen für die Schweinemast sind in folgender Tabelle 12 abgebildet.

Stallemissionen der Mast in kg / kg SG	Schicht A	Schicht B	Schicht C	Schicht D	Mittelwert
CH ₄ Verdauungsemissionen	0,0036	0,0034	0,0035	0,0034	0,0035
CH ₄ WD-Emissionen	0,0147	0,0132	0,0241	0,0246	0,0192
N ₂ O WD-Emissionen	0,00043	0,00038	0,00045	0,00034	0,00040

Tabelle 12 – Stallemissionen der Schweinemast

2.3 Strom

Der Stromverbrauch der Mast-Betriebe wurde mit Hilfe der Fragebögen ermittelt. Der Stromverbrauch der Zuchtstufe für Schicht C und D wurde vom Durchschnittsverbrauch der zwei geschlossenen Betriebe (Schicht A und B) pro abgesetztem Ferkel abgeleitet. Zur Berechnung der Treibhausgasemissionen wurde der österreichische Strom-Mix aus Ecoinvent 3.8 herangezogen (*Electricity, low voltage {AT} | electricity voltage transformation from medium to low voltage | Cut-off, S*). Bei 5 Betrieben werden Teile bzw. der ganze Strombedarf durch am Betrieb installierte Photovoltaik-Anlagen abgedeckt. In diesen Fällen wurde auf den Ecoinvent 3.8 Datensatz *PV_Electricity, production mix photovoltaic, at plant/AT* zurückgegriffen. Der Stromverbrauch der vier Schichten in kWh pro kg Schlachtgewicht ist in der folgenden Tabelle 13 abgebildet.

Stromverbrauch kWh / kg SG	in	Schicht A	Schicht B	Schicht C	Schicht D	Mittelwert
Aufzucht, AT Mix		0,11	0,07	0,09	0,09	0,09
Mast, AT Mix		0,10	0,32	0,15	0,07	0,16
Mast, Photovoltaik		0,39	0,00	0,07	0,03	0,12

Tabelle 13 – Stromverbrauch der Betriebe

2.4 Transporte, Schlachtung, Einstreu

Neben den Transporten der Futtermittel (die in den jeweiligen Datensätzen bereits berücksichtigt wurden) wurden noch die Transporte der Ferkel zu den Mastbetrieben und der Mastschweine zum Schlachthof hinzugefügt. Für die Ferkeltransporte in Schicht C und D wurde ein LKW-Transport mit 75 km angenommen (*Transport, lorry >32t, EURO5/RER U, ecoinvent 3.8*), bei Schicht A und B entfällt der Transport aufgrund der betriebseigenen Aufzucht. Der Transport vom Mastbetrieb zum Schlachthof basiert auf Primärdaten und wurde mit durchschnittlich 40 km angegeben (*Transport, lorry >32t, EURO5/RER U, ecoinvent 3.8*).

Der Produktionsabschnitt Schlachtung wurde nur hinsichtlich des Stromverbrauchs in der Gesamtrechnung einkalkuliert. Eine etwaige Entsorgung von Schlachtabfällen, wird aufgrund des gesteckten Untersuchungsrahmens nicht berücksichtigt. Der errechnete Stromverbrauch des Schlachthofs per kg Schlachtgewicht basiert auf Primärdaten und beträgt durchschnittlich 0,066 kWh. Zur Berechnung der Treibhausgasemissionen wurde wie bei den Betrieben der österreichische

Strom-Mix aus Ecoinvent 3.8 (*Electricity, low voltage {AT} | electricity voltage transformation from medium to low voltage | Cut-off, S*) herangezogen.

Die pro Betrieb verwendete Menge Stroh als Einstreu wurde ebenfalls im Zuge der Befragungen erhoben. Im Durchschnitt fallen hierbei 0,25 kg für Zucht- und Maststufe an (verwendeter Datensatz: Ecoinvent 3.8, *Straw, stand-alone production {CH} | production | Cut-off*)

3. Ergebnisse

3.1 Überblick

Folgend sind in Tabelle 14 die Treibhausgasemissionen in kg CO₂-eq / kg Schlachtgewicht für alle Prozesse (absteigend nach der Größe der Emissionslast) überblicksartig dargestellt.

kg CO ₂ -eq / kg Schlachtgewicht	Mittelwert	Min	Max	%
Ferkelaufzucht	0,75	0,67	0,92	31,06%
Stallemissionen	0,73	0,56	0,89	30,24%
Sojaschrot	0,32	0,22	0,54	13,23%
Körnermais	0,21	0,04	0,49	8,78%
Vitamine / Mineralstoffe	0,07	0,00	0,24	2,77%
CCM	0,03	0,00	0,11	1,44%
Rapsschrot Zukauf	0,03	0,00	0,07	1,43%
Körnermais Zukauf	0,02	0,00	0,07	0,72%
Gerste	0,05	0,00	0,11	2,09%
Maiskornsilage	0,03	0,00	0,07	1,39%
Strom am Betrieb	0,05	0,02	0,11	2,19%
Weizen	0,02	0,00	0,05	0,94%
Hafer Zukauf	0,01	0,00	0,02	0,26%
Strom Schlachthof	0,02	0,02	0,02	0,92%
Triticale	0,01	0,00	0,03	0,46%
Maiskleber Zukauf	0,01	0,00	0,03	0,43%
Sonnenblumenschrot Zukauf	0,01	0,00	0,02	0,39%
Einstreu	0,01	0,00	0,03	0,54%

Weizenkleie Zukauf	0,01	0,00	0,02	0,26%
Gerste Zukauf	0,00	0,00	0,01	0,17%
Transport Futtermittel Zukauf	0,00	0,00	0,00	0,14%
Transport Schlachthof	0,00	0,00	0,00	0,14%
Strom PV	0,00	0,00	0,00	0,00%
Summe	2,43	2,13	2,61	100,00%

Tabelle 14 – Treibhausgasemissionen der einzelnen Prozesse in kg CO₂-eq / kg Schlachtgewicht

Im Mittel beträgt das Treibhausgaspotential der untersuchten *Berger Regional Optimal* Betriebe 2,43 kg CO₂-eq / kg SG. Durchschnittlich 31 % der Gesamtemissionen (0,75 kg CO₂-eq / kg SG) entstammen dem Abschnitt der Ferkelaufzucht, rund 30 % werden durch die Stall- und Verdauungsemissionen in Form von N₂O und CH₄ verursacht (0,73 kg CO₂-eq / kg SG). Rechnet man die THG-Emissionen aller Mast-Futtermittel zusammen, beträgt deren Auswirkung 34,9% der Gesamtemissionen (0,85 kg CO₂-eq / kg SG), wobei der Sojaschrot die Einzelfutterkomponente mit der größten Klimawirkung ist (ca. 13 %, 0,32 kg CO₂-eq / kg SG)). Die am Betrieb angebauten Futtermittel (Mais, Weizen, Gerste, Triticale) haben insgesamt einen durchschnittlichen Anteil von 15,1% (0,37 kg CO₂-eq / kg SG), jene die zugekauft werden (inkl. Soja) einen Anteil von 19,7% (0,48 kg CO₂-eq / kg SG). Die restlichen Prozesse (Schlachthof, Strom am Betrieb, Einstreu) zeigen sich insgesamt nur für 3,8% (< 0,1 kg CO₂-eq / kg SG) der durchschnittlichen Klimawirkung der untersuchten Betriebe verantwortlich. In folgender Abbildung 2 sind die Treibhausgasemissionen für alle 4 Schichten überblicksartig und aggregiert dargestellt, in Abbildung 3 ist die durchschnittliche prozentuale Verteilung der aggregierten Prozesse dargestellt.

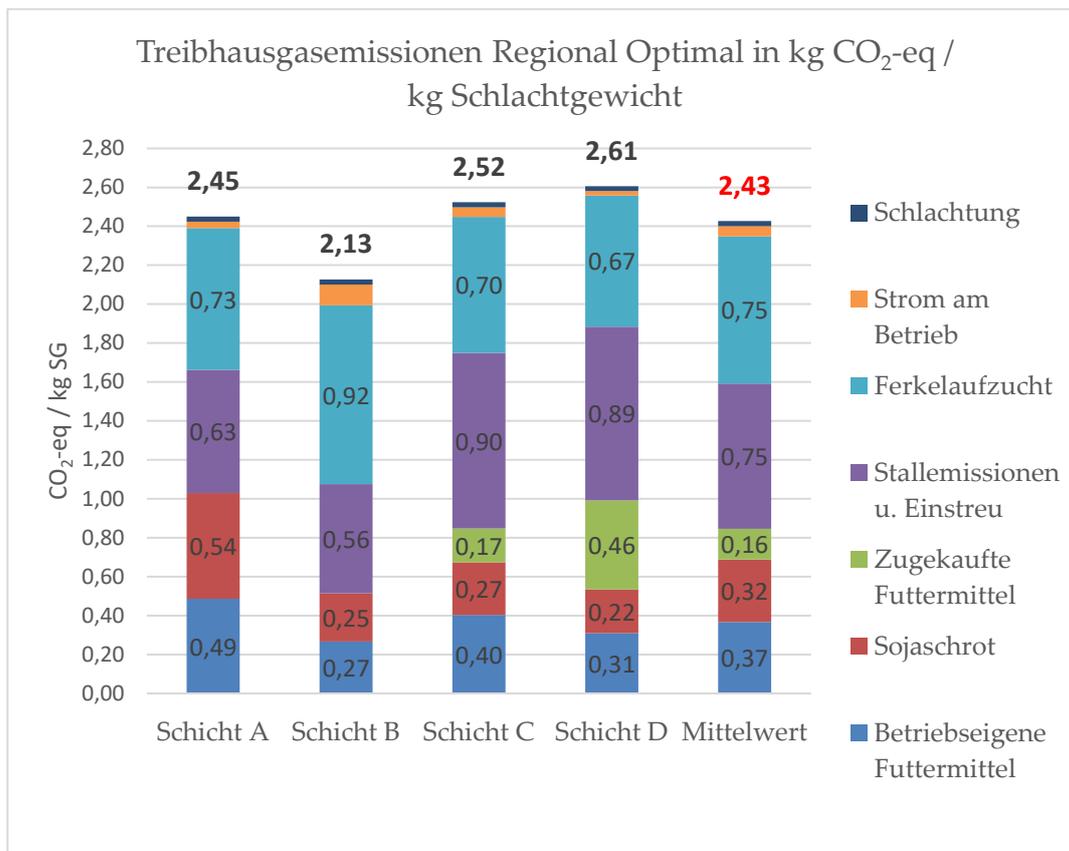


Abbildung 2 – THG-Emissionen der 4 Schichten und Mittelwert in kg CO₂-eq / kg SG

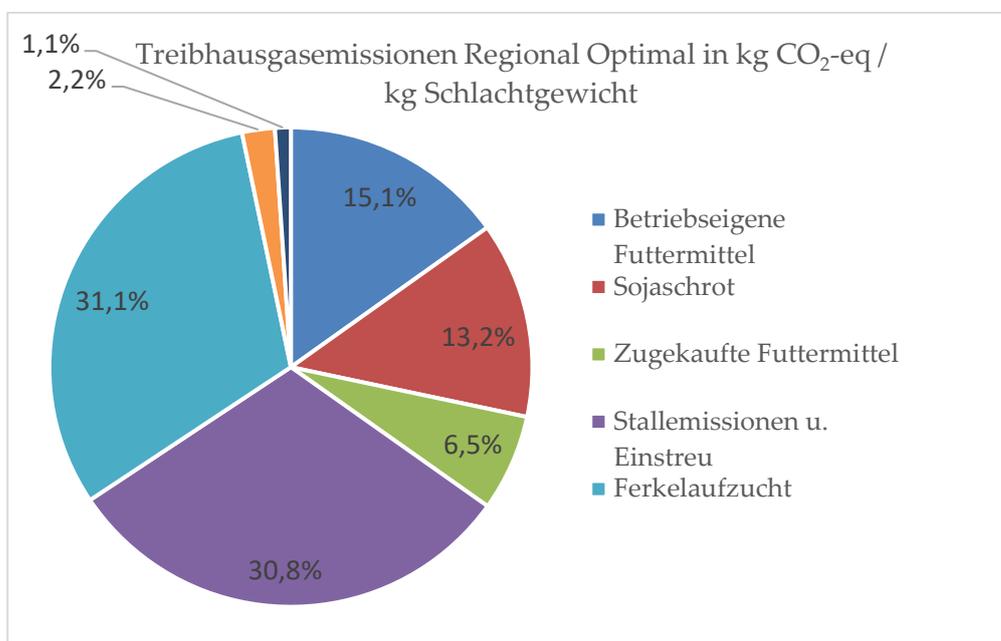


Abbildung 3 – Verteilung der durchschnittlichen THG-Emissionen in %

3.2 Futtermittel

Die Produktion der Futtermittel hat die anteilmäßig größte Klimawirkung. Zählt man die durch die Futtermittel der Zuchtstufe verursachten Emissionen dazu (0,46 kg CO₂-eq / kg SG) erhöht sich dieser Anteil noch einmal deutlich auf 56% (1,43 kg CO₂-eq / kg SG). Betrachtet man die Emissionen der durchschnittlichen Mast-Futtermittelration, so veranschlagen Soja mit rund 38% (0,32 kg CO₂-eq / kg SG) und Körnermais mit rund 25% (0,21 kg CO₂-eq / kg SG) nahezu zwei Drittel der gesamten Futtermittel-THG-Emissionen. Die übrigen Futtermittel liegen jeweils im einstelligen Prozentbereich (siehe Tabelle 15).

	kg CO ₂ -eq / kg SG	Anteil in %
Sojaschrot	0,32	37,90%
Körnermais	0,21	25,16%
Vitamine / Mineralstoffe	0,07	7,95%
Gerste	0,05	6,00%
CCM	0,04	4,11%
Rapsschrot Zukauf	0,04	4,11%
Maiskornsilage	0,03	3,99%
Weizen	0,02	2,70%
Körnermais Zukauf	0,02	2,05%
Triticale	0,01	1,32%
Maiskleber Zukauf	0,01	1,23%
Sonnenblumenschrot Zukauf	0,01	1,13%
Hafer Zukauf	0,01	0,73%
Weizenkleie Zukauf	0,01	0,73%
Gerste Zukauf	0,00	0,50%
Summe	0,85	100,00%

Tabelle 15 – THG-Emissionen der Mastfuttermittel in kg CO₂-eq / kg Schlachtgewicht

Die Eiweißfutterkomponenten (Soja-, Raps-, Sonnenblumenschrot, Maiskleber) tragen ca. 44% (0,38 kg CO₂-eq / kg SG) zur Klimawirkung der Futtermittel bei, die Grundfutterkomponenten (Mais, Weizen, etc.) in etwa

47% (0,4 kg CO₂-eq / kg SG). Das Verhältnis der Klimawirkung von betrieblich angebauten zu zugekauften Futtermitteln liegt bei 43% zu 57 %.

Aufgrund der verhältnismäßig großen Klimawirkung der beiden Komponenten Sojaschrot und Körnermais, wurden diese einer gesonderten Beitragsanalyse unterzogen. Beim Sojaschrot werden mit 0,43 kg CO₂-eq / kg Sojaschrot die meisten THG-Emissionen durch den Anbau der Sojabohnen in Ungarn verursacht (ca. 56 %). Das liegt einerseits an dem hohen Anteil von ungarischem Soja im Sojamix der Ölmühle Güssing (50%), als auch an vergleichsweise hohen LUC-Werten die für ungarischen Soja angenommen werden (0,58 kg CO₂-eq / kg Soja). Die weiteren Hotspots sind der Sojaanbau in Österreich (0,16 kg CO₂-eq / kg Sojaschrot, ca. 20%), der Sojaanbau in Kroatien (0,09 kg CO₂-eq / kg Sojaschrot, ca. 12 %) und die Verarbeitung zu Sojaschrot in der Ölmühle (0,08 kg CO₂-eq / kg Sojaschrot). Die Transporte aus den Anbauländern haben mit ca. 1,5% nur einen äußerst geringen Anteil an der Klimawirkung des verfütterten Sojaschrots.

Beim Körnermais sind es die düngerbedingten Feldemissionen die mit durchschnittlich 0,05 kg CO₂-eq / kg Körnermais (35,5%) die anteilmäßig höchste Klimawirkung haben. Ein weiterer Hotspot ist die Maistrocknung (vorwiegend durch Heizöl) welche mit 0,05 kg CO₂-eq / kg Körnermais in etwa 26% zur Gesamtklimawirkung beiträgt. Der dritte relevante Hotspot ist der Energieeinsatz (Diesel) bei landwirtschaftlichen Fahrzeugen, der mit 0,04 kg CO₂-eq / kg Körnermais (20,5%) zu Buche schlägt. Die Produktion von mineralischem Stickstoffdünger resultiert in 0,02 kg CO₂-eq / kg Körnermais (ca. 12 %), der Anteil aller anderen Prozesse an der Klimawirkung beträgt in etwa 5%.

3.3 Ferkelaufzucht

Betrachtet man die Klimawirkung beim Abschnitt Ferkelaufzucht im Detail (siehe Tabelle 16), sind es ebenfalls die Futtermittel die mit insgesamt rund 76% (0,58 kg CO₂-eq / kg SG) den mit Abstand größten Anteil aufweisen (davon in etwa ein Fünftel Sojaschrot). Die Stallemissionen von Zuchtsau und Ferkel sind für 19,5% der THG-Emissionen dieses Abschnitts verantwortlich. Der Transport der Ferkel von der Aufzucht zum Mastbetrieb als auch der Stromverbrauch am Betrieb fällt hingegen kaum ins Gewicht.

kg CO ₂ -eq	Mittelwert	Min	Max	%
Futtermittel exkl. Soja	0,46	0,38	0,57	60,80%
Stallemissionen u. Einstreu	0,15	0,12	0,16	19,49%

Sojaschrot	0,12	0,08	0,19	15,55%
Strom am Betrieb	0,03	0,02	0,04	4,03%
Ferkeltransport	0,00	0,00	0,00	0,13%
Summe	0,75	0,60	0,96	100,00%

Tabelle 16 – THG-Emissionen der Ferkelaufzucht in kg CO₂-eq / kg SG

3.4 Stallemissionen

Die Stallemissionen (vor allem CH₄ und N₂O) die durch die Lagerung von Wirtschaftsdünger (vorwiegend Gülle) am Betrieb entstehen und Verdauungsemissionen sind mit durchschnittlich 0,73 kg CO₂-eq / kg (inkl. Zuchtstufe 0,88 kg CO₂-eq / kg SG) für nahezu ein Drittel der Gesamtemissionen der untersuchten Betriebe verantwortlich. Die Verdauungsemissionen in Form von Methan (CH₄) spielen bei Monogastriern wie Schweinen im Gegensatz zu Wiederkäuern eine verhältnismäßig geringe Rolle, was sich auch hier, mit durchschnittlich 0,1 verursachten kg CO₂-eq / kg SG zeigt (13% der Stallemissionen). Im Gegensatz dazu verursachen die durch die Wirtschaftsdüngerlagerung bedingten Methan-Emissionen mit durchschnittlich 0,53 kg CO₂-eq / kg SG den Hauptanteil (71%) der Stallemissionen. Die lagerungsbedingten N₂O- und NO_x (Lachgas, Stickoxide) tragen mit 0,12 kg CO₂-eq / kg SG rund 16% zur Klimawirkung der Stallemissionen bei (siehe Tabelle 17).

kg CO₂-eq	Mittelwert	Min	Max	%
Verdauung (CH ₄)	0,10	0,09	0,10	12,81%
WD-Lagerung (CH ₄)	0,53	0,36	0,68	71,01%
WD-Lagerung (N ₂ O, NO _x)	0,12	0,10	0,13	16,18%
Summe	0,74	0,56	0,91	100,0%

Tabelle 17 – Stallemissionen in kg CO₂-eq / kg SG

Die Menge an gebildetem Methan hängt vor allem von zwei Faktoren ab: Die Masse an anfallendem Mist und welcher Anteil davon unter anaeroben Bedingungen (welche Methanbildung begünstigen) abgebaut wird. Die anfallende Masse wird Grossteils bedingt durch die Anzahl der Tiere. Das Wirtschaftsdüngermanagement wiederum hat Einfluss auf die Art des Abbaus. In Flüssigmistsystemen kommt es wegen der Lagerung (in Tanks oder Gruben) vorwiegend zur Dekomposition unter Luftabschluss.

Darum sind hier vor allem kühle Temperaturen und kurze Lagerdauern von Vorteil, da die Emissionen mit der längeren Verweildauer und höheren Temperaturen zunehmen (Kral, 2011). Die regelmäßige Entnahme von Gülle/Festmist und die ordnungsgemäße Lagerung sind wesentliche Punkte zur Unterstützung eines umweltfreundlichen Wirtschaftsdüngermanagements bei der Schweinefleischproduktion.

4. Szenario: Fütterung mit Übersee-Soja

Wie in Kapitel 1 beschrieben wurde das Berger Regional Optimal Programm mit einem Übersee-Szenario verglichen. Das Sojaextraktionsschrot in den Futtermittelrationen wird mit

a) europäischem Soja (Sojabohnen aus Ungarn/Österreich/Kroatien mit 0,91 kg CO₂-eq / kg Sojabohne; Verarbeitung in der Ölmühle Güssing) wie in der Praxis-üblichen Fütterung bei *Berger Regional Optimal*

b) Soja aus Übersee (50% (halbes Jahr) Brasilien, 50% (halbes Jahr) Soja aus den USA ergibt 3,30 kg CO₂-eq / kg Sojabohne) wie in der Praxis-üblichen Fütterung konventioneller österreichischer Schweinemastbetriebe

bilanziert und vergleichend für 1kg Schlachtgewicht Schwein dargestellt.

Bezogen auf 1 Kilogramm Schlachtgewicht Schwein beträgt das Treibhauspotential für den durchschnittlichen *Regional Optimal* Betrieb 2,43 kg CO₂-eq / kg und 3,47 kg CO₂-eq / kg für die Futtermittelration mit Soja aus Übersee. Die Ergebnisse dieses Vergleichs sind in Abbildung 4 dargestellt.

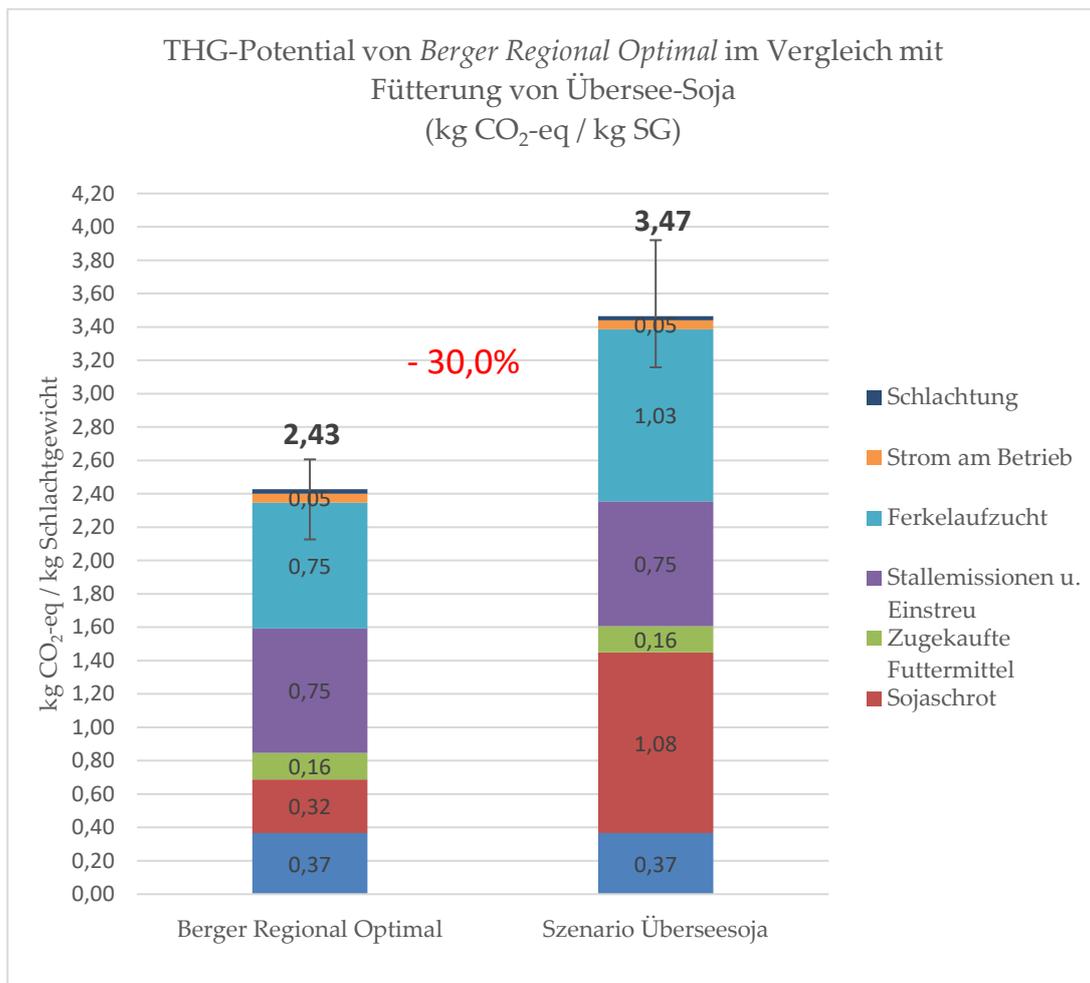


Abbildung 4 – durchschnittliche THG-Emissionen in kg CO₂-eq / kg SG von *Berger Regional Optimal* u. *Übersee-Soja* – Szenario im Vergleich. Fehlerbalken: Min/Max-Werte der 4 Schichten

Wird wie beim Markenprogramm *Regional Optimal* Sojaschrot aus Europa eingesetzt, verbessert sich die gesamte Klimawirkung verglichen mit einer Fütterung durch Übersee-Soja gemessen in kg CO₂-eq / kg Schlachtgewicht Schwein im Mittel um 1,04 kg CO₂-eq (- 30%). Im höchsten Fall beträgt die Differenz 1,8 kg CO₂-eq / kg SG (45,8%), im niedrigsten Fall 0,82 kg CO₂-eq / kg SG (17,5%).

Vor allem aufgrund des hohen Einflusses der Emissionen aus Landnutzungsänderungen in Brasilien (ca. 5 kg CO₂-eq / kg Sojabohnen, vgl. Agri-Footprint 5.0) beträgt der Anteil von Sojaschrot (Zucht- und Maststufe) an den Gesamtemissionen mit 1,477 kg CO₂-eq / kg SG im Mittel 43% (Abbildung 5) und das obwohl der Anteil in der Ration (Zucht- und Maststufe) nur etwa 15% ausmacht.

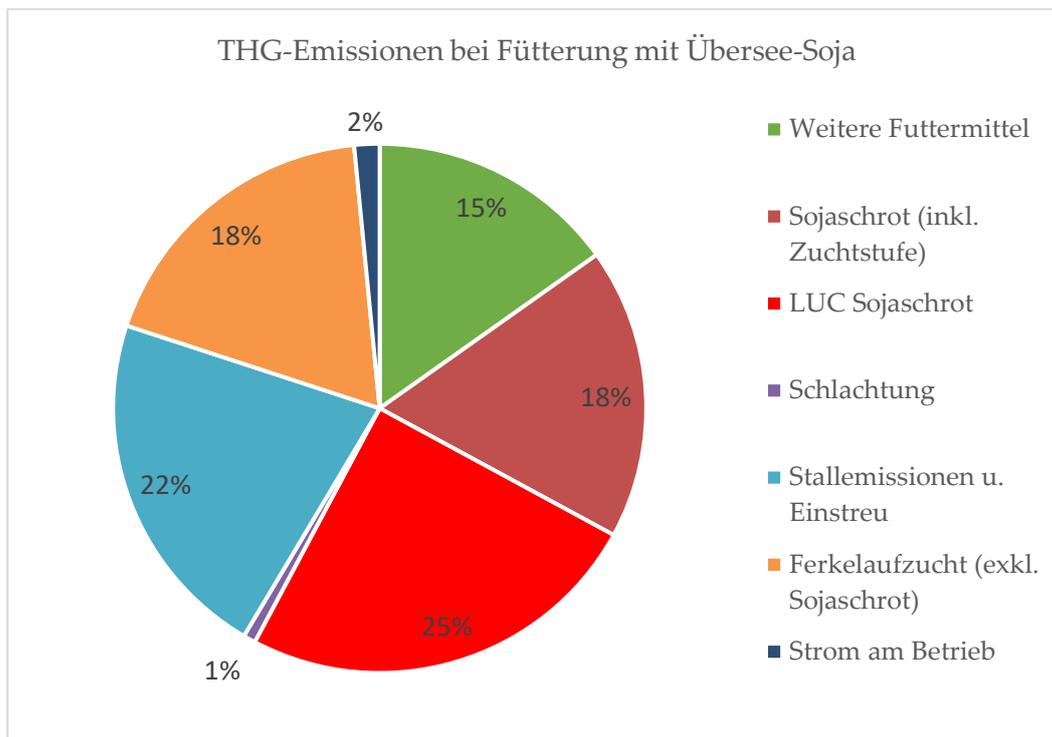


Abbildung 5 – THG-Emissionen bei Fütterung mit Übersee-Soja in %

Der Anteil von Sojaschrot verringert sich entsprechend auf rund 13% (vgl. Abbildung 3), wenn europäisch produziertes Sojaschrot im angegebenen Herkunftsverhältnis wie bei der Fütterung des Markenprogramms *Regional Optimal* eingesetzt wird.

5. Diskussion

Die Spannweite ähnlicher Studien für Treibhausgasemissionen Österrichtypischer Schweinemast liegt zwischen 2,7 kg (bei Sojafutter aus europäischem Anbau, FIBL 2020), und 4,95 kg CO₂-eq / kg Schlachtgewicht (bei Sojafutter aus Übersee, Kral 2011). Im Mittel betragen die Werte von LCA-Studien zu österreichischem Schweinefleisch bei Systemen mit Übersee-Soja-Fütterung 4,6 kg CO₂-eq / kg Schlachtgewicht (n = 3, Kral, 2011, Winkler et al., 2016, Hinterberger et al., 2011). Der Mittelwert identifizierter Studien zu österreichischem u. deutschen Schweinefleisch bei Fütterung mit europäischem Soja ergibt 2,7 kg CO₂-eq / kg Schlachtgewicht (n = 4, FIBL 2020, nicht veröffentlichte, vom FIBL durchgeführte Studien 2020 u. 2021, u.a. im Auftrag von DONAUSOJA).

Die in dieser Studie kalkulierten Gesamtemissionen von *Berger Regional Optimal* liegen im Vergleich dazu mit durchschnittlichen 2,43 kg CO₂-eq / kg SG relativ niedrig, was mit durchschnittlich niedrigeren verursachten Stallemissionen zu begründen ist. Die in dieser Untersuchung kalkulierte durchschnittliche Differenz von rund 30% weniger Treibhausgaspotential bei Fütterung von europäischem Soja, verglichen mit Übersee-Soja, liegt ebenfalls tendenziell im unteren Bereich. Bei ähnlichen Untersuchungen der letzten Jahre (n = 4, FIBL 2020, nicht veröffentlichte, vom FIBL durchgeführte Studien 2020 u. 2021 u.a. im Auftrag von DONAUSOJA) liegt das mittlere Einsparungspotential bei rund 35% (von 31-42%). Das liegt vor allem an den in dieser Studie berücksichtigten (sehr aktuellen) Soja-Anbau-Werten der Agri-Footprint 5.0-Datenbank. Die LUC-Emissionen beim Sojaanbau aus Brasilien sind hier, verglichen mit älteren Werten um ca. 3 kg CO₂-eq / kg Sojabohnen geringer, was in einer insgesamt geringeren Klimawirkung des gesamten Prozesses resultiert. Zudem sind die in dieser Studie berücksichtigten CO₂-eq-Werte für europäischen Sojaanbau (ebenfalls Agri-Footprint 5.0) leicht höher als bei den zuvor erwähnten Studien. Vor allem der im Sojamix mit 50% enthaltene ungarische Soja, weist mit rund 1kg CO₂-eq / kg Sojabohnen für europäische Verhältnisse eine verhältnismäßig hohe Klimawirkung auf (u.a. bedingt durch Land-use-change-Emissionen in der Höhe von 0,57 kg CO₂-eq / kg Soja).

Bei der Berechnung der Gesamtemissionen, wurden die durchschnittlichen Emissionen (arithmetisches Mittel) der vier untersuchten Schichten herangezogen. Eine alternative Vorgehensweise, wäre eine gewichtete Berücksichtigung der einzelnen Schichten. Würde man die Schichten in Abhängigkeit von der Anzahl der inkludierten Betriebe im Verhältnis zur Grundgesamtheit gewichten und die THG-Emissionen der Einzelschichten dieser Gewichtung (Schicht A = 6,7%; Schicht B = 6,7%, Schicht C = 60%, Schicht D = 26,7 %) addieren, hätte das minimale veränderte CO₂-eq-Werte / kg Schlachtgewicht zur Folge. In diesem Fall betrügen die THG-Emissionen von *Regional Optimal* 2,51 kg CO₂-eq / kg Schlachtgewicht (+3%) und die THG-Emissionen des Vergleichsszenarios 3,42 kg CO₂-eq / kg Schlachtgewicht (-1%).

In jedem Fall zeigen die Ergebnisse dieser Studie zeigen einmal mehr: (GVO-)Sojafuttermittelimporte aus Übersee verursachen sehr hohe Emissionen. Insbesondere jener Teil der Sojaimporte, der aus Südamerika stammt, steht mit der Zerstörung von Tropenwäldern und Savannen in Brasilien und Argentinien durch den dortigen Sojaanbau direkt oder indirekt in Verbindung (Schlatzer und Lindenthal, 2019; Schlatzer et al., 2021). Ein großer Teil dieser Importe wird in der konventionellen Schweinemast u.a. in Österreich eingesetzt. Eine Verfütterung von Soja aus europäischem Anbau, wie bei *Berger Regional Optimal*, birgt somit hinsichtlich CO₂-eq-Emissionen großes Reduktionspotential. Allerdings können die LULUC-Emissionen stark variieren, je nachdem in welchem Gebiet / auf welcher Fläche die direkten und indirekten Landnutzungsänderungen stattfinden. In einer LCA-Studie zur Sojaproduktion in Brasilien und Argentinien zeigten Castanheira und Freire (2013), dass die Treibhausgasemissionen pro kg Produkt zwischen 0,3 kg und 17,8 kg CO₂-eq (einschließlich Emissionen aus Anbau, Landnutzungsänderung und Transport) schwanken können. Als weitere Maßnahme kann ein erhöhter Anteil von alternativen heimischen Eiweißquellen (z.B. Rapskuchen, Erbsen) in der Ration als vollständiges Substitut von Sojaschrot ebenfalls zu einer Reduktion der Emissionen beitragen.

6. Unsicherheitsanalysen

Ökobilanzdaten sind mit Unsicherheiten behaftet, die einer gesonderten Analyse unterzogen wurden, um statistisch gesicherte Aussagen treffen zu können. Für die folgenden Unsicherheitsanalysen (Monte Carlo-Simulation) gilt ein Vertrauensbereich von 95%, d.h. nur in 5% aller möglichen Fälle liegt das Ergebnis außerhalb der angegebenen Spannbreiten. Es wurden 1.000 Berechnungsdurchgänge pro Analyse durchgeführt. Die folgenden Analysen beziehen sich auf 1kg Schlachtgewicht. Wie in Tabelle 18 ersichtlich ist, können die Ergebnisse aufgrund von schwankenden Erträgen, Inputs (z.B. Mineraldünger) oder Emissionen aus Landnutzungsänderungen große Spannweiten aufweisen. Für den Vergleich der Schweinefleischproduktion mit europäischem Soja mit Soja aus Übersee ist zu betonen, dass bei allen untersuchten Schichten keine Überlappung der möglichen Treibhauspotentiale festzustellen ist. D.h. die Unsicherheitsanalyse zeigt, dass die Schweinemast mit europäischem Soja signifikant besser abschneidet als jene mit Soja aus Übersee.

Wirkungskategorie	Einheit	5%	95%
IPCC GWP 100a	kg CO ₂ -eq / kg Schlachtgewicht		
1kg SG Regional Optimal Schicht A		2,19	2,65
1kg SG Vergleichsszenario Schicht A		3,69	4,16
1kg SG Regional Optimal Schicht B		1,89	2,35
1kg SG Vergleichsszenario Schicht B		2,90	3,36
1kg SG Regional Optimal Schicht C		2,18	2,85
1kg SG Vergleichsszenario Schicht C		3,06	3,79
1kg SG Regional Optimal Schicht D		2,24	2,98
1kg SG Vergleichsszenario Schicht D		3,00	3,69

Tabelle 18 - 95% Konfidenzintervall für Berger Regional Optimal, für alle 4 Schichten als auch die jeweiligen Vergleichsschichten, für 1kg Schlachtgewicht

7. Literatur

Agroscope (s.a.) Futtermitteldatenbank:

<https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/services/dienste/futtermittel/futtermitteldatenbank.html>. (zuletzt aufgerufen am: 03.04.2022)

Asselin-Balençon A., Broekema R., Teulon H., Gastaldi G., Houssier J., Moutia A., Rousseau, V., Wermeille A., Colomb V. (2020): AGRIBALYSE v3.0 : the French agricultural and food LCI database. Methodology for the food products. Ed. ADEME 2020.

Blonk Consultants (2018). The Direct Land Use Change Assessment Tool. Gouda.

Castanheira und Freire (2013): Greenhouse gas assessment of soybean production: implications of land use change and different cultivation systems. *Journal of Cleaner Production* 54 (2013) 49e60. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.05.026>.

DLG (2014): Futterwerttabellen – Schweine. 7., erweiterte und völlig neu gestaltete Auflage. DLG-Verlag GmbH, 2014. ISBN 978-3-7690-0664-3.

EMEP EEA (2016): Air pollutant emission inventory Guidebook 2016. Manure management. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019> (zuletzt aufgerufen am: 04.03.2022).

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Österreich (2020): CO₂-Bilanz von Schweinefleisch DONAU SOJA und EUROPE SOYA versus Soja aus Übersee in den Futtermitteln: EDEKA Schweinefleisch der Marke Hofglück.

Gavrilova et al., 2019: Emissions from Livestock and Manure Management. Chapter 10. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html>

Guilherme et. al. (2015): Greenhouse gas assessment of Brazilian soybean production: a case study of Mato Grosso State. Journal of Cleaner Production 96 (2015) 418e425. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.064>.

Hinterberger et al. (2011): Analyse des CO₂-Fußabdrucks und Ressourcenindikatoren bei der Schweinefleischproduktion in Österreich. ERGEBNISBERICHT im Auftrag von Spar.

IPCC (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

IPCC (2019): Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.

Kral, I. (2011): Treibhausgasemissionen von Rind und Schweinefleisch entlang der Produktionskette Landwirtschaft bis Großküche unter besonderer Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Produktionsform. Wien. Oktober 2011. Universität für Bodenkultur, Wien.

Leclerc, B., P. Georges, B. Cauwel and D. Lairon, (1995): A Five Year Study on Nitrate Leaching under Crops Fertilised with Mineral and Organic

Fertilisers in Lysimeters. In Nitrogen Leaching in Ecological Agriculture, Biological Agriculture and Horticulture 11, 301-308.

PRé Sustainability B.V. (2021): SimaPro database manual – Methods Library - Version 4.17.

Ruckli, A.K.; Dippel, S.; Durec, N.; Gebška, M.; Guy, J.; Helmerichs, J.; Leeb, C.; Vermeer, H.; Hörtenhuber, S. (2021): Environmental Sustainability Assessment of Pig Farms in Selected European Countries: Combining LCA and Key Performance Indicators for Biodiversity Assessment. *Sustainability* 2021, 13, 11230, <https://doi.org/10.3390/su132011230>.

Schatzler, M., Lindenthal, T. (2019): Österreichische und europäische Alternativen zu Palmöl und Soja aus Tropenregionen – Möglichkeiten und Auswirkungen; Endbericht an Greenpeace. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Österreich und Zentrum für Globalen Wandel und Nachhaltigkeit (gW/N), Universität für Bodenkultur, Wien, 80.

Schatzler, M., Drapela, T., Lindenthal, T. (2021): Die Auswirkungen des österreichischen Imports ausgewählter Lebensmittel auf Flächenverbrauch, Biodiversität und Treibhausgasemissionen in den Anbauregionen des globalen Südens. Studie im Auftrag von Greenpeace und ORF Mutter Erde. Wien.

Spiekers, H., Rutzmoser, K. (2010): Kornausreife und Gehalt an Trockenmasse im Silomais. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LFL).

Strehler, A. (1996): Trocknung von Getreide, Körnermais und Raps im landwirtschaftlichen Betrieb. DLG-Fachbereich Landtechnik. Ausschuss für Technik in der pflanzlichen Produktion.

Theurl, M., Hörtenhuber, S., Lindenthal, T., Palme, W. (2017): Unheated soil-grown winter vegetables in Austria: Greenhouse gas emissions and socio-economic factors of diffusion potential, https://orgprints.org/id/eprint/32120/2/Theurl%20et%20al_Winter%20harvest_2017.pdf.

Van Paassen, M., Braconi, N., Kuling, L., Durlinger, B., Gual, P. (2019): Agri-footprint 5.0 - Part 1 - Methodology and basic principles. Gouda, the Netherlands.

Van Paassen, M., Braconi, N., Kuling, L., Durlinger, B., Gual, P. (2019): Agri-footprint 5.0 - Part 2 - Description of Data. Gouda, the Netherlands.

Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., and Weidema, B. (2016): The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, [online] 21(9), pp.1218–1230.

Winkler et al. (2016): From farm to fork - A life cycle assessment of fresh Austrian pork. In: *Journal of Cleaner Production* 116 (2016) 80-89. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.01.005.