

Treibhausgasemissionen von Systemen der Rind- und Lammfleisch- Erzeugung

Masterarbeit

Wien
Jänner 2012

Vorgelegt von:
Christoph Neumayr

Betreut von:
Ao.Univ.Prof. Dr. Werner Zollitsch
Dr. Stefan Hörtenhuber
Universität für Bodenkultur
Gregor – Mendel – Straße 33
1180 Wien

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich im Laufe meiner Masterarbeit unterstützt haben. Ein besonderer Dank gilt dabei meinen beiden Betreuern Ao.Univ.Prof. Dr. Werner Zollitsch und Dr. Stefan Hörtenhuber vom Institut für Nutztierwissenschaften, die mir immer mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind und durch ihr großes Fachwissen sehr viel zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Bedanken möchte ich mich auch bei allen Experten und Expertinnen, die mir mit Einschätzungen zu Input-Faktoren und Modellannahmen geholfen haben. Stellvertretend möchte ich hier Dipl.-Ing. Günther Wiedner (Landwirtschaftskammer Niederösterreich), Ing. Andreas Hager (Landwirtschaftskammer Oberösterreich) und Dr. Ferdinand Ringdorfer (LFZ Raumberg-Gumpenstein) nennen.

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	IV
1 Einleitung und Problemstellung	1
2 Ziele und Forschungsfragen	2
3 Literaturübersicht.....	3
3.1 Treibhauseffekt und klimarelevante Gase	3
3.2 Systemgrenzen und Lebenszyklusanalyse.....	4
3.3 Emissionsquellen in tierischen Produktionssystemen	4
3.4 Minderungsmaßnahmen.....	7
4 Material und Methoden	9
4.1 Systemgrenzen	9
4.2 Allgemeine Beschreibung der Modelle	10
4.3 Modellierung Produktionssystem Stiermast-Intensiv.....	17
4.4 Modellierung Produktionssystem Stier-Wirtschaftsmast	22
4.5 Modellierung Produktionssystem Ochsenmast	27
4.6 Modellierung Produktionssystem Kalbinnenmast	31
4.7 Modellierung Produktionssystem Jungrindermast	35
4.8 Modellierung Produktionssystem Altkuhmast.....	41
4.9 Allgemeines zur Lämmermast	44
4.10 Modellierung Produktionssystem intensive Lämmermast	46
4.11 Modellierung Produktionssystem weidebasierte Lämmermast	53
4.12 Methoden zur Berechnung der THG-Emissionen.....	59
5 Ergebnisse	65
5.1 Treibhausgasemissionen je kg Produkteinheit.....	65
5.2 Treibhausgasemissionen je Hektar.....	68
5.3 Relative Anteile der Emissionsquellen an den THG-Emissionen.....	68
6 Diskussion.....	70
6.1 Vergleich der Produktionssysteme.....	70
6.2 Minderungsmaßnahmen.....	83
6.3 Tierische Produkte für die menschliche Ernährung	87
6.4 Schlussfolgerungen.....	88
7 Zusammenfassung.....	90
8 Literaturverzeichnis.....	91

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Treibstoffverbrauch beim Transport von zugekauftem Kraft- und Mineralfutter	13
Tabelle 2: Nährstoffanfall je Tier und Tag in Gülle und Tiefstreumist	14
Tabelle 3: Düngeempfehlung entsprechend der Richtlinien für Sachgerechte Düngung.....	15
Tabelle 4: Stiermast-Intensiv – Eckdaten zu den Maststieren	18
Tabelle 5: Stiermast-Intensiv – Rationszusammensetzung im Mastverlauf	19
Tabelle 6: Stiermast-Intensiv – Futterbedarf je Stier und Mastperiode bzw. Jahr	19
Tabelle 7: Stiermast-Intensiv – Flächenbedarf für die Futterproduktion	20
Tabelle 8: Stiermast-Intensiv – Treibstoffverbrauch im Zuge der Futterproduktion.....	20
Tabelle 9: Stiermast-Intensiv – Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten	21
Tabelle 10: Stiermast-Intensiv – Nährstoffmengen in der Gülle.....	21
Tabelle 11: Stiermast-Intensiv – Gesamter N-Eintrag auf den beanspruchten Flächen	22
Tabelle 12: Stiermast-Intensiv – Mineraldünger- u. PSM-Einsatz auf den beanspruchten Flächen.....	22
Tabelle 13: Stiermast-Intensiv – N-Verluste aus Wirtschaftsdünger-N und Boden-N	22
Tabelle 14: Stier-Wirtschaftsmast – Eckdaten zu den Maststieren	23
Tabelle 15: Stier-Wirtschaftsmast – Rationszusammensetzung im Mastverlauf.....	23
Tabelle 16: Stier-Wirtschaftsmast – Futterbedarf je Stier und Mastperiode bzw. Jahr	24
Tabelle 17: Stier-Wirtschaftsmast – Flächenbedarf für die Futterproduktion.....	24
Tabelle 18: Stier-Wirtschaftsmast – Treibstoffverbrauch im Zuge der Futterproduktion	25
Tabelle 19: Stier-Wirtschaftsmast – Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten	25
Tabelle 20: Stier-Wirtschaftsmast – Nährstoffmenge in der Gülle	26
Tabelle 21: Stier-Wirtschaftsmast – Gesamter N-Eintrag auf den beanspruchten Flächen	26
Tabelle 22: Stier-Wirtschaftsmast – Mineraldünger- u. PSM-Einsatz auf den beanspruchten Flächen	26
Tabelle 23: Stier-Wirtschaftsmast – N-Verluste aus Wirtschaftsdünger-N und Boden-N	26
Tabelle 24: Ochsenmast – Eckdaten zu den Mastochsen	27
Tabelle 25: Ochsenmast – Rationszusammensetzung im Mastverlauf.....	28
Tabelle 26: Ochsenmast – Futterbedarf je Ochse u. Mastperiode bzw. Jahr	28
Tabelle 27: Ochsenmast – Flächenbedarf für die Futterproduktion.....	29
Tabelle 28: Ochsenmast – Treibstoffverbrauch im Zuge der Futterproduktion	29
Tabelle 29: Ochsenmast – Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten	29
Tabelle 30: Ochsenmast – Nährstoffmengen im Festmist	30
Tabelle 31: Ochsenmast – Gesamter N-Eintrag auf den beanspruchten Flächen	30
Tabelle 32: Ochsenmast – Mineraldünger- u. PSM-Einsatz auf den beanspruchten Flächen	30
Tabelle 33: Ochsenmast – N-Verluste aus Wirtschaftsdünger-N und Boden-N	31
Tabelle 34: Kalbinnenmast – Eckdaten zu den Mastkalbinnen.....	31

Tabelle 35: Kalbinnenmast – Rationszusammensetzung im Mastverlauf.....	32
Tabelle 36: Kalbinnenmast – Futterbedarf je Kalbin und Mastperiode bzw. Jahr	32
Tabelle 37: Kalbinnenmast – Flächenbedarf für die Futterproduktion.....	33
Tabelle 38: Kalbinnenmast – Treibstoffverbrauch im Zuge der Futterproduktion	33
Tabelle 39: Kalbinnenmast – Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten	34
Tabelle 40: Kalbinnenmast – Nährstoffmengen im Festmist	34
Tabelle 41: Kalbinnenmast – Gesamter N-Eintrag auf den beanspruchten Flächen	34
Tabelle 42: Kalbinnenmast – Mineraldünger- u. PSM-Einsatz auf den beanspruchten Flächen	35
Tabelle 43: Kalbinnenmast – N-Verluste aus Wirtschaftsdünger-N und Boden-N	35
Tabelle 44: Jungrindermast – Eckdaten zu den Mutterkühen bzw. Jungrindern.....	35
Tabelle 45: Jungrindermast – Rationszusammensetzung für die Mutterkuh Reproduktionszyklus.....	36
Tabelle 46: Jungrindermast – Rationszusammensetzung im Mastverlauf (Jungrind)	37
Tabelle 47: Jungrindermast – Futterbedarf pro Mutterkuh bzw. Jungrind	37
Tabelle 48: Jungrindermast – Flächenbedarf für die Futterproduktion.....	38
Tabelle 49: Jungrindermast – Treibstoffverbrauch im Zuge der Futterproduktion	38
Tabelle 50: Jungrindermast – Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten	39
Tabelle 51: Jungrindermast – Nährstoffmengen im Festmist (Mutterkuh)	39
Tabelle 52: Jungrindermast – Nährstoffmengen im Festmist (Jungrind)	39
Tabelle 53: Jungrindermast – Gesamter N-Eintrag auf den beanspruchten Flächen	40
Tabelle 54: Jungrindermast – Mineraldünger- u. PSM-Einsatz auf den beanspruchten Flächen	40
Tabelle 55: Jungrindermast – N-Verluste aus Wirtschaftsdünger-N und Boden-N	40
Tabelle 56: Altkuhmast – Eckdaten zu den Altkühen.....	41
Tabelle 57: Altkuhmast – Rationszusammensetzung in der Altkuhausmast	42
Tabelle 58: Altkuhmast – Futterbedarf je Altkuh und Mastperiode bzw. Jahr	42
Tabelle 59: Altkuhmast – Flächenbedarf je Altkuh (Mastsplatz)	42
Tabelle 60: Altkuhmast – Treibstoffverbrauch im Zuge der Futterproduktion.....	43
Tabelle 61: Altkuhmast – Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten.....	43
Tabelle 62: Altkuhmast – Nährstoffmengen in der Gülle.....	44
Tabelle 63: Altkuhmast – Gesamter N-Eintrag auf den beanspruchten Flächen.....	44
Tabelle 64: Altkuhmast – Mineraldünger- u. PSM-Einsatz auf den beanspruchten Flächen.....	44
Tabelle 65: Altkuhmast – N-Verluste aus Wirtschaftsdünger-N und Boden-N	44
Tabelle 66: Lämmermast-Intensiv – Eckdaten zu den Mastlämmern und Mutterschafen.....	46
Tabelle 67: Lämmermast-Intensiv – Rationsgestaltung im Mastverlauf (Lamm)	47
Tabelle 68: Lämmermast-Intensiv – Kraftfuttermischung für die Mastlämmer	47
Tabelle 69: Lämmermast-Intensiv – Rationsgestaltung im Reproduktionszyklus (Mutterschaf)	48

Tabelle 70: Lämmermast-Intensiv – Futterbedarf pro Mutterschaf bzw. Lamm.....	49
Tabelle 71: Lämmermast-Intensiv – Flächenbedarf je Mutterschaf bzw. Lamm.....	50
Tabelle 72: Lämmermast-Intensiv – Treibstoffverbrauch im Zuge der Futterproduktion.....	50
Tabelle 73: Lämmermast-Intensiv – Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten	51
Tabelle 74: Lämmermast-Intensiv – Nährstoffmengen im Festmist (Mutterschaf).....	51
Tabelle 75: Lämmermast-Intensiv – Nährstoffmengen im Festmist (Lamm).....	51
Tabelle 76: Lämmermast-Intensiv – Gesamter N-Eintrag auf den beanspruchten Flächen	52
Tabelle 77: Lämmermast-Intensiv – Mineraldünger- u. PSM-Einsatz auf den beanspruchten Flächen	52
Tabelle 78: Lämmermast-Intensiv – N-Verluste aus Wirtschaftsdünger-N und Boden-N	52
Tabelle 79: Lämmermast-Weide – Eckdaten zu den Mastlämmern und Mutterschafen.....	53
Tabelle 80: Lämmermast-Weide – Rationsgestaltung im Mastverlauf (Lamm).....	54
Tabelle 81: Lämmermast-Weide – Rationsgestaltung im Reproduktionszyklus (Mutterschaf).....	55
Tabelle 82: Lämmermast-Weide – Futterbedarf pro Mutterschaf bzw. Lamm	55
Tabelle 83: Lämmermast-Weide – Flächenbedarf je Mutterschaf bzw. Lamm	56
Tabelle 84: Lämmermast-Weide – Treibstoffverbrauch im Zuge der Futterproduktion	56
Tabelle 85: Lämmermast-Weide – Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten	57
Tabelle 86: Lämmermast-Weide – Nährstoffmengen im Festmist (Mutterschaf).....	57
Tabelle 87: Lämmermast-Weide – Nährstoffmengen im Festmist (Lamm).....	58
Tabelle 88: Lämmermast-Weide – Gesamter N-Eintrag auf der beanspruchten Fläche	58
Tabelle 89: Lämmermast-Weide – Mineraldünger- u. PSM-Einsatz auf den beanspruchten Flächen .	59
Tabelle 90: Lämmermast-Weide – N-Verluste aus Wirtschaftsdünger-N und Boden-N	59
Tabelle 91: THG-Emissionen der Modellbetriebe in kg CO ₂ -eq je kg Schlachtkörper.....	65
Tabelle 92: THG-Emissionen der Modellbetriebe in kg CO ₂ -eq je kg Muskelfleisch.....	66
Tabelle 93: THG-Emissionen der Modellbetriebe in kg CO ₂ -eq je kg Fleisch-T.....	66
Tabelle 94: THG-Emissionen der Modellbetriebe in kg CO ₂ -eq je kg Protein	67
Tabelle 95: THG-Emissionen der Modellbetriebe in kg CO ₂ -eq je MJ Energie.....	67
Tabelle 96: THG-Emissionen der Modellbetriebe in kg CO ₂ -eq je ha beanspruchter Fläche.....	68
Tabelle 97: Relative Anteile der Emissionsquellen an den THG-Emissionen	69
Tabelle 98: Anteile der vorgelagerten tierischen Produktionssysteme an den THG-Emissionen.....	69

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Systemgrenzen für die Ermittlung der THG-Emissionen.....	9
Abbildung 2: THG-Emissionen je kg Schlachtkörper	70
Abbildung 3: Anteile der Muttertiere an den THG-Emissionen	72
Abbildung 4: THG-Emissionen je kg Schlachtkörper – Ochsen- u. Kalbinnenmast ab Kalb bzw. ab Einsteller	73
Abbildung 5: THG-Emissionen je kg Protein.....	75
Abbildung 6: THG-Emissionen pro ha beanspruchter Nutzfläche.....	77
Abbildung 7: Relative Anteile der Emissionsquellen an den gesamten THG-Emissionen.....	78
Abbildung 8: Auswirkung der ZKZ auf die THG-Emissionen in der Jungrindermast.....	84
Abbildung 9: Auswirkungen des WD-Systems auf die THG-Emissionen in der Stiermast	85

1 Einleitung und Problemstellung

Laut Klimaschutzbericht des Umweltbundesamtes (Anderl et al. 2010) wurden in Österreich im Jahr 2008 86,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente (CO₂-eq) Treibhausgase (THG) emittiert. Damit wurde das Kyoto-Ziel Österreichs um 17,9 Mio. Tonnen CO₂-eq überschritten. Als wesentliche Verursacher von THG-Emissionen treten dabei die Sektoren Industrie und produzierendes Gewerbe (30,5 %), Verkehr (26,1 %), Energieaufbringung (15,6 %), Raumwärme und sonstige Kleinverbraucher (13,8 %) sowie Landwirtschaft (8,8 %) hervor. Im Sektor Landwirtschaft konnten die THG-Emissionen seit 1990, vor allem durch einen rückläufigen Viehbestand und verminderten Mineräldüngereinsatz, deutlich reduziert werden. Trotzdem lagen 2008 die Emissionen immer noch 0,5 Mio. Tonnen CO₂-eq über dem Ziel der Klimastrategie für den Sektor Landwirtschaft. Im Bereich der Viehhaltung sind die Zahlen zudem seit 2005 relativ konstant bzw. sogar leicht angestiegen. Durch die Bildung von Methan bei der mikrobiellen Fermentation in den Vormägen der Wiederkäuer ist es vor allem die Viehwirtschaft, und hier im speziellen die Haltung von Rindern, die innerhalb der Landwirtschaft einen beträchtlichen Teil der THG-Emissionen verursacht. Neben der Milchproduktion nimmt daher auch die Fleischproduktion mit Rindern eine zentrale Stellung in Bezug auf die Bewertung von THG-Emissionen aus der Landwirtschaft ein. Wegen der steigenden Nachfrage nach Lammfleisch kommt auch den Schafen eine gewisse Bedeutung als Emittenten zu.

Um Maßnahmen zur Reduktion von THG-Emissionen aus der tierischen Produktion treffen zu können, ist eine Analyse der einzelnen Produktionssysteme hinsichtlich ihrer Umweltwirkung notwendig. Die Arbeiten von Hörtenhuber (2008), Hörtenhuber und Zollitsch (2009, 2011) sowie Hörtenhuber et al. (2010, 2011) beschäftigen sich umfassend mit den österreichischen Milchproduktionssystemen. Daneben sollten auch die Fleischerzeugungssysteme einer Analyse bezüglich ihrer THG-Emissionen unterzogen werden. Die in Österreich üblichen Rind- und Lammfleisch-Erzeugungssysteme sind in Bezug auf ihre Produktionsfaktoren wie Mastintensität, Futtergrundlage, Haltungssystem oder Düngermanagement sehr unterschiedlich. Über Modellrechnungen kann ermittelt werden, inwieweit sich die verschiedenen Produktionssysteme auch hinsichtlich der THG-Emissionen unterscheiden und in welchen Bereichen die wesentlichen Gründe für die Unterschiede zu finden sind. Um eine optimale Bewertung in Bezug auf die THG-Emissionen zu ermöglichen ist es wichtig, das jeweilige Produktionssystem möglichst ganzheitlich zu erfassen. Die Definition von Systemgrenzen ist daher sehr wichtig und muss laut Hörtenhuber und Zollitsch (2009) sehr kritisch und in Abhängigkeit von der konkreten Fragestellung erfolgen, wobei aus wissenschaftlicher Sicht eine möglichst umfassende und korrekte Bilanzierung mittels Lebenszyklusanalyse anzustreben ist. Mit Hilfe von Modellbetrieben kann versucht werden, die einzelnen Produktionssysteme möglichst vollständig, inklusive aller direkten und indirekten Emissionsquellen sowie möglichen Minderungsmaßnahmen, abzubilden.

Im Sinne einer zukunftsfähigen Landwirtschaft ist es wichtig tierische Produktionssysteme auch hinsichtlich ihrer Umweltverträglichkeit zu analysieren. Da die Landwirtschaft nicht nur zu den Verursachern von THG-Emissionen zählt, sondern selbst auch von den Klimaveränderungen betroffen ist, sollten in Zukunft neben anderen Nachhaltigkeitskriterien wie Tiergesundheit, artgemäßer Haltung und Fütterung oder ökonomischer und sozialer Verträglichkeit auch ökologische Kriterien wie THG-Emissionen oder Wasserverbrauch und Biodiversität berücksichtigt werden.

2 Ziele und Forschungsfragen

Ziel dieser Arbeit ist es, die Treibhausgasemissionen von in Österreich typischen Rind- und Lammfleisch-Erzeugungssystemen mit Hilfe von Modellrechnungen umfassend darzustellen. Dabei sollen die Produktionssysteme intensive Stiermast, Stiermast-Wirtschaftsmast, Ochsenmast, Kalbinnenmast, Jungrindermast, Altkuhmast sowie intensive und weidebasierte Lämmermast hinsichtlich ihrer Treibhausgasemissionen untersucht werden. In weiterer Folge sollen die beschriebenen Fleischerzeugungssysteme miteinander verglichen und die größten Unterschiede bezüglich der Treibhausgasemissionen, auch in Hinblick auf die Ursachen, beschrieben werden. Des Weiteren sollen Potentiale für mögliche Minderungsmaßnahmen abgeleitet werden.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich daher mit der zentralen Fragestellung:

- Wie unterscheiden sich verschiedene Systeme der Rind- und Lammfleisch-Erzeugung hinsichtlich ihrer Treibhausgasemissionen?

In Zusammenhang damit sollen auch folgende Teilfragestellungen berücksichtigt werden:

- Welche Produktionssysteme zeigen die höchsten und welche die niedrigsten Treibhausgasemissionen?
- Welche Gründe für die Unterschiede bei den Treibhausgasemissionen können festgestellt werden?
- Welche Minderungsmaßnahmen für Treibhausgasemissionen können in den verschiedenen Produktionssystemen gesetzt werden?

3 Literaturübersicht

3.1 Treibhauseffekt und klimarelevante Gase

Beim Treibhauseffekt muss zwischen dem natürlichen und dem anthropogenen Treibhauseffekt unterschieden werden. Gemäß dem Bericht zum nationalen Deutschen Treibhausinventar (Umweltbundesamt 2010) wäre ohne den natürlichen Treibhauseffekt ein Leben auf unserem Planeten nicht möglich, da sonst die mittlere Temperatur auf der Erde anstatt ca. 15°C nur etwa -18°C betragen würde. Eine wichtige Rolle spielen dabei die natürlichen Treibhausgase. Laut Umweltbundesamt (2010) lassen diese die kurzwelligen Strahlen der Sonne fast ungehindert durch, absorbieren aber im Gegenzug einen Teil der von der erwärmten Erde ausgehenden, langwelligen Strahlung. Dadurch werden sie energetisch angeregt und senden nach kurzer Zeit infrarote Strahlung (Wärmestrahlung) in alle Richtungen aus. Ein erheblicher Teil davon wird wieder zurück zur Erde gesandt. Dies führt letztlich dazu, dass die Erdoberfläche eine entsprechend höhere Temperatur aufweist. Durch die vom Menschen verursachte Freisetzung von Treibhausgasen wie Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Lachgas (N_2O) aber auch Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), vollfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW), teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW) oder Schwefelhexafluorid (SF_6) kommt es zur zusätzlichen Anreicherung dieser Stoffe in der Atmosphäre. Infolge der Konzentrationszunahme entsteht der sogenannte anthropogene Treibhauseffekt (Umweltbundesamt 2010). Dieser führt zu einer Verstärkung des natürlichen Treibhauseffekts und ist somit ausschlaggebend für die Klimaveränderung.

Laut Anderl et al. (2010) sind im Kyoto-Protokoll die klimarelevanten Treibhausgase Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Lachgas (N_2O) sowie die Gruppe der fluorierten Gase reglementiert. CO_2 hat dabei den größten Anteil (85 % im Jahr 2008) an den Treibhausgasen in Österreich und entsteht vor allem bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe. Methan ist mit einem Anteil von 6,6 % im Jahr 2008 das zweitwichtigste Treibhausgas in Österreich und wird vor allem bei mikrobiellen Gärungsprozessen (z.B. Wiederkäuerverdauung, Mülldeponien, etc.) gebildet. Lachgas liegt mit einem Anteil von 6,5 % ebenfalls in diesem Bereich und entsteht beim biologischen Abbau stickstoffhaltiger Verbindungen (z.B. Denitrifikation im Boden). Die Emissionen von F-Gasen hatten im Jahr 2008 einen Anteil von 1,9 %, wobei die wichtigsten Emissionsquellen im Bereich der Kühltechnik, Klimaanlage und Industrie zu finden sind. Nach Amon (2006) ist die Landwirtschaft im Speziellen an den Emissionen von Methan und Lachgas beteiligt. Im Jahr 2002 kamen demnach 51 % der österreichischen CH_4 -Emissionen und 61% der N_2O -Emissionen aus der Landwirtschaft. Innerhalb der Landwirtschaft stammten wiederum 42 % aus der Wiederkäuerverdauung und 36 % aus landwirtschaftlich genutzten Böden (Amon 2006).

Des Weiteren ist zu bedenken, dass die Treibhausgase ein unterschiedliches Treibhauspotential aufweisen, also unterschiedlich stark zur Klimaerwärmung beitragen. Gemäß IPCC (2007) hat Methan, im Vergleich mit der Bezugsbasis CO_2 , ein 25-fach höheres Treibhauspotential und Lachgas ein 298-fach höheres Treibhauspotential. Diese Faktoren werden auch zur Umrechnung der CH_4 - bzw. N_2O -Emissionen in CO_2 -eq verwendet.

3.2 Systemgrenzen und Lebenszyklusanalyse

Die Festlegung der Systemgrenzen hat einen entscheidenden Einfluss auf die Beurteilung der THG-Emissionen des betrachteten Produktionssystems. Nach Hörtenhuber und Zollitsch (2009) zeigen verschiedene Publikationen über Treibhauspotentiale landwirtschaftlicher Produktionsketten oftmals stark voneinander abweichende Ergebnisse. Die Wahl der Systemgrenzen, also die Festlegung des betrachteten Ausschnitts der Lebensmittelbereitstellungskette, sowie die betrachtete Einheit erweist sich dabei als ausschlaggebend für die unterschiedlichen Ergebnisse (Hörtenhuber und Zollitsch 2009). Nach Anderl et al. (2008) folgt die Einteilung der Sektoren in der Luftschadstoffinventur des Umweltbundesamts dem für die Berichterstattung international festgelegten, quellenorientierten Ansatz. Dabei gibt es eine Reihe von THG-Emissionen die zwar direkt oder indirekt mit der landwirtschaftlichen Produktion in Verbindung stehen, aber aufgrund der quellenorientierten Herangehensweise anderen Sektoren zugeordnet werden (z.B. Transporte dem Sektor Verkehr). Importierte Futter- und Produktionsmittel scheinen darüber hinaus in den Bilanzen anderer Länder auf (Hörtenhuber und Zollitsch 2011). Sollen die Emissionen einer gesamten Wertschöpfungskette (z.B. Milcherzeugung, Rindfleischerzeugung, etc.) ermittelt werden, kann eine produktbezogene Bilanzierung erfolgen (Hörtenhuber und Zollitsch 2011). Die Wahl der Systemgrenzen und der Bezugsbasis sollte dabei sehr kritisch und in Abhängigkeit von der konkreten Fragestellung erfolgen, wobei aus wissenschaftlicher Sicht eine möglichst umfassende und korrekte Bilanzierung mittels Lebenszyklusanalyse anzustreben ist (Hörtenhuber und Zollitsch 2009).

Eine Lebenszyklusanalyse ist eine ganzheitliche Methode, um die Umweltwirkung während des gesamten Lebenszyklus eines Produkts zu bewerten (de Vries und de Boer 2010). Laut Pölz (2010) versteht man unter einer Lebenszyklusanalyse bzw. einer Ökobilanz eine systematische Analyse der Umweltwirkungen von Produkten während des gesamten Lebensweges. Dazu zählen alle Umweltwirkungen, die während der Herstellung, Nutzung und Entsorgung des Produktes auftreten, sowie die damit in Zusammenhang stehenden vor- und nachgelagerten Prozesse wie die Herstellung von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen. Es werden also sämtliche Energie- und Materialeinsätze innerhalb der gewählten Systemgrenzen berücksichtigt (Pölz 2010). Nach Sima (2007) ermöglicht die Ökobilanz die Bewertung von Risiken und Schwächen eines Produkts, zeigt Verbesserungspotential auf und ermöglicht auch den Vergleich von Umweltwirkungen verschiedener Produkte.

3.3 Emissionsquellen in tierischen Produktionssystemen

Erfolgt eine produktbezogene Bilanzierung der THG-Emissionen von tierischen Produktionssystemen spielen im Wesentlichen CH_4 -, N_2O - und CO_2 -Emissionen eine Rolle. Wichtige Emissionsquellen finden sich dabei beispielsweise in den Bereichen Enterogene Fermentation, Wirtschaftsdünger, landwirtschaftlich genutzter Boden, Treibstoff- und Stromverbrauch, Bereitstellung von Betriebsmitteln sowie Landnutzungsänderungen.

Enterogene Fermentation:

Nach Amon (2006) entstehen die verdauungsbedingten Emissionen v.a. durch die Bildung von CH_4 beim mikrobiellen Abbau des Futters in den Vormägen der Wiederkäuer. Eine entscheidende Rolle für die Höhe dieser CH_4 -Emissionen spielt die Zusammensetzung der Ration (Hörtenhuber und Zollitsch 2009). Ein hoher Rohfaser-

gehalt (XF) führt zu verstärkter CH_4 -Bildung, da die in XF enthaltene Cellulose das wichtigste Substrat der CH_4 -bildenden Bakterien darstellt. N-freie Extraktstoffe (XX) sowie Rohprotein (XP) beeinflussen hingegen die Methanbildung deutlich weniger stark und ein erhöhter Rohfettgehalt (XL) führt sogar zu einer Verringerung der CH_4 -Bildung (Kryvoruchko 2004, Amon 2006). Die Rationszusammensetzung sowie die Futteraufnahme, die wiederum mit Lebendmasse und Leistung der Tiere in Zusammenhang steht, haben daher einen entscheidenden Einfluss auf die verdauungsbedingten Methanemissionen.

Wirtschaftsdünger:

Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger fallen vorwiegend in Form von CH_4 und N_2O an und variieren mit dem Wirtschaftsdüngersystem, sowie der Menge und Zusammensetzung der Exkremente, welche wiederum von der Fütterung und der Leistungshöhe abhängig ist (Hörtenhuber und Zollitsch 2009). Auch Phetteplace et al. (2001) nennen Wirtschaftsdünger und N-Ausscheidungen als wichtige Quellen für CH_4 - und N_2O -Emissionen.

Gemäß Hörtenhuber (2008) spielt das Haltungssystem für die THG-Emissionen aus Exkrementen eine entscheidende Rolle, da davon auch die Art des anfallenden Wirtschaftsdüngers abhängt. Die CH_4 -Emissionen im Wirtschaftsdüngerbereich entstehen durch mikrobielle Umsetzungen. Gemäß Wagner-Alt (2002) stellen tierische Exkremente aufgrund ihres hohen Gehalts an organischer Substanz und an anaeroben Keimen eine bedeutende Methanquelle dar. Nach Amon (2006) sind die Voraussetzungen zur Bildung von Methan in den tierischen Exkrementen gegeben, da die Gehalte an Kohlenstoff, Stickstoff und Wasser dafür günstig sind. Nach Kryvoruchko (2004) stehen die mit den tierischen Exkrementen ausgeschiedenen Nährstoffe für den weiteren Abbau zur Verfügung. Dadurch kommt es zur Bildung von Methan in Wirtschaftsdüngern.

N_2O wird im Zuge der Nitrifikation und Denitrifikation gebildet. Nach Amon (2006) herrschen in tierischen Exkrementen im Stall, bei der Lagerung und Ausbringung teilweise Milieubedingungen die Nitrifizierung und/oder Denitrifizierung fördern können. Gemäß Kryvoruchko (2004) sind für die N_2O -Emissionen im Stall das Haltings- und Wirtschaftsdüngermanagement entscheidend. Der Umfang der N_2O -Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement hängt nach Amon (2006) vom N- und C-Gehalt der Wirtschaftsdünger, der Dauer der Lagerung und der Wirtschaftsdüngerbehandlung ab. Auch die Art der Lagerung spielt eine Rolle. Beispielsweise führt eine Strohabdeckung von Flüssigmist in offenen Lagerbehältern zu einer Erhöhung der Lachgasemissionen (Kryvoruchko 2004).

Landwirtschaftlich genutzter Boden:

Nach Hörtenhuber und Zollitsch (2009) werden in üblichen THG-Bilanzierungen aus dem Boden vorwiegend N_2O -Emissionen in Betracht gezogen. Es können aber auch freigesetzte oder gebundene CO_2 -Emissionen durch die Veränderung des Humushaushalts bewertet werden.

Gemäß Haenel et al. (2010) werden in der deutschen Klimaberichterstattung in Bezug auf die Lachgasemissionen aus dem Boden neben direkten N_2O -Emissionen als Folge von Wirtschaftsdüngerausbringung, Weidegang, Mineraldünger- und Klärschlammanwendung, biologischer N-Fixierung, Ernterückständen und Bodenbearbeitung, auch indirekte N_2O -Emissionen als Folge von Auswaschung und Oberflächenabfluss sowie aus der Deposition reaktiven Stickstoffs berücksichtigt. Es ist

daher nötig die Stickstoffströme von der tierischen Futtermittelaufnahme über die N-Emissionen aus Stall, Lagerung und Ausbringung bis zum N-Eintrag in den Boden zu berücksichtigen (Haenel et al. 2010).

Nach Flessa (2010) haben die N_2O -Emissionen aus dem Boden ihren Ursprung im Wesentlichen in der Nitrifikation und der Denitrifikation. Diese beiden Prozesse werden durch Bodenbakterien verursacht. Nach Amon (2006) entweicht bei beiden Vorgängen N_2O . Die Nitrifizierung ist dabei ein streng aerober Prozess, bei dem Ammonium über Nitrit zu Nitrat oxidiert wird. Der N_2O -Anteil, der im Zuge der Nitrifizierung entsteht, ist aber gering (Amon 2006). Denitrifikation findet hingegen unter Sauerstoffmangel statt, kann also bei schlecht durchlüfteten, verdichteten oder wassergesättigten Böden sehr stark auftreten. Dabei wird Nitrat zu N_2O , NO oder N_2 reduziert. Sowohl bei der Nitrifizierung als auch bei der Denitrifizierung kommt es also zur Umsetzung von Stickstoffverbindungen. Gemäß Flessa (2010) sind die wichtigsten Steuergrößen der N_2O -Bildung die Verfügbarkeit von Nitrat und Ammonium im Boden sowie die Verfügbarkeit von Sauerstoff und von mikrobiell leicht verwertbarer organischer Substanz. Die Beeinflussung dieser Steuergrößen steht dabei in engem Zusammenhang mit den oben genannten Bewirtschaftungsmaßnahmen.

Neben den direkten N_2O -Emissionen ist nach IPCC (2006a) auch mit indirekten N_2O -Emissionen in Zusammenhang mit gasförmigen N-Verlusten (NH_3 , NO_x) aus dem Wirtschaftsdünger-N und dem Boden-N sowie mit N-Verlusten durch Auswaschung und Abschwemmung zu rechnen. Durch die Verflüchtigung dieser Gase sowie der Auswaschung und Abschwemmung von N und den späteren Eintrag in Böden, Seen und anderen Gewässern kommt es auf indirektem Weg zur Bildung und Emission von N_2O .

Treibstoff- und Stromverbrauch sowie Bereitstellung von Betriebsmitteln:

Der Verbrauch von Treibstoff sowie elektrischer Energie wird nach Sima (2007) als direkter Energieaufwand bezeichnet. Treibstoffverbrauch ergibt sich vor allem im Zuge der Futtermittelproduktion sowie beim Transport von zugekauften Futter- bzw. Betriebsmitteln vom Herstellungsort zum landwirtschaftlichen Betrieb. Durch Treibstoffverbrauch auf landwirtschaftlichen Nutzflächen sowie für Transporttätigkeiten und bei der Nutzung elektrischer Energie fallen direkte CO_2 -Emissionen aus fossilen Energieträgern an (Hörtenhuber und Zollitsch 2009). Kennwerte für den Kraftstoffverbrauch finden sich in den ÖKL-Richtwerten (2011). Hier zeigt sich, dass Arbeiten mit einem hohen Kraftaufwand bzw. mit großen Maschinen auch mit einem hohen Treibstoffverbrauch verbunden sind. Daneben spielt es auch eine Rolle, wie oft ein Arbeitsschritt ausgeführt werden muss. Beispielsweise erfolgen bei der Heuernte vier Überfahrten mit einem Kreiselzettwender, bei der Grassilage-Bereitung nur eine. Bei Futtermitteln, die als Nebenprodukte (z.B. aus der Ölgewinnung) anfallen, muss auch der Vorgang der Verarbeitung (z.B. Extraktion, Pressen, etc.) berücksichtigt werden.

Als indirekter Energieaufwand wird vor allem der Energieaufwand für die Herstellung von Mineräldüngern, Pflanzenschutzmitteln sowie Maschinen und Gebäuden bezeichnet (Sima 2007). Die Herstellung dieser Betriebsmittel erfolgt in der Regel unter Verbrauch fossiler Energieträger und stellt somit eine Emissionsquelle dar (Hörtenhuber 2008).

Landnutzungsänderung:

Nach Hörtenhuber und Zollitsch (2009) sowie Hörtenhuber et al. (2011) sind auch Landnutzungsänderungen, wie beispielsweise die Umwandlung von Regenwald oder

Savannen in Ackerland, mit der Freisetzung von großen Mengen CO_2 verbunden. Speziell bei importierten Futtermitteln wie Sojaextraktionsschrot aus Südamerika steht die Futtermittelproduktion häufig mit einer Landnutzungsänderung in Verbindung.

3.4 Minderungsmaßnahmen

Kleinere oder größere Potentiale für Minderungsmaßnahmen können entlang der gesamten Produktionskette gefunden werden. Im Folgenden sollen beispielhaft einige Literaturangaben zu Minderungspotentialen dargelegt werden.

Hörtenhuber et al. (2011) sowie Hörtenhuber und Zollitsch (2011) nennen als wichtigste Minderungsstrategien im Bereich der Rinderhaltung die Verbesserung der Grundfutterqualität sowie die Erhöhung des Weideanteils, der Lebensleistung und des Strohanteils in den Haltungs- und damit Wirtschaftsdüngersystemen. Als sehr wichtig erachten sie auch den Ersatz emissionsvorbelasteter Futtermittel wie importierten Sojaextraktionsschrot durch heimische Eiweißträger. Durch die langen Transportwege und oft auch durch Landnutzungsänderungen (vor allem bei Sojaextraktionsschrot aus Lateinamerika) sind solche Futtermittel mit hohen THG-Emissionen verbunden. Als weitere Minderungsstrategien nennen Hörtenhuber und Zollitsch (2011) auch die effiziente Nutzung des hofeigenen Wirtschaftsdüngers, die Vergärung des Wirtschaftsdüngers in Biogasanlagen, die Luftstickstofffixierung durch den Anbau von Futterleguminosen und die Reduzierung des Mineraldüngereinsatzes. Hörtenhuber und Zollitsch (2009) beziehen sich auch auf die Freisetzung bzw. Akkumulation von organisch gebundenem Kohlendioxid in Humus. Für die zur Krafftterzeugung beanspruchten Ackerflächen geben Hörtenhuber und Zollitsch (2009) (basierend auf der Arbeit von Hülsbergen und Küstermann 2007) für biologisch wirtschaftende Betriebe eine jährliche Humus-Kohlenstoffanreicherung von 402 kg CO_2 pro ha und für konventionelle Betriebe eine Humus-Kohlenstofffreisetzung von 202 kg CO_2 je ha an. Die Bindung von CO_2 im Boden bei biologischer Wirtschaftsweise hängt mit den, für diese Wirtschaftsweise typischen, verstärkten Maßnahmen zur Humusakkumulation zusammen. Entscheidend ist in diesem Zusammenhang also, ob und in welchem Umfang Maßnahmen zur Humusanreicherung gesetzt werden.

Phetteplace et al. (2001) führen in ihrer Studie Veränderungen im Management mit verbesserten Futterrationen und besserer Effizienz in der Produktion, sowie einen höheren Weidenanteil mit sehr guter Futterqualität als wichtige Minderungsstrategien an. Hermansen und Kristensen (2011) nennen als wichtige Maßnahmen die Verbesserung der Futterverwertung, die Verwendung von Futtermitteln, deren Produktion zur Erhöhung der Kohlenstoffbindung im Boden beiträgt, die Substitution von Mineraldünger durch effizienten Wirtschaftsdüngereinsatz und die Nutzung von Wirtschaftsdünger für die Biogasproduktion. Gemäß Flessa (2010) ist die Steigerung der N-Effizienz in der landwirtschaftlichen Produktion der zentrale Ansatzpunkt für die Minderung von N_2O -Emissionen. Dafür ist die Vermeidung von N-Überschüssen sowohl im Bereich der Fütterung als auch in der pflanzlichen Produktion, sowie die Verminderung umweltbelastender N-Austräge notwendig. Durch effizientes Nährstoffrecycling im Bereich der Wirtschaftsdünger sieht Flessa (2010) großes Potential zur Steigerung der N-Effizienz. Eine optimale Verwertung des Stickstoffs führt nicht nur zur Verringerung der N_2O -Emissionen, es kann dadurch auch der Einsatz von Mineraldüngern, deren Herstellung mit hohen THG-Emissionen verbunden ist, reduziert werden.

Smith et al. (2008) teilen die Möglichkeiten zur Minderung von THG-Emissionen in der Landwirtschaft in drei wesentliche Kategorien ein. Dazu zählt die Verminderung von THG-Emissionen durch ein effizientes Management der C- und N-Ströme in landwirtschaftlichen Ökosystemen. Beispielsweise kann eine effiziente Nutzung des Futters CH_4 -Emissionen reduzieren und Maßnahmen, die zu einer verbesserten Nutzung des vorhandenen Stickstoffs durch die jeweiligen Kulturen führen, können N_2O -Emissionen reduzieren. Als weitere Kategorie nennen Smith et al. (2008) Maßnahmen zur Verbesserung der Speicherung von Kohlenstoff im Boden. Pflanzen können durch Photosynthese atmosphärisches CO_2 binden und somit Kohlenstoff im Boden speichern. Maßnahmen zur Humusakkumulation, wie sie auch Hörtenhuber und Zollitsch (2009) nennen, können zu dieser Kategorie gezählt werden. Als dritte Kategorie geben Smith et al. (2008) die Vermeidung von THG-Emissionen an. Dazu zählen sie die Nutzung von Ackerfrüchten sowie Ernte- und Pflanzenrückständen für die Erzeugung von Biogas und Biodiesel. Dadurch kann fossile Energie eingespart werden. Auch Maßnahmen gegen Landnutzungsänderungen zählen die Autoren zu dieser Kategorie.

Amon (1997) beschäftigt sich mit den Reduktionspotentialen durch die Biomethanisierung in der Landwirtschaft. Einsparungspotentiale für THG-Emissionen ergeben sich in diesem Zusammenhang durch die Substitution fossiler Energieträger, die Einsparung des Energieverbrauchs für die Herstellung substituierter Mineraldünger sowie per se durch die Vermeidung von CH_4 -Emissionen während der Lagerung tierischer Exkrememente. Die Substitution mineralischer Stickstoffdünger ergibt sich aufgrund der verbesserten Stickstoffwirkung des Flüssigmistes durch die Biomethanisierung. Die Ergebnisse von Amon (1997) zeigen zum damaligen Zeitpunkt ein Einsparungspotential in Österreich von über 1 Mio t CO_2 -eq pro Jahr durch die Verwertung der organischen Dünger aus der Tierhaltung und den dadurch möglichen Ersatz fossiler Energieträger. Das Reduktionspotential aufgrund der verbesserten Düngewirkung und der somit möglichen Einsparung von mineralischen Düngemitteln gibt Amon (1997) mit etwa 58.000 t CO_2 -eq an. Die Vermeidung von Methanemissionen bei der Wirtschaftsdüngerlagerung wird mit ca. 20.000 bis 48.500 t CH_4 pro Jahr angegeben. Wagner-Alt (2002) beschäftigt sich unter anderem mit verschiedenen Flüssigmist-Behandlungsverfahren und deren Reduktionspotential für klima- und umweltrelevante Spurengase während der Lagerung. In ihren Versuchen zeigte sich, dass vor allem die Biogasnutzung sowie die Flüssigmistseparierung mit anschließender Kompostierung der Feststoffe effektive Maßnahmen zur Emissionsminderung darstellen. Im Vergleich zu unbehandeltem Flüssigmist ergibt sich ein Einsparungspotential an CO_2 -eq von über 50 %. Das Aufbringen einer Strohdecke, sowie die Belüftung der Gülle kann hingegen gemäß Wagner-Alt (2002) nicht als Reduktionsmaßnahme für klimarelevante Spurengase empfohlen werden.

Hörtenhuber und Zollitsch (2011) beziehen sich auch auf den Aspekt, dass tierische Produkte in erster Linie als Proteinquellen für die menschliche Ernährung erzeugt werden. Bezogen auf ein kg Protein zeigen demnach Milch und Eier die beste Treibhausgasbilanz, gefolgt von Hühner- und Schweinefleisch. Bei Rindfleisch liegen die THG-Emissionen deutlich höher. Des Weiteren schneiden pflanzliche Produkte im Vergleich mit den tierischen Produkten wesentlich besser ab. Nach Hörtenhuber und Zollitsch (2011) zeigt beispielsweise heimischer Mahlweizen (Brot) pro kg Protein nur etwa ein Zehntel der THG-Emissionen von Milch oder Eiern. Das Ernährungsverhalten der Menschen kommt somit als wichtiger Einflussfaktor in Bezug auf die Verminderung von THG-Emissionen ins Spiel.

4 Material und Methoden

4.1 Systemgrenzen

Wie eingangs erwähnt, hat die vorliegende Arbeit das Ziel die THG-Emissionen von in Österreich typischen Rind- und Lammfleisch-Erzeugungssystemen mit Hilfe von Modellrechnungen zu ermitteln. Dafür ist es wichtig, zu Beginn die Systemgrenzen abzustecken, d.h. jenen Bereich der Lebensmittelbereitstellungskette zu definieren, der analysiert werden soll. In der vorliegenden Arbeit erfolgt eine Bewertung des landwirtschaftlichen Teils der Rind- und Lammfleischerzeugung. Die Betrachtung endet mit dem Verkauf der Tiere vom Produktionsbetrieb nach Erreichen der Mastendmasse. Im Sinne einer Lebenszyklusanalyse soll dabei eine systematische Bewertung der THG-Emissionen der einzelnen Produktionssysteme erfolgen. Zur Absteckung der Systemgrenzen können drei wesentliche Bereiche, die mit THG-Emissionen in Verbindung stehen, definiert werden. Dazu zählen die Futtermittelproduktion, die Masttiere am Produktionsbetrieb, sowie der Wirtschaftsdüngerbereich. Dies wird in Abbildung 1 dargestellt.

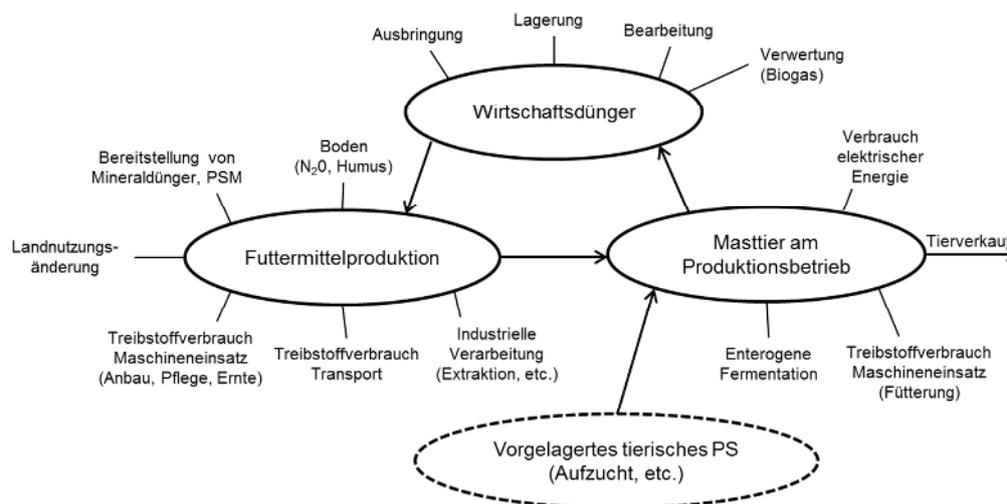


Abbildung 1: Systemgrenzen für die Ermittlung der THG-Emissionen

Die Futtermittelproduktion steht mit Emissionen aus dem landwirtschaftlich genutzten Boden, sowie durch Treibstoffverbrauch beim Maschineneinsatz, bei Transporttätigkeiten und bei der industriellen Verarbeitung von Futtermitteln in Verbindung. Vorgelegte Emissionsquellen in Zusammenhang mit der Futtermittelerzeugung ergeben sich vor allem in Bezug auf die Bereitstellung von Mineraldüngern und Pflanzenschutzmitteln, sowie zum Teil auch durch Landnutzungsänderungen. Am Produktionsbetrieb sind vor allem die verdauungsbedingten Emissionen der Masttiere zu berücksichtigen, die wiederum sehr stark von der Futterration abhängig sind. Daneben finden sich am Produktionsbetrieb noch Emissionsquellen wie Stromverbrauch oder Maschineneinsatz. Der Wirtschaftsdüngerbereich steht vor allem bezüglich der Lagerung und Ausbringung mit THG-Emissionen in Verbindung, wobei die Art und Menge des Wirtschaftsdüngers vom Mast- und Haltungssystem abhängig ist. Über den Nährstofffluss hat der Wirtschaftsdünger seinerseits wieder Einfluss auf die Emissionen im Bereich der Futtermittelproduktion. Bei Vorhandensein eines vorgelagerten tierischen Produktionssystems, wie z.B. Kälberaufzucht oder Einstellerproduktion, muss auch dieses berücksichtigt werden. Das vorgelagerte tierische Produktionssystem steht für sich wiederum mit den oben genannten Emissionsquellen in Verbindung.

4.2 Allgemeine Beschreibung der Modelle

In der vorliegenden Arbeit wird jedes der eingangs erwähnten Produktionssysteme anhand eines Modellbetriebs untersucht. Im folgenden Abschnitt werden die Grundlagen für die Beschreibung der Modellbetriebe erläutert. Um THG-Emissionen ermitteln zu können, müssen die betrachteten Produktionssysteme in allen für die Verursachung von THG-Emissionen relevanten Bereichen möglichst genau beschrieben werden. Dabei wird versucht, für die einzelnen Modellbetriebe möglichst typische Annahmen zu treffen um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten. Da aber speziell in der Rind- und Lammfleischerzeugung die Produktionsweise sehr unterschiedlich sein kann, soll hier darauf hingewiesen werden, dass die Modelle auf Annahmen beruhen und daher Betriebe in der Praxis in diversen Aspekten von den Modellannahmen abweichen können. Im Folgenden soll nun erläutert werden, wie bei der Modellierung der verschiedenen Produktionssysteme vorgegangen wird und an welchen Datengrundlagen sich die Annahmen orientieren. Die acht Modellbetriebe werden dabei in den Bereichen Masttiere, Fütterung und Rationsgestaltung, Futterbedarf, Futtermittelherkunft und Flächenbedarf für die Futterproduktion, Maschineneinsatz und Treibstoffverbrauch, Haltungssystem und Wirtschaftsdüngeranfall sowie Boden und Stoffflüsse beschrieben.

4.2.1 Grundlagen zu den Masttieren

Die Annahmen in den Modellbetrieben in Bezug auf Alter und Lebendmasse der zugekauften Jungtiere, mittlere Tageszunahmen, Mastdauer, Mastendmasse, Schlachtausbeute, Muskelfleischanteil und Fleischinhaltsstoffe orientieren sich im Wesentlichen an Angaben aus einschlägiger Literatur zur Rinder- bzw. Lämmermast. Als Rasse wird in allen beschriebenen Rindfleischproduktionssystemen Fleckvieh angenommen, da gemäß Kalcher et. al. (2009) in Österreich größtenteils Zweinutzungsrassen gehalten werden, wobei die Rasse Fleckvieh mit fast 78 % Anteil am Rinderbestand die mit Abstand häufigste Rasse darstellt.

4.2.2 Grundlagen zur Fütterung und Rationsgestaltung

Die Annahmen im Bereich der Fütterung und Rationsgestaltung in den einzelnen Modellbetrieben orientieren sich wiederum an Literaturangaben, sowie an praxisrelevanten persönlichen Mitteilungen von Experten und Expertinnen, auf die im jeweils konkreten Fall verwiesen wird. Die verwendeten Futterwerte für Grünlandbestände entsprechen den Angaben in den ÖAG-Futterwerttabellen (2006), die Futterwerte der Ackerkulturen werden den DLG-Futterwerttabellen (1997) entnommen.

4.2.3 Grundlagen zum Futterbedarf

Der Futterbedarf pro Tier und Jahr wird in Abhängigkeit von der gewählten Rationszusammensetzung, der täglichen Trockenmasseaufnahme und der Dauer eines Mastdurchgangs ermittelt. Dabei wird im ersten Schritt die tägliche Futtermittelaufnahme der Tiere über die Mastdauer aufsummiert, um den gesamten Futterbedarf pro Tier und Mastperiode zu erhalten. Es ist dabei zu bedenken, dass es sich hier um wachsende Tiere handelt und daher die tägliche Futtermittelaufnahme im Verlauf der Mast zunimmt. Der Mastverlauf wird aus diesem Grund in Lebendmasseabschnitte unterteilt und der mittlere tägliche Futtermittelverzehr entsprechend den Angaben in der Literatur gewählt. In einem weiteren Schritt wird die benötigte Menge für die einzelnen Futterkomponenten berechnet. Die Menge der restriktiv verabreichten Futterkomponenten ergibt sich durch die Multiplikation der jeweiligen Tagesmenge mit der Dauer, für die das Futtermittel verabreicht wird. Bei Weidehaltung muss auch überlegt werden, wie

groß der Weideanteil in der Ration ist und wie lange die Tiere geweidet werden. Bei ad libitum verabreichten Futtermitteln ist zu berücksichtigen, dass sich der tägliche Verzehr durch die steigende Futteraufnahme verändert. Die während der gesamten Mastperiode benötigte Menge des ad libitum verabreichten Futtermittels kann am besten aus der gesamten Futteraufnahme abzüglich der restriktiv verabreichten Futtermittel errechnet werden. Um nun noch auf die Menge der einzelnen Futterkomponenten pro Tier und Jahr zu schließen, muss noch durch die Dauer des Mastdurchgangs dividiert und mit 365 multipliziert werden. Ein Mastdurchgang beinhaltet dabei die eigentliche Mastdauer plus eine Woche Leerstehzeit. Beim Produktionssystem Jungrindermast sowie in der Lämmermast ist zu bedenken, dass der Futterbedarf pro Jungtier und Mastperiode dem Futterbedarf pro Jungtier und Zwischenkalbezeit bzw. Zwischenlammzeit entspricht. Daher muss diese für die Umrechnung auf den Futterbedarf pro Jahr herangezogen werden.

4.2.4 Grundlagen zu Futtermittelherkunft und Flächenbedarf für die Futterproduktion

Es wird angenommen, dass bei allen Modellbetrieben die in der Ration enthaltenen Grundfuttermittel zur Gänze auf betriebseigenen Flächen erzeugt werden können. Bei den in den verschiedenen Futterrationen vorkommenden energiebetonten Kraftfuttermitteln (z.B. div. Getreidesorten) wird eine Produktion in Österreich angenommen. Produktionssysteme, die vorwiegend in ackerbetonten Gebieten zu finden sind (z.B. die intensive Stiermast), können auch die energiebetonten Kraftfuttermittel auf betriebseigenen Flächen produzieren. Produktionssysteme, die eher in grünlandbetonten Gebieten zu finden sind, müssen hingegen praktisch alle Kraftfuttermittel zukaufen. Als proteinbetonte Komponente kommt zum Teil Sojaextraktionsschrot zum Einsatz. Dieser muss größtenteils importiert werden. Laut Würzner (2011) werden jährlich etwa 500.000 - 600.000 t Sojaschrot importiert, während in Österreich nur etwa 50.000 t Sojabohnen geerntet werden. Zu den wichtigsten Sojaexportländern zählen die USA, Kanada und Brasilien. Kommt in den Rationen der Modellbetriebe Sojaextraktionsschrot zum Einsatz, dann wird angenommen, dass dieses je zur Hälfte aus Brasilien bzw. aus Nordamerika importiert wird. Alternativ zu Sojaextraktionsschrot werden vermehrt auch heimische Proteinträger wie Rapsextraktionsschrot oder Trockenschlempe („ActiProt“ nach Agrana 2011) eingesetzt. „ActiProt“ ist ein österreichisches Produkt und wird in Pischelsdorf in Niederösterreich produziert. Auch für Rapsextraktionsschrot wird eine Produktion in Österreich unterstellt.

Der Flächenbedarf für die Futtermittelproduktion errechnet sich aus dem jährlichen Bedarf für die einzelnen Futterkomponenten, dividiert durch den mittleren Ertrag pro ha. Die durchschnittlichen Hektarerträge der Ackerkulturen orientieren sich dabei an den Angaben der Statistik Austria (2008, 2010), wobei ein Mittel der Ergebnisse aus den Jahren 2007 bis 2010 herangezogen wird. Hier ist zu berücksichtigen, dass die Angaben für Getreide auf einen Feuchtigkeitsgehalt von 15 % und für Körnermais auf 14 % standardisiert sind. Silomais und Hackfrüchte sind hingegen in Frischmasse angegeben (persönliche Mitteilung Statistik Austria, 08.07.2011). Der mittlere Ertrag der Grünlandkulturen entspricht den Angaben von Buchgraber und Gindl (2004). Bei importiertem Sojaextraktionsschrot wird vereinfachend der für Österreich übliche Hektarertrag angenommen. Bei Futtermitteln wie Soja- und Rapsextraktionsschrot oder Trockenschlempe ist zu bedenken, dass es sich hier um Nebenprodukte der Öl- bzw. Bioethanol-Erzeugung handelt und daher nur ein Teil des jeweiligen Hektarertrags als Futtermittel anfällt. Die entsprechende Aufteilung richtet sich nach den Angaben von Hörtenhuber et al. (2011).

4.2.5 Grundlagen zu Maschineneinsatz und Treibstoffverbrauch

Direkter Treibstoffverbrauch ergibt sich vor allem beim Maschineneinsatz in Zusammenhang mit der Futtermittelproduktion und bei Transporttätigkeiten. Zur besseren Veranschaulichung der Auswirkungen auf die THG-Emissionen in den Modellbetrieben wird in weiterer Folge zwischen dem Treibstoffverbrauch im Zuge der Futtermittelproduktion und dem Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten unterschieden.

Treibstoffverbrauch im Zuge der Futtermittelproduktion:

Für die Ermittlung des Treibstoffverbrauchs müssen die einzelnen Arbeitsschritte im Zuge der Futtermittelerzeugung berücksichtigt werden. Dies beinhaltet den gesamten Maschineneinsatz bei Anbau, Pflege, Ernte (inkl. Abtransport des Ernteguts) und Düngung der Acker- und Wiesenkulturen. Bei Silage sind auch die Verdichtungsarbeit am Fahrsilo und die Silage-Zuteilung bei der Fütterung berücksichtigt. Die Berechnung des Treibstoffverbrauchs erfolgt mit Hilfe der ÖKL-Richtwerte (2011) für Kraftstoffverbrauch in der Land- und Forstwirtschaft. Die Berechnung des Treibstoffverbrauchs für zugekaufte Futtermittel erfolgt genau gleich wie für betriebseigenes Futter. Auch für importierte Futtermittel werden vereinfachend dieselben Arbeitsschritte wie bei heimischer Produktion unterstellt.

Um den Treibstoffverbrauch auf ein Tier und ein Jahr zu beziehen, werden in einem ersten Schritt alle notwendigen Arbeitsgänge aufgelistet und der jeweils zugehörige Standardverbrauch aus den ÖKL-Richtwerten (2011) angeführt. Die Arbeitsschritte im Zuge der Futtermittelproduktion entsprechen den von Greimel et al. (2002) angegebenen Standardverfahren und der Standardmechanisierung im Ackerbau bzw. im Grünland. Bei allen flächenbezogenen Arbeiten wird der Standardverbrauch mit der Anzahl der Überfahrten pro Jahr multipliziert, um den Verbrauch in Liter je ha zu erhalten. Auch die Anzahl der Überfahrten, also beispielsweise die Anzahl der Behandlungen mit PSM, die Anzahl der Mineraldünger-Anwendungen oder die Anzahl der Kreiselvorgänge bei der Ernte von Grünland-Futter werden entsprechend den Angaben von Greimel et al. (2002) gewählt. Für Transporttätigkeiten mit dem Traktor ist ein Standardverbrauch in den ÖKL-Richtwerten (2011) mit 0,09 l/t transportierter Nutzmasse und Kilometer angegeben. Für den Abtransport der Ernte muss dieser Wert also mit der Entfernung zwischen Feld und Lagerraum, sowie der zu transportierenden Menge je ha multipliziert werden, um den Verbrauch in l/ha zu erhalten. Bei allen Modellbetrieben wird eine durchschnittliche Feld-Hof Entfernung von 1 km unterstellt. Für den Kraftstoffverbrauch bei der Verdichtungsarbeit am Fahrsilo und der Silage-Zuteilung bei der Fütterung werden die von Sima (2007) ermittelten Werte herangezogen. Demnach kann für die Walzarbeit am Fahrsilo mit 2,32 l/ha und Schnitt gerechnet werden und für die Zuteilung der Silage bei der Fütterung mit 10,20 l/ha und Jahr. Die Werte für den Treibstoffverbrauch in l/ha werden im nächsten Schritt noch mit dem ermittelten Flächenanteil der jeweiligen Kultur multipliziert, um auf den Treibstoffverbrauch in Litern pro Tier und Jahr zu kommen.

Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten:

Für die Berechnung des Treibstoffverbrauchs für Transporttätigkeiten ist vor allem der Transport von zugekauften Futtermitteln vom Herstellungsort zum bäuerlichen Betrieb zu berücksichtigen. Wie bereits erwähnt, wird bei Sojaextraktionsschrot ein gemischter Import aus Brasilien und Nordamerika unterstellt. Hörtenhuber (2008) errechnete für den Transport von Brasilien nach Österreich einen Kraftstoffverbrauch von 0,1274 l je kg Sojaextraktionsschrot. An dieser Stelle sei erwähnt, dass die dabei unterstellten Entfernungen und Transportmittel Annahmen sind und daher je nach

tatsächlicher Herkunft des importierten Futtermittels stark variieren können. Da aber laut Würzner (2011) Kanada, die USA und Brasilien zu den Hauptexportländern von Sojafuttermitteln zählen, können die Berechnungen von Hörtenhuber (2008) als realistisch betrachtet werden. Für den Transport von Sojaextraktionsschrot wird daher vereinfachend sowohl bei einem Import aus Brasilien als auch aus Nordamerika mit einem Treibstoffverbrauch von 0,1274 l je kg gerechnet.

Für die zugekauften Krafftuttermittel aus österreichischer Produktion und für das Mineralfutter muss ebenfalls der Treibstoffverbrauch für den Transport zum Betrieb berücksichtigt werden. Da vor allem die Betriebe in Grünlandgebieten Krafftutter zukaufen müssen, wird ein LKW-Transport von durchschnittlich 150 km unterstellt. Für LKW-Transporte gibt Hörtenhuber (2008) einen mittleren Verbrauch von 5,53 l pro Tonne Fracht und 100 km Entfernung an. Somit errechnet sich ein Dieserverbrauch von 8,3 l/t bzw. 0,0083 l/kg Kraft- bzw. Mineralfutter. Kaufen Betriebe, die sich selbst in Ackerbaugebieten befinden, Krafftutter aus österreichischer Produktion zu, dann wird nur ein Transport von durchschnittlich 50 km unterstellt. Es ergibt sich ein Treibstoffverbrauch von 2,76 l/t bzw. 0,0028 l/kg. In Tabelle 1 sind die Annahmen in Bezug auf den Treibstoffverbrauch beim Transport von zugekauften Kraft- und Mineralfuttermitteln zusammengefasst.

Tabelle 1: Treibstoffverbrauch beim Transport von zugekauftem Kraft- und Mineralfutter

	Verbrauch in l/kg
Transport Sojaextraktionsschrot BRA/USA-Österreich	0,1274
Transport Krafftutter aus österreichischer Produktion (in Ackerbaugebiete)	0,0028
Transport Krafftutter aus österreichischer Produktion (in Grünlandgebiete)	0,0083
Transport Mineralfutter	0,0083

4.2.6 Grundlagen zu Haltungssystem und Wirtschaftsdüngeranfall

Das Haltungssystem spielt für die Ermittlung von THG-Emissionen vor allem durch den damit in Zusammenhang stehenden Anfall von Wirtschaftsdünger eine Rolle. Die Wahl des Haltungssystems in den verschiedenen Modellbetrieben orientiert sich dabei an den Angaben von Greimel et al. (2002). In der Stiermast ist demnach ab 20 Standplätzen die Haltung auf Vollspaltenböden vorherrschend. In der Kalbinnen- und Ochsenmast sowie in der Mutterkuhhaltung sind bei mittelgroßen Betrieben (20-30 Standplätze) Tiefstreulaufställe und einstreulose Laufstallsysteme etwa gleich oft anzutreffen. Bei kleineren Betrieben sind eher Tiefstreulaufställe üblich, bei Großbetrieben nehmen einstreulose Systeme zu. Anbindehaltung ist nur bei Kleinbetrieben mit 5 bis 10 Standplätzen gängig. Dies gilt vor allem für die Stiermast, wogegen Kalbinnen, Ochsen und Mutterkühe auch bei Kleinbetrieben eher in Tiefstreulaufställen gehalten werden.

Die Art des anfallenden Wirtschaftsdüngers ist vom Haltungssystem abhängig. Bei einstreulosen Haltungssystemen wie Vollspaltenböden fällt Gülle an. Bei Systemen mit Einstreu wie Tiefstreulaufställen fällt Festmist an. In der Anbindehaltung erfolgt üblicherweise eine Trennung von Mist und Jauche.

Für die Berechnung der THG-Emissionen sind vor allem die von den Tieren ausgeschiedenen Nährstoffmengen relevant. Die im Wirtschaftsdünger enthaltenen Nährstoffe orientieren sich an den Angaben in den Richtlinien für sachgerechte Düngung des BMLFUW (2006). Die Nährstoffausscheidungen sind dabei für die verschiedenen Tierkategorien in kg je Stallplatz und Jahr angegeben. Um auf die Anfallsmengen der

Masttiere in den Modellbetrieben zu kommen, werden ausgehend von diesen Werten zuerst die Tagesanfallsmengen ermittelt. Über die Tagesanfallsmengen und die Dauer, für die die Masttiere zur jeweiligen Tierkategorie gehören, kann nun die Anfallsmenge je Mastperiode ermittelt werden. Anschließend wird dieser Wert durch die Dauer eines Mastdurchgangs dividiert und mit 365 multipliziert, um auf den Nährstoffanfall pro Tier und Jahr zu kommen. Ist im Mastverlauf eine Weideperiode enthalten, dann wird der Wirtschaftsdüngeranfall dieser Periode abgezogen, da während der Weide die Exkremente direkt am Feld anfallen. Für die Weidezeit wird der Nährstoffanfall extra ausgewiesen. Dafür werden vereinfachend die vom BMLFUW (2006) angegebenen Werte für Jauche und Mist herangezogen. Tabelle 2 zeigt die von den Richtlinien für sachgerechte Düngung abgeleiteten täglichen Anfallsmengen von Stickstoff, Phosphor und Kalium in Gülle und Tiefstreumist.

Tabelle 2: Nährstoffanfall je Tier und Tag in Gülle und Tiefstreumist

Düngerart / Tierkategorie	N _{Brutto} ¹⁾ [kg/Tag]	N _{Lager} ¹⁾ [kg/Tag]	N _{Feld} ¹⁾ [kg/Tag]	P ₂ O ₅ [kg/Tag]	K ₂ O [kg/Tag]
Gülle:					
Kälber < 0,5 Jahre	0,0409	0,0348	0,0303	0,0195	0,0299
Jungrinder 0,5-1 Jahr	0,1109	0,0942	0,0820	0,0370	0,1181
Jungrinder 1-2 Jahr	0,1470	0,1249	0,1087	0,0537	0,2049
Stier, Ochsen ab 2 Jahre	0,1763	0,1499	0,1304	0,0679	0,2326
Kalbinnen ab 2 Jahre	0,1898	0,1614	0,1404	0,0699	0,2855
Mutterkühe ohne Nachzucht	0,1905	0,1619	0,1409	0,0521	0,3263
Tiefstreumist:					
Kälber < 0,5 Jahre	0,0407	0,0285	0,0259	0,0195	0,0299
Jungrinder 0,5-1 Jahr	0,1112	0,0778	0,0708	0,0370	0,1181
Jungrinder 1-2 Jahr	0,1468	0,1027	0,0935	0,0537	0,2049
Stier, Ochsen ab 2 Jahre	0,1765	0,1236	0,1124	0,0679	0,2326
Kalbinnen ab 2 Jahre	0,1898	0,1329	0,1209	0,0699	0,2855
Mutterkühe ohne Nachzucht	0,1906	0,1334	0,1214	0,0521	0,3263
Lämmer bis 1/2 Jahr	0,0269	0,0148	0,0135	0,0055	0,0156
Mutterschafe	0,0384	0,0211	0,0192	0,0110	0,0479

¹⁾ Gülle: N_{Brutto} -15% = N_{Lager}, N_{Lager} -13% = N_{Feld}

²⁾ Tiefstreumist: Rinder: N_{Brutto} -30% = N_{Lager}, N_{Lager} -9% = N_{Feld} / Schafe: N_{Brutto} -45% = N_{Lager}, N_{Lager} -9% = N_{Feld}

4.2.7 Grundlagen zu Boden und Stoffflüssen

Der landwirtschaftlich genutzte Boden spielt vor allem hinsichtlich der Bildung von Lachgas (N₂O) eine wesentliche Rolle. Die Stickstoffflüsse, also die über Wirtschafts- und Mineraldünger ausgebrachten N-Mengen, der biologisch fixierte Stickstoff (Vorfruchtwirkung), Stickstoff in Ernterückständen aber auch N-Verluste (gasförmig, Auswaschung) sind dabei wichtige Faktoren.

Die in den Modellbetrieben angenommene Düngepraxis orientiert sich an den Richtlinien für sachgerechte Düngung des BMLFUW (2006). Da für die Hektarerträge von Ackerkulturen Mittelwerte aus den Ertragszahlen von 2007 bis 2010 gemäß Statistik Austria (2008, 2010) sowie bei Grünlandkulturen die Angaben von Buchgraber und Gindl (2004) herangezogen wurden, wird auch bei den für die Düngung wichtigen Standortfaktoren wie Gründigkeit, Bodenschwere oder Wasserhaushalt von mittleren Verhältnissen ausgegangen. Gemäß BMLFUW (2006) wird auf 85 % der österreichischen Grünlandflächen vorwiegend Wirtschaftsdünger ausgebracht. Bei der Düngung der Grünlandflächen wird daher davon ausgegangen, dass der anfallende Wirtschaftsdünger auf die betriebseigenen Flächen ausgebracht wird und keine Mineral-

düngung erfolgt. Beim ausgebrachten Wirtschaftsdünger wird der feldfallende Stickstoff (N-Ausscheidung abzüglich Stall-, Lager- und Ausbringungsverluste) herangezogen. Erfolgt eine Weidehaltung, werden vereinfachend die für ein Jauche-Mist-System angegebenen Brutto-Stickstoffgehalte als direkte Ausscheidung auf die Weidefläche unterstellt. Auf Kulturweiden erfolgt zudem im Herbst eine Düngung mit Gülle oder Mist. Bei der Düngung der Ackerkulturen wird angenommen, dass die vom BMLFUW (2006) empfohlenen N-Mengen, unter Einbeziehung der Vorfruchtwirkung und der Ernterückstände, im Wesentlichen über Mineraldünger ausgebracht werden. Wirtschaftsdünger werden nur dann auf betriebseigenen Ackerflächen eingesetzt, wenn nach Abzug der benötigten Mengen für die Grundfutterflächen noch Wirtschaftsdüngermengen zur Verfügung stehen.

Laut Hörtenhuber (2008) ist für Getreide die N-Lieferung aus Ernterückständen vernachlässigbar. Maisstroh (für Körnermais) liefert hingegen etwa 10 kg N/ha und Rapsstroh ca. 20 kg N/ha. Gemäß BMLFUW (2006) liefern beispielsweise die Ernterückstände von Rapsstroh 0 bis 30 kg N/Jahr, das Stroh und die Vorfruchtwirkung von Ackerbohne liefern 20 bis 40 kg N/ha und die Vorfruchtwirkung inkl. Stoppeln und Wurzeln nach Umbruch einer Leguminosenzwischenfrucht liefert 10 bis 30 kg N/ha. Gemäß ÖPUL (2007) kann z.B. die Vorfruchtwirkung von Ackerbohne (günstige Vorfrucht für viele Getreide) oder von einjährigem Klee bzw. Luzerne mit 20 kg N/ha bewertet werden. Vereinfachend wird daher bei Getreide und Soja die Wirkung von Vorfrüchten und Ernterückständen mit 20 kg N/ha, bei Mais mit 30 kg N/ha und bei Raps mit 40 kg N/ha bewertet. Tabelle 3 zeigt die Düngeempfehlung des BMLFUW (2006) für ausgewählte Ackerkulturen bei mittlerer Ertragserwartung.

Tabelle 3: Düngeempfehlung entsprechend der Richtlinien für Sachgerechte Düngung

Kultur	Düngeempfehlung		
	[kg N/ha]	[kg P ₂ O ₅ /ha]	[kg K ₂ O/ha]
Weizen	110 – 130	55	80
Roggen	80 – 100	55	80
Triticale	90 – 110	55	80
Wintergerste	100 – 120	55	80
Sommerfuttergerste	80 – 100	55	80
Körnermais	120 – 140	85	200
Silomais	140 – 160	90	225
Raps	120 – 140	75	200
Sojabohne	0 – 60	65	90

N-Verluste (gasförmig, Auswaschung) werden entsprechend den Angaben von Hörtenhuber (persönliche Mitteilung, 19.07.2011) ermittelt. Demnach ergeben sich gasförmige N-Verluste aus dem Wirtschaftsdünger-N-Fluss, wobei bei Gülle mit 40 % und bei Festmist mit 30 % des N-Anfalls gerechnet werden kann. Weitere gasförmige N-Verluste ergeben sich aus dem Boden-N, wobei hier mit etwa 10 % des ausgebrachten N in Mineraldüngern, 20 % des ausgebrachten N in Wirtschaftsdüngern und 20 % der N-Ausscheidungen auf der Weide gerechnet werden kann. Daneben gibt es auch noch N-Verluste über Auswaschung aus dem Boden. Hier kann mit 30 % des gesamten N-Eintrags (Düngung, biologische Fixierung, Ernterückstände) gerechnet werden. Auch die Auswaschung aus der Festmistlagerung kann mit 10 % des N, der aus dem Stall auf den Lagerplatz angeliefert wird, berücksichtigt werden (Hörtenhuber, persönliche Mitteilung, 17.08.2011).

Die über Mineraldünger ausgebrachten Nährstoffmengen spielen nicht nur in Bezug auf die Emissionen aus dem Boden eine Rolle, auch die Herstellung der Mineraldün-

ger ist mit THG-Emissionen verbunden. Die in den einzelnen Modellbetrieben eingesetzten Mineraldüngermengen werden entsprechend der oben angeführten Düngeempfehlung, dem vorhandenen Wirtschaftsdünger sowie der Wirkung von Vorfrüchten und Ernterückständen abgeschätzt.

Auch der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (PSM) muss berücksichtigt werden. Die in den Modellbetrieben ausgebrachten Mengen orientieren sich an den von Hörtenhuber (2008) aus einer Literaturübersicht angegebenen Werten. Demnach liegen die durchschnittlich eingesetzten Mengen an PSM in Deutschland bei 5,6 kg/ha für Weizen, 3 kg/ha für Gerste, 4,3 kg/ha für Mais und 2,2 kg/ha für Raps. Vereinfachend werden für alle weiteren Getreidesorten 3 kg/ha und für Soja 2,2 kg/ha unterstellt.

4.2.8 Stromverbrauch und indirekter Energieaufwand

In Bezug auf den Stromverbrauch in Rindermastbetrieben sind in der Literatur relativ wenige Angaben zu finden. Öhlinger et al. (2008) geben für die Rindermast einen Stromverbrauch je Rind zwischen 220 kWh für Großbetriebe und 1800 kWh für sehr kleine Betriebe an. Die Betriebsgröße hat hier also einen großen Einfluss. Des Weiteren ist zu bedenken, dass die genannte Studie auf Daten aus Oberösterreich beruht und daher von einem relativ großen Anteil intensiverer Mastsysteme auszugehen ist. Extensivere Systeme mit teilweiser Weidehaltung können einen davon deutlich abweichenden Stromverbrauch aufweisen. Detailliertere Werte geben Öhlinger et al. (2008) für Milchproduktionsbetriebe an. Hier geht man von einem durchschnittlichen Stromverbrauch von 5 kWh je 100 kg Milch oder etwa 400 kWh je Kuh und Jahr aus. Nimmt man dies als Ausgangswert und berücksichtigt, dass mehr als 50 % des Stromverbrauchs der Milchgewinnung zugeschrieben werden, könnte man für Rinderbetriebe ohne Milchproduktion einen mittleren Verbrauch von etwa 200 kWh je Tier und Jahr unterstellen. Aufgrund der relativ geringen Information wird vereinfachend bei allen Rindermastbetrieben ein Stromverbrauch von 200 kWh je Tier und Jahr unterstellt. Bei den Lämmermastbetrieben wird mit 20 kWh je Tier und Jahr gerechnet.

Gemäß Sima (2007) und Hörtenhuber (2008) wird der Verbrauch von Treibstoff oder Strom am landwirtschaftlichen Betrieb als direkter Energieaufwand bezeichnet. Dem gegenüber steht der indirekte Energieaufwand für die Bereitstellung von Betriebsmitteln. Dazu zählt laut Sima (2007) vor allem der Energieaufwand für die Herstellung von Mineraldüngern, Pflanzenschutzmitteln sowie Maschinen und Gebäuden. Für die Energiebilanzierung und die Analyse von Energieumsetzungen bei der Bereitstellung von Gütern gibt es nach Sima (2007) verschiedene Methoden wie Produktlinienanalyse, Ökobilanz, Energiebilanz, Energieanalyse oder die Berechnung des kumulierten Energieaufwands. Aufgrund des großen Umfangs kann allerdings eine solche Analyse im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt werden. Da der indirekte Energieaufwand für die Bereitstellung von Maschinen und Gebäuden auch in vergleichbaren internationalen THG-Bilanzierungen meist keine Berücksichtigung findet, wird darauf auch in dieser Arbeit verzichtet. Unter Annahme einer in etwa gleichen Größe der Modellbetriebe mit einer ähnlichen Gebäude- und Maschinenausstattung kann auch davon ausgegangen werden, dass die THG-Emissionen in diesem Bereich sehr ähnlich sind. Die THG-Emissionen im Zusammenhang mit der Herstellung von Mineraldüngern und Pflanzenschutzmitteln werden hingegen sehr wohl berücksichtigt und werden in Abhängigkeit von der ausgebrachten Wirkstoffmenge (siehe jeweils Kapitel Boden und Stoffflüsse) abgeleitet.

4.2.9 Aufzucht der Jungtiere und vorgelagerte Produktionssysteme

In den Modellbetrieben Stiermast-Intensiv und Stier-Wirtschaftsmast wird davon ausgegangen, dass die Jungtiere im Alter von etwa 4 Monaten und einer Lebendmasse von ca. 150 kg aus der Milchviehhaltung zugekauft werden. Nach Habermann und Wöllinger (2003) kommt der größte Teil der gehandelten Kälber (70-80%) aus Betrieben mit herkömmlicher Aufzucht. Hier werden die Kälber 12 Wochen mit Milch gefüttert. Gemäß Steinwider (2003) liegt der Milchbedarf in der herkömmlichen Kälberaufzucht bei 350 - 600 l und der Bedarf an Kälberkraftfutter bis zur 13. Woche bei 40 - 60 kg. Rechnet man nach dem Absetzen mit einem Kraftfüttereinsatz von 1,7 kg pro Tag, dann kommen bis zum Verkauf noch einmal etwa 60 kg Kraftfutter hinzu. Nach eigenen Berechnungen liegt der gesamte Futterverzehr des Kalbes bis zum Verkauf bei etwa 235 kg Trockenmasse (T). Zieht man hiervon 61,75 kg T Milch (475 Liter, 13% T) und 96,8 kg T Kraftfutter ab, dann ergibt sich eine Grundfutteraufnahme von 76,45 kg T. Nach Steinwider (2003) wird dabei in der ersten Phase der Aufzucht hauptsächlich Heu eingesetzt, danach kann kontinuierlich auf Silage umgestellt werden um die Jungtiere an die Aufnahme von Gras- oder Maissilage zu gewöhnen.

Die Modellbetriebe mit Kalbinnenmast und Ochsenmast kaufen die Jungtiere als Einsteller aus der Mutterkuhhaltung zu. Diese entspricht im Wesentlichen der Jungrinderproduktion (siehe Punkt 4.7). Der Unterschied besteht darin, dass die Jungtiere schon etwas früher, mit ca. 9 Monaten und 280 bis 300 kg Lebendmasse, von den Mutterkühen abgesetzt werden und danach als Einsteller in die Mast kommen. Auch die Qualität der Futtergrundlage sowie die Milchleistung der Mutterkühe und die Tageszunahmen der Jungtiere können theoretisch etwas niedriger sein. Gemäß Hager (persönliche Mitteilung, 21.07.2011; Landwirtschaftskammer Oberösterreich) sind die Mutterkuhbetriebe zumeist auch entweder auf Jungrinder- oder Einstellerproduktion spezialisiert, wobei in den Berggebieten eher Einstellerproduktion und in Bundesländern wie Oberösterreich eher Jungrinderproduktion erfolgt.

Bei der Altkuhhausmast ist zu bedenken, dass die Altkühe ein Koppelprodukt der Milchkuhhaltung darstellen. Entscheidend ist nun die Überlegung, dass sich die während der Ausmast anfallenden THG-Emissionen nur auf die zusätzlich gewonnene Fleischmenge beziehen, da die Kuh ansonsten als nicht ausgemästet Altkuh geschlachtet worden wäre.

4.3 Modellierung Produktionssystem Stiermast-Intensiv

Im Folgenden wird der Modellbetrieb für das Produktionssystem Stiermast-Intensiv in allen für die Verursachung von THG-Emissionen relevanten Bereichen beschrieben.

4.3.1 Masttiere

Es wird angenommen, dass die Jungtiere beim Zukauf etwa 4 Monate alt sind und eine mittlere Lebendmasse (LM) von 150 kg aufweisen. Die Stiere werden anschließend bis zu einer LM von 700 kg intensiv gemästet. Bei durchschnittlichen Tageszunahmen von 1300 g bedeutet dies eine Mastdauer von etwa 425 Tagen. In der Schlachtstatistik der Statistik Austria (2010a) ist für Stiere eine Schlachtausbeute von durchschnittlich 56 % angegeben. Unter Annahme einer solchen Ausschachtung ergibt sich eine Schlachtkörpermasse von 392 kg. Versuche von Frickh et al. (2002) zeigen bei Stieren im Mittel einen Muskelfleischanteil von etwa 69,7 % des Schlachtkörpers. Die Fleischanalyse ergibt dabei einen Trockenmassegehalt von etwa 25,6 % sowie einen Proteingehalt von 22,1 % und einen Fettgehalt von 2,3 %. Rechnet man

mit diesen Werten, so ergeben sich 273,22 kg Fleisch, 69,94 kg Fleisch-Trockenmasse, 60,38 kg Protein und 6,28 kg Fett. Gemäß DLG (1995) liegt der Brennwert von Fett bei 39,0 kJ/g und von Protein bei 22,6 kJ/g. Somit errechnet sich für das gesamte Muskelfleisch ein Energiegehalt von 1609,51 MJ. Die wichtigsten Annahmen bezüglich intensiv gemästeter Stiere sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Stiermast-Intensiv – Eckdaten zu den Maststieren

Lebendmasse beim Zukauf	150 kg
Lebendmasse bei Mastende	700 kg
Mittlere Tageszunahmen	1,30 kg
Mastdauer	425 Tage
Schlachtkörpermasse	392,0 kg
Muskelfleisch	273,22 kg
Muskelfleisch-T	69,94 kg
Protein im Muskelfleisch	60,38 kg
Fett im Muskelfleisch	6,28 kg
Brennwert Muskelfleisch	1609,51 MJ

4.3.2 Fütterung und Rationsgestaltung

Die Auswahl der Rationszusammensetzung für das Produktionssystem Stiermast-Intensiv orientiert sich im Wesentlichen an den Empfehlungen von Habermann und Wöllinger (2003), Wiedner und Habermann (2002) sowie Wiedner (2010). In der Praxis erscheint demnach eine Aufteilung in zwei Mastabschnitte (<400 kg LM und >400 kg LM) als sinnvoll und arbeitswirtschaftlich vertretbar. Dadurch wird es möglich, die Nährstoffversorgung in den beiden Abschnitten besser an den Bedarf der Tiere anzupassen. Als entscheidendes Grundfuttermittel kommt in beiden Mastabschnitten Maissilage in die Ration, welche ad libitum angeboten wird. Da für eine optimale Stiermast eine gute Qualität der Maissilage erforderlich ist, sollte der Kolbenanteil möglichst hoch sein und die Ernte erst mit Ende der Teigreife erfolgen. Um eine Übersäuerung im Pansen zu vermeiden, kommt im ersten Mastabschnitt 0,45 kg T und im zweiten Abschnitt 0,25 kg T überständiges Heu in die Ration. Beim Krafftutter sollten gemäß Habermann und Wöllinger (2003) in beiden Mastabschnitten die gleichen Futterkomponenten zum Einsatz kommen. Wurde früher vorwiegend Sojaextraktionsschrot als Eiweißkomponente eingesetzt, so werden heute vermehrt auch heimische Eiweißfuttermittel wie Rapsextraktionsschrot, Rapskuchen oder Trockenschlempe („ActiProt“) eingesetzt. Nach Wiedner (persönliche Mitteilung, 07.07.2011; Landwirtschaftskammer Niederösterreich) wird in der Praxis im 1. Mastabschnitt häufig Sojaextraktionsschrot in Kombination mit den erwähnten heimischen Proteinträgern (Verhältnis etwa 50:50) eingesetzt, im 2. Mastabschnitt werden oftmals nur noch die heimischen Eiweißalternativen verwendet. Im Modellbetrieb wird daher im ersten Mastabschnitt eine Krafftutterzusammensetzung aus 0,65 kg T Sojaextraktionsschrot, 0,325 kg T Rapsextraktionsschrot, 0,325 kg T Trockenschlempe sowie jeweils 0,45 kg T Körnermais und Weizen (Energieträger) angenommen. Im 2. Mastabschnitt setzt sich das Krafftutter aus 0,70 kg T Rapsextraktionsschrot, 0,70 kg T Trockenschlempe, 0,55 kg T Körnermais und 0,55 kg T Weizen zusammen. Zur Deckung des Bedarfs an Mengen- und Spurenelementen sowie Vitaminen kommen 100 g Mineralstoff-Ergänzung (Mineralfutter, Futterkalk, Viehsalz) in die Ration. Tabelle 5 zeigt die Rationszusammensetzung der beiden Mastabschnitte sowie die wichtigsten Inhaltsstoffe.

Tabelle 5: Stiermast-Intensiv – Rationszusammensetzung im Mastverlauf

Abschnitt	Futtermittel	Futtermittelaufnahme [kg T/Tag]	ME [MJ/kg T]	XP [g/kg T]	nXP [g/kg T]	XF [g/kg T]	
Erster Mastabschnitt 150-400 kg	Maissilage	ad libitum	11,01	76	132	178	
	Heu	0,45	8,12	89	105	349	
	Sojaextr.schrot	0,65	13,75	510	308	67	
	Rapsextr.schrot	0,325	11,99	399	219	131	
	Trockenschlempe	0,325	12,20	370	265	64	
	Körnermais	0,45	13,29	106	164	26	
	Weizen	0,45	13,37	138	172	29	
	Mineralfutter	0,10					
Zweiter Mastabschnitt 400-700 kg	Maissilage	ad libitum	11,01	76	132	178	
	Heu	0,25	8,12	89	105	349	
	Rapsextr.schrot	0,70	11,99	399	219	131	
	Trockenschlempe	0,70	12,20	370	265	64	
	Körnermais	0,55	13,29	106	164	26	
	Weizen	0,55	13,37	138	172	29	
	Mineralfutter	0,10					

4.3.3 Futterbedarf

Der Futterbedarf pro Stier und Jahr wird in Abhängigkeit von der oben angeführten Rationszusammensetzung, der täglichen T-Aufnahme und der Mastdauer ermittelt. Die Berechnung erfolgt wie in Punkt 4.2.3 beschrieben. Die tägliche Futtermittelaufnahme orientiert sich an den Angaben der LfL (2011). Es ergibt sich eine gesamte Futtermittelaufnahme von 3385,41 kg T pro Stier und Mastperiode. Umgerechnet bedeutet dies einen Futterbedarf pro Stier und Jahr von 2860,36 kg T. Der Futterbedarf pro Stier ist in Tabelle 6 zusammengefasst.

Tabelle 6: Stiermast-Intensiv – Futterbedarf je Stier und Mastperiode bzw. Jahr

Futtermittel	Futterbedarf gesamte Mast [kg T]	Futterbedarf pro Jahr [kg T]
Maissilage	2193,16	1.853,02
Heu	144,25	121,88
Sojaextraktionsschrot	123,5	104,35
Rapsextraktionsschrot	226,25	191,16
Trockenschlempe	226,25	191,16
Körnermais	214,75	181,44
Weizen	214,75	181,44
Mineralfutter	42,5	35,91
SUMME	3385,41	2860,36

4.3.4 Futtermittelherkunft und Flächenbedarf für die Futterproduktion

Da Maissilage das wichtigste Futtermittel für die intensive Stiermast in Österreich darstellt, wird davon ausgegangen, dass sich der Modellbetrieb im Ackerbaug Gebiet befindet. Maissilage, Heu, Körnermais, Weizen und Raps können daher am Betrieb angebaut werden. Trockenschlempe wird zugekauft und stammt aus österreichischer Produktion. Auch Sojaextraktionsschrot wird zugekauft, wobei ein Import je zur Hälfte aus Brasilien und Nordamerika unterstellt wird.

Die benötigte Fläche für die Erzeugung der betriebseigenen Futtermittel ergibt sich aus dem jährlichen Bedarf der Futterkomponenten und dem mittleren Hektarertrag. Auf gleiche Weise erfolgt die Berechnung des Flächenbedarfs für das importierte So-

jaextraktionsschrot, wobei vereinfachend der bei uns übliche Hektarertrag unterstellt wird. Wie auch Tabelle 7 zeigt, errechnet sich für die Produktion aller in der Ration enthaltenen Futterkomponenten ein gesamter Flächenbedarf von 0,5164 ha. Nach eigenen Berechnungen kann für das vorgelagerte Produktionssystem (Kälberaufzucht), unter Berücksichtigung des Anteils der Milchkuh, zusätzlich mit einem Flächenbedarf von 0,1066 ha gerechnet werden.

Tabelle 7: Stiermast-Intensiv – Flächenbedarf für die Futterproduktion

Futtermittel	Futtermenge pro Jahr [kg T]	Mittlerer Ertrag [kg T/ha]	Benötigte Fläche [ha]
Maissilage	1.853,02	12570	0,1474
Heu	121,88	7000	0,0174
Rapsextraktionsschrot	191,16	1619	0,1181
Trockenschlempe	191,16	1891	0,1011
Körnermais	181,44	8813	0,0206
Weizen	181,44	4337	0,0418
Sojaextr.schrot (zugekauft)	104,35	1490	0,0700
Flächenbedarf je Maststier (Mastbetrieb)			0,5164
Flächenbedarf vorgelagertes Produktionssystem (Kälberaufzucht): Kalb 0,0374 ha + Anteil Milchkuh 0,0692 ha			0,1066
SUMME			0,6230

4.3.5 Maschineneinsatz und Treibstoffverbrauch

Die Berechnung des Treibstoffverbrauchs erfolgt mit Hilfe der ÖKL-Richtwerte (2011), wie dies in Punkt 4.2.5 beschrieben wurde.

Treibstoffverbrauch im Zuge der Futtermittelproduktion:

In Tabelle 8 ist der Treibstoffverbrauch im Zuge der Futtermittelproduktion pro Stier und Jahr dargestellt. Mit Ausnahme von Sojaextraktionsschrot werden alle Futtermittel am Betrieb erzeugt. Bei der Produktion des importierten Sojaextraktionsschrots werden für den Anbau der Sojabohne vereinfachend dieselben Arbeitsschritte wie bei heimischer Produktion unterstellt.

Tabelle 8: Stiermast-Intensiv – Treibstoffverbrauch im Zuge der Futterproduktion

Kultur	Verbrauch je ha [l/ha]	Fläche [ha]	Gesamtverbrauch [l]
Maissilage	102,48	0,1474	15,11
Heu	109,00	0,0174	1,90
Körnermais	78,92	0,0206	1,62
Weizen	115,46	0,0418	4,83
Rapsextraktionsschrot	65,58	0,1181	7,74
Sojaextraktionsschrott (zugekauft)	56,54	0,0700	3,96
Trockenschlempe (zugekauft)	71,50	0,1011	7,23
SUMME (pro Stier und Jahr)			42,39

Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten:

Die Berechnung des Treibstoffverbrauchs für den Transport der zugekauften Futtermittel erfolgt in Abhängigkeit von der benötigten Menge und den zugehörigen Verbrauchswerten (siehe Punkt 4.2.5). Raps wird zwar am Betrieb angebaut, muss aber

zur Extraktion zum Verarbeitungsbetrieb und zurück transportiert werden. Trockenschlempe (ActiProt) wird in Pischelsdorf in Niederösterreich produziert, daher wird eine etwas größere Transportstrecke angenommen. Auch der Transport des Kalbes vom Aufzuchtbetrieb zum Mastbetrieb wird berücksichtigt. Unter Annahme eines Verbrauchs von 0,0553 l je t u. km (LKW-Transport), einer durchschnittlichen Entfernung von 50 km und einer Lebendmasse des Kalbens von 150 kg errechnet sich ein Treibstoffverbrauch von 0,4148 l. Da dieser Transport aber nur 1-mal pro Mast nötig ist, wird der Wert noch auf ein Jahr umgelegt. Somit ergibt sich ein Verbrauch von etwa 0,35 l für den Transport des Kalbes zum Mastbetrieb. In Tabelle 9 ist der Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten zusammengefasst.

Tabelle 9: Stiermast-Intensiv – Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten

Transport	Verbrauch [l/kg]	Transportmasse [kg]	Gesamtverbrauch [l]
Transport-Extr.schrot (BRA/USA–Österr.)	0,1274	118,58	15,11
Transport Rapsextraktionsschrot	0,0028	217,23	0,61
Transport Trockenschlempe	0,0083	217,23	1,80
Transport Mineralfuttermittel (LKW)	0,0083	35,91	0,30
Transport Kalb zu Mastbetrieb			0,35
SUMME (pro Stier und Jahr)			18,17

4.3.6 Haltungssystem und Wirtschaftsdüngeranfall

Im Modellbetrieb Stiermast-Intensiv wird von einer Haltung auf Vollspaltenböden ausgegangen. Als Wirtschaftsdünger fällt in diesem System Gülle an. Die Ermittlung des Nährstoffanfalls erfolgt mit Hilfe der täglichen Anfallsmengen (siehe Punkt 4.2.6) und der Dauer, in der die Stiere der jeweiligen Tierkategorie zugeordnet werden. Tabelle 10 zeigt die in der Gülle enthaltenen Nährstoffe pro Stier und Mastdurchgang bzw. pro Stier und Jahr.

Tabelle 10: Stiermast-Intensiv – Nährstoffmengen in der Gülle

Alter	N _{Brutto} [kg]	N _{Lager} ¹ [kg]	N _{Feld} ² [kg]	P ₂ O ₅ [kg]	K ₂ O [kg]
4. bis 6. Lebensmonat	2,46	2,09	1,82	1,17	1,79
6. bis 12. Lebensmonat	19,96	16,96	14,76	6,66	21,25
12. bis 18. Lebensmonat	27,19	23,11	20,11	9,93	37,91
Summe pro Mastdurchgang	49,61	42,16	36,68	17,76	60,96
Summe pro Jahr	41,91	35,63	30,99	15,00	51,50

¹N_{Brutto} abzüglich 15% Stall- und Lagerverluste = N_{Lager}

²N_{Lager} abzüglich 13% Ausbringungsverluste = N_{Feld}

4.3.7 Boden und Stoffflüsse

Im Modellbetrieb Stiermast-Intensiv wird Stickstoff über Gülle und Mineraldünger auf die beanspruchten Nutzflächen ausgebracht. Zusätzlich kommen noch Stickstoffeinträge über Vorfruchtwirkung und Ernterückstände in den Boden. In Tabelle 11 ist der gesamte Stickstoffeintrag aus Gülle, Mineraldünger, Ernterückständen und Vorfruchtwirkung auf den beanspruchten Flächen zusammengefasst. Tabelle 12 zeigt die über Mineraldünger ausgebrachten Mengen an Stickstoff (N), Phosphor (P₂O₅) und Kalium (K₂O), sowie die eingesetzte Menge an Pflanzenschutzmitteln (PSM) auf der beanspruchten Fläche. In Tabelle 13 sind die gasförmigen N-Verluste aus dem

Wirtschaftsdünger-N, sowie aus dem Boden-N und die N-Verluste durch Auswaschung aus dem Boden dargestellt.

Tabelle 11: Stiermast-Intensiv – Gesamter N-Eintrag auf den beanspruchten Flächen

Kultur	N aus Gülle, Mineraldünger, Vorfrucht, Ernterückständen		
	[kg N/ha u. Jahr]	Fläche [ha]	[kg N/Jahr]
Maissilage	160,00	0,1474	23,59
Heu	120,00	0,0174	2,09
Körnermais	140,00	0,0206	2,88
Weizen	130,00	0,0418	5,44
Raps	130,00	0,1181	15,35
Trockenschlempe	130,00	0,1011	13,14
Sojabohne	60,00	0,0700	4,20
SUMME		0,5164	66,69

Tabelle 12: Stiermast-Intensiv – Mineraldünger- u. PSM-Einsatz auf den beanspruchten Flächen

[kg N/Jahr]	Mineraldüngung		PSM [kg/Jahr]
	[kg P ₂ O ₅ /Jahr]	[kg K ₂ O/Jahr]	
20,66	22,41	30,09	1,75

Tabelle 13: Stiermast-Intensiv – N-Verluste aus Wirtschaftsdünger-N und Boden-N

Verlustquelle	Gasförmige N-Verluste [kg N/Jahr]	Auswaschung [kg N/Jahr]
Wirtschaftsdünger-N	16,76	-
Boden-N	8,30	20,01

4.4 Modellierung Produktionssystem Stier-Wirtschaftsmast

Laut Murauer (2004) versteht man unter Wirtschaftsmast jene Mastmethoden, in denen entweder zeitlich begrenzt oder andauernd ein niedrigeres Fütterungsniveau als in der intensiven Stiermast vorliegt, das mit niedrigeren täglichen Zunahmen der Masttiere einhergeht.

4.4.1 Masttiere

Auch im Modellbetrieb Stier-Wirtschaftsmast wird eine Mast ab Kalb angenommen. Die Jungtiere werden mit etwa 4 Monaten und 150 kg Lebendmasse zugekauft. In der Vormastphase von 150 bis etwa 300 kg ist die Fütterungsintensität eher niedrig. In dieser Phase wird von durchschnittlich 700 g Tageszunahmen ausgegangen. Daran schließt eine intensive Haupt- und Endmast bis zum Erreichen der Mastendmasse von ca. 650 kg an. Gemäß Hanselmann (2005) sollten hier Tageszunahmen von 1200 g erreicht werden. Es ergibt sich eine Mastdauer von 506 Tagen, die sich aus 214 Tagen Vormast und 292 Tagen Haupt- und Endmast zusammensetzt. Die Ausschachtung wird, wie bei der intensiven Stiermast, mit 56 % angenommen. Somit ergibt sich eine Schlachtkörpermasse von 364 kg. Der Muskelfleischanteil (69,7 %) sowie der Trockenmasse- (25,6 %), Protein- (22,1 %) und Fettgehalt (2,3 %) des Fleisches orientieren sich, wie bei der intensiven Stiermast, an den Versuchsergebnissen von Frickh et al. (2002). Wie auch in Tabelle 14 ersichtlich, ergeben sich 253,71 kg Fleisch, 64,95 kg Fleisch-T, 56,07 kg Protein und 5,84 kg Fett. Daraus errechnet sich ein Energiegehalt des Muskelfleisches von 1494,94 MJ.

Tabelle 14: Stier-Wirtschaftsmast – Eckdaten zu den Maststieren

Lebendmasse beim Zukauf	150 kg
Lebendmasse bei Mastende	650 kg
Mittlere Tageszunahmen	0,7 kg (Vormast) / 1,2 kg (Haupt-/Endmast)
Mastdauer	506 Tage
Schlachtkörpermasse	364 kg
Muskelfleisch	253,71 kg
Muskelfleisch-T	64,95 kg
Protein im Muskelfleisch	56,07 kg
Fett im Muskelfleisch	5,84 kg
Brennwert Muskelfleisch	1494,94 MJ

4.4.2 Fütterung und Rationsgestaltung

In der Stier-Wirtschaftsmast werden nach Hanselmann (2005) die Stiere in der Vormastphase bis etwa 300 kg relativ knapp gefüttert. Da diese Phase sowohl in die Sommer- als auch Winterfütterungsperiode fallen kann, wird in der vorliegenden Arbeit zwischen 150 - 300 kg Lebendmasse je zur Hälfte eine Weidehaltung sowie eine Stallfütterung mit Grassilage und Heu unterstellt. Nach dieser Phase mit niedriger Fütterungsintensität (ohne Krafffutter) kommen die Stiere in die Haupt- bzw. Endmast. Diese muss gemäß Hanselmann (2005) intensiv betrieben werden, um das kompensatorische Wachstum nutzen zu können. Da angenommen wird, dass sich der Betrieb im Grünlandgebiet befindet, kommt als wesentliches Grundfutter Grassilage in die Ration und wird ad libitum angeboten. Aus physiologischen Gründen wird den Tieren auch noch etwas Heu (0,25 kg T je Tag) angeboten. Nach Steinwider (2003) muss bei Grünlandrationen das Grundfutter mit relativ hohen Krafffuttermengen kombiniert werden. Das Krafffutter setzt sich daher im Lebendmassebereich 300 - 400 kg aus 1,4 kg T Weizen, 1,0 kg T Körnermais und 0,25 kg T Rapsextraktionschrot zusammen. Ab etwa 400 kg Lebendmasse kann gemäß Steinwider (2003) auf eine Eiweißergänzung verzichtet werden. Dafür sind relativ hohe Mengen an energiebetonten Komponenten (3-4 kg) nötig, um den Energiebedarf zu decken. Ab 400 kg kommen daher 2,0 kg T Weizen und 1,1 kg Körnermais in die Ration. Tabelle 15 zeigt die Rationsgestaltung im Verlauf der Mast.

Tabelle 15: Stier-Wirtschaftsmast – Rationszusammensetzung im Mastverlauf

Abschnitt	Futtermittel	Futtermittel [kg T/Tag]	ME [MJ/kg T]	XP [g/kg T]	nXP [g/kg T]	XF [g/kg T]
Vormast ¹ 150-300 kg	Grassilage	ad libitum	9,88	164	133	241
	Heu	0,45	9,11	123	121	280
	Mineralfutter	0,06				
Vormast ¹ 150-300 kg	Weidegras	ad libitum	10,35	210	135	177
	Mineralfutter	0,06				
Endmast 300-400 kg	Grassilage	ad libitum	9,88	164	133	241
	Heu	0,25	9,11	123	121	280
	Weizen	1,40	13,41	148	174	27
	Körnermais	1,00	13,29	106	164	26
	Rapsextr.schrot	0,25	11,99	399	219	131
Endmast 400-650 kg	Grassilage	ad libitum	9,88	164	133	241
	Heu	0,25	9,11	123	121	280
	Weizen	2,00	13,41	148	174	27
	Körnermais	1,10	13,29	106	164	26
	Mineralfutter	0,10				

¹In der Vormast wird je zur Hälfte von Stallfütterung bzw. Weide ausgegangen

4.4.3 Futterbedarf

Die Ermittlung des Futterbedarfs pro Stier und Jahr erfolgt wieder in Abhängigkeit von der Rationsgestaltung, der täglichen Futteraufnahme und der Mastdauer bzw. der Dauer, in der die einzelnen Komponenten verfüttert werden. Die tägliche T-Aufnahme orientiert sich dabei an den Angaben von Wiedner und Habermann (2002) sowie den Angaben der LfL (2011). Es errechnet sich ein Gesamtfutterbedarf von 3477,38 kg T je Stier und Mastperiode bzw. 2474,16 kg T pro Stier und Jahr (siehe Tabelle 16).

Tabelle 16: Stier-Wirtschaftsmast – Futterbedarf je Stier und Mastperiode bzw. Jahr

Futtermittel	Futterbedarf gesamte Mast [kg T]	Futterbedarf pro Jahr [kg T]
Grassilage	1.971,48	1.422,12
Weidegras	474,86	342,54
Heu	121,15	87,39
Weizen	534,20	385,34
Körnermais	312,90	225,71
Rapsextraktionsschrot	20,75	14,97
Mineralfutter	42,04	30,33
SUMME	3477,38	2474,16

4.4.4 Futtermittelherkunft und Flächenbedarf für die Futterproduktion

Es wird angenommen, dass sich der Betrieb im Grünlandgebiet befindet. Für Weide, Grassilage und Heu stehen betriebseigene Flächen zur Verfügung. Die Kraftfuttermittel Weizen, Körnermais und Rapsextraktionsschrot müssen zugekauft werden und stammen aus österreichischer Produktion.

Zur Ermittlung des Flächenbedarfs für die Futtermittelproduktion werden wiederum der jährliche Futterbedarf sowie der mittlere Hektarertrag der jeweiligen Kultur herangezogen. Grassilage wird auf Grünlandflächen mit vier Schnitten erzeugt, Heugewinnung und Weide erfolgen auf Flächen mit drei Nutzungen. Wie auch Tabelle 17 zeigt, ergibt sich für die Produktion aller in der Ration vorhandenen Futtermittel ein Flächenbedarf von 0,3669 ha. Nach eigenen Berechnungen kann für das vorgelagerte Produktionssystem (Kälberaufzucht), unter Berücksichtigung des Anteils der Milchkuh, zusätzlich mit einem Flächenbedarf von 0,0903 ha gerechnet werden.

Tabelle 17: Stier-Wirtschaftsmast – Flächenbedarf für die Futterproduktion

Futtermittel	Futtermenge pro Jahr [kg T]	Mittlerer Ertrag [kg T/ha]	Benötigte Fläche [ha]
Grassilage	1.402,71	8500	0,1650
Weidegras	337,86	5000	0,0676
Heu	86,20	7000	0,0123
Weizen (zugekauft)	380,08	4337	0,0876
Körnermais (zugekauft)	222,63	8813	0,0253
Rapsextr.schrot (zugekauft)	14,76	1619	0,0091
Flächenbedarf je Maststier (Mastbetrieb)			0,3669
Flächenbedarf vorgelagertes Produktionssystem (Kälberaufzucht): Kalb 0,0322 ha, Anteil Milchkuh 0,0518			0,0903
SUMME			0,4572

4.4.5 Maschineneinsatz und Treibstoffverbrauch

Die Berechnung des Treibstoffverbrauchs im Produktionssystem Stiermast-Wirtschaftsmast erfolgt wiederum mit Hilfe der ÖKL-Richtwerte (2011), wie dies in Punkt 4.2.5 beschrieben wurde.

Treibstoffverbrauch im Zuge der Futtermittelproduktion:

In Tabelle 18 ist der Treibstoffverbrauch im Zuge der Futtermittelproduktion pro Stier und Jahr dargestellt.

Tabelle 18: Stier-Wirtschaftsmast – Treibstoffverbrauch im Zuge der Futterproduktion

Kultur	Verbrauch je ha [l/ha]	Fläche [ha]	Gesamtverbrauch [l]
Grassilage	129,48	0,1650	21,37
Heu	109,00	0,0123	1,34
Weide	13,00	0,0676	0,88
Weizen	103,46	0,0876	9,07
Körnermais	72,92	0,0253	1,84
Rapseextraktionsschrot	65,58	0,0091	0,60
SUMME (pro Stier und Jahr)			35,10

Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten:

Die Berechnung des Treibstoffverbrauchs für den Transport der zugekauften Futtermittel erfolgt wiederum in Abhängigkeit von der benötigten Menge und den zugehörigen Verbrauchswerten (siehe Punkt 4.2.5). Für den Transport des Kalbes vom Aufzuchtbetrieb zum Mastbetrieb wird wie in der intensiven Stiermast ein Treibstoffverbrauch von 0,4148 l unterstellt. Da der Transport aber nur 1-mal pro Mast nötig ist, wird dieser Wert noch auf ein Jahr umgerechnet. Somit ergibt sich ein Verbrauch von 0,295 l für den Transport des Kalbes zum Mastbetrieb. In Tabelle 19 ist der Treibstoffverbrauch im Zuge von Transporttätigkeiten dargestellt.

Tabelle 19: Stier-Wirtschaftsmast – Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten

Transport	Verbrauch [l/kg]	Transportmasse [kg]	Gesamtverbrauch [l]
Transport Kraftfutter (Ö.)	0,0083	701,68	5,82
Transport Mineralfuttermittel (Ö.)	0,0083	29,91	0,25
Transport Kalb zu Mastbetrieb			0,295
SUMME (pro Stier und Jahr)			6,37

4.4.6 Haltungssystem und Wirtschaftsdüngeranfall

Bei der Stier-Wirtschaftsmast wird ebenfalls von einer Haltung auf Vollspaltenböden ausgegangen. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Jungtiere während der extensiven Fütterungsphase etwa 3,5 Monate auf der Weide gehalten werden.

Als Wirtschaftsdünger fällt auch in diesem Modellbetrieb Gülle an. Die Berechnung der in der Gülle enthaltenen Nährstoffmengen erfolgt wie es im Punkt 4.2.6 beschrieben wurde. Der Nährstoffanfall in der Gülle je Stier und Mastdurchgang bzw. je Stier und Jahr ist in Tabelle 20 zusammengefasst.

Tabelle 20: Stier-Wirtschaftsmast – Nährstoffmenge in der Gülle

Alter	N _{Brutto} [kg]	N _{Lager} ¹ [kg]	N _{Feld} ² [kg]	P ₂ O ₅ [kg]	K ₂ O [kg]
4. bis 6. Lebensmonat	2,46	2,09	1,82	1,17	1,79
6. bis 12. Lebensmonat	19,96	16,96	14,76	6,66	21,25
12. bis 21. Lebensmonat	39,10	33,23	28,91	14,28	54,51
Abzüglich Weideperiode	-11,86	-10,08	-8,77	-3,96	-12,63
Summe pro Mastdurchgang (Stall)	49,65	42,20	36,71	18,15	64,92
Summe pro Jahr (Stall)	35,32	30,02	26,12	12,91	46,19
Summe pro Mastdurchgang (Weide) ³	9,79			3,96	12,63
Summe pro Jahr (Weide) ³	6,97			2,82	8,99

¹N_{Brutto} abzüglich 15% Stall- und Lagerverluste = N_{Lager}

²N_{Lager} abzüglich 13% Ausbringungsverluste = N_{Feld}

³Werte entsprechen dem Nährstoffgehalt von Jauch und Mist

4.4.7 Boden und Stoffflüsse

Im Modellbetrieb Stiermast-Wirtschaftsmast kommen Stickstoffeinträge über Gülle, direkte Kot- und Harnausscheidungen (Weide), Mineraldünger, Ernterückstände und Vorfruchtwirkung auf die beanspruchten Flächen. In Tabelle 21 ist der gesamte Stickstoffeintrag auf den beanspruchten Flächen zusammengefasst. Tabelle 22 zeigt die über Mineraldünger ausgebrachten Mengen an Stickstoff (N), Phosphor (P₂O₅) und Kalium (K₂O), sowie die eingesetzte Menge an Pflanzenschutzmitteln. In Tabelle 23 sind die gasförmigen N-Verluste aus dem Wirtschaftsdünger-N sowie aus dem Boden-N und die N-Verluste durch Auswaschung aus dem Boden dargestellt.

Tabelle 21: Stier-Wirtschaftsmast – Gesamter N-Eintrag auf den beanspruchten Flächen

Kultur	N aus Gülle, Kot, Harn, Mineraldünger, Vorfrucht, Ernterückständen		
	[kg N/ha u. Jahr]	Fläche [ha]	[kg N/Jahr]
Grassilage	150,38	0,1650	24,82
Weide	103,13	0,0676	6,97
Heu	106,06	0,0123	1,31
Weizen	120,00	0,0876	10,52
Körnermais	130,00	0,0253	3,28
Raps	130,00	0,0091	1,19
SUMME		0,3669	48,08

Tabelle 22: Stier-Wirtschaftsmast – Mineraldünger- u. PSM-Einsatz auf den beanspruchten Flächen

[kg N/Jahr]	Mineraldüngung [kg P ₂ O ₅ /Jahr]	[kg K ₂ O/Jahr]	PSM [kg/Jahr]
12,11	7,56	12,88	0,62

Tabelle 23: Stier-Wirtschaftsmast – N-Verluste aus Wirtschaftsdünger-N und Boden-N

Verlustquelle	Gasförmige N-Verluste [kg N/Jahr]	Auswaschung [kg N/Jahr]
Wirtschaftsdünger-N	14,13	-
Boden-N	7,83	14,42

4.5 Modellierung Produktionssystem Ochsenmast

In der Ochsenmast sind in der Praxis verschiedene Varianten möglich. Im vorliegenden Fall wird von einer Ochsenmast im Grünlandgebiet ausgegangen.

4.5.1 Mastochsen

Nach Steinwider (2003) kann bei der Ochsenmast eine Mast ab Kalb oder ab Einsteller erfolgen. Im konkreten Fall wird angenommen, dass die Jungtiere aus der Mutterkuhhaltung stammen und daher als Einsteller mit etwa 9 Monaten und 300 kg Lebendmasse zugekauft werden. Die Mastendmasse wird mit durchschnittlich 650 kg angenommen. Die mittleren Tageszunahmen verändern sich im Lauf der Mastperiode in Abhängigkeit von der Fütterungsintensität. Im 2. Lebensjahr ist in der Ochsenmast eine extensivere Fütterung möglich, hier werden Tageszunahmen von ca. 700 g angenommen. Während der Umstellungsphase, vor allem aber während der Ausmast ist die Fütterungsintensität höher. In dieser Phase werden Tageszunahmen von etwa 900 g erreicht. Daraus ergibt sich eine Mastdauer von 460 Tagen. Das Schlachalter liegt demnach bei etwa 24,3 Monaten. Die Schlachtstatistik der Statistik Austria (2010a) zeigt für Ochsen eine Ausschachtung von durchschnittlich 54,5 %. Somit errechnet sich eine Schlachtkörpermasse von 354,25 kg. Der Muskelfleischanteil (66,9 %) des Schlachtkörpers, sowie der Trockenmasse- (26,8 %), Protein- (22,05 %) und Fettgehalt (3,3 %) des Fleisches orientieren sich wiederum an den Versuchsergebnissen von Frickh et al. (2002). Somit ergeben sich 236,99 kg Fleisch, 63,51 kg Fleisch-T, 52,26 kg Protein und 7,82 kg Fett. Daraus errechnet sich ein Energiegehalt des Muskelfleisches von 1486,06 MJ. In Tabelle 24 sind die wichtigsten Daten zu den Mastochsen zusammengefasst.

Tabelle 24: Ochsenmast – Eckdaten zu den Mastochsen

Lebendmasse beim Zukauf	300 kg
Lebendmasse bei Mastende	650 kg
Mittlere Tageszunahmen	0,7 kg (extensive Phase) / 0,9 kg (Ausmast)
Mastdauer	460 Tage
Schlachtkörpermasse	354,25 kg
Muskelfleisch	236,99 kg
Muskelfleisch-T	63,51 kg
Protein im Muskelfleisch	52,26 kg
Fett im Muskelfleisch	7,82 kg
Brennwert Muskelfleisch	1486,06 MJ

4.5.2 Fütterung und Rationsgestaltung

Die gewählte Rationszusammensetzung orientiert sich an den Angaben von Steinwider (2003). Die Ochsenmast eignet sich für Grünlandgebiete sehr gut, da im 2. Lebensjahr eine extensivere Fütterung ohne Kraftfutter möglich ist. Als Grundfutter kommt in dieser Phase während der Vegetationsperiode Weidegras und während der Stallhaltung Grassilage in die Ration. Dabei wird eine Weidehaltung von ca. 6 Monaten angenommen. Die Weideperiode beinhaltet eine 3 monatige Almhaltung von Juni bis August. Grassilage wird den Tieren während der Wintermonate sowie in der Umstellungsphase zu Beginn der Mast und während der Ausmast ad libitum angeboten. Um Leistungseinbrüche zu vermeiden, sollte laut Steinwider (2003) in den ersten 1-2 Monaten nach dem Zukauf der Einsteller (Umstellungszeit) eine gezielte Fütterung mit bestem Grundfutter und etwa 2 kg Kraftfutter erfolgen. Daher kommen in dieser Phase 0,85 kg T Roggen und 0,85 kg T Triticale in die Ration. Um eine gute Fleisch-

qualität zu erreichen, ist eine gezielte Ausmast erforderlich (Steinwider et al. 2006). Im Lebendmassebereich von 575 bis 650 kg kommen daher 1,1 kg T Roggen und 1,1 kg T Triticale in die Ration. Roggen und Triticale wurden gewählt, da sie sich laut Steinwider et al. (2007) positiv auf die Fettkonsistenz und Fettfarbe auswirken. In Tabelle 25 ist die Rationszusammensetzung im Mastverlauf dargestellt. Die Futterwerte der Weide entsprechen einem Mittel aus Almweide und Kulturweide.

Tabelle 25: Ochsenmast – Rationszusammensetzung im Mastverlauf

Abschnitt	Futtermittel	Futteraufnahme [kg T/Tag]	ME [MJ/kg T]	XP [g/kg T]	nXP [g/kg T]	XF [g/kg T]
Umstellungs- phase 300-350 kg	Grassilage	Ad libitum	9,88	164	133	241
	Roggen	0,85	13,31	112	167	27
	Triticale	0,85	13,13	145	170	28
	Mineralfutter	0,06				
Weide 350-475 kg	Weidegras	Ad libitum	9,89	174	124	190
	Mineralfutter	0,06				
Stallhaltung 475-575 kg	Grassilage	Ad libitum	9,88	164	133	241
	Mineralfutter	0,06				
Ausmast 575-650 kg	Grassilage	Ad libitum	9,88	164	133	241
	Roggen	1,1	13,31	112	167	27
	Triticale	1,1	13,13	145	170	28
	Mineralfutter	0,06				

4.5.3 Futterbedarf

Die Ermittlung des Futterbedarfs pro Ochse und Jahr erfolgt wiederum in Abhängigkeit von der Rationsgestaltung, der täglichen Futteraufnahme und der Mastdauer bzw. der Dauer, für die die einzelnen Komponenten verfüttert werden. Die tägliche T-Aufnahme orientiert sich dabei an den Angaben von Steinwider (2003). Für die gesamte Mastperiode errechnet sich ein Futterbedarf von 4193,85 kg T. Umgelegt auf ein Jahr bedeutet dies 3327,73 kg T (siehe Tabelle 26).

Tabelle 26: Ochsenmast – Futterbedarf je Ochse u. Mastperiode bzw. Jahr

Futtermittel	Futterbedarf gesamte Mast [kg T]	Futterbedarf pro Jahr [kg T]
Grassilage	2382,61	1.176,94
Weidegras	1505,84	1.862,21
Roggen	138,90	108,56
Triticale	138,90	108,56
Mineralfutter	27,60	21,57
SUMME	4193,85	3277,85

4.5.4 Futtermittelherkunft und Flächenbedarf für die Futterproduktion

Es wird angenommen, dass sich der Betrieb im Grünlandgebiet befindet. Die Grundfutterkomponenten Grassilage und Weidegras können von betriebseigenen Flächen bezogen werden. Roggen und Triticale werden zugekauft und stammen aus heimischer Produktion.

Der Flächenbedarf für die Erzeugung der Futtermittel ergibt sich wiederum aus der jährlich benötigten Menge und dem mittleren Hektarertrag. Die Erzeugung von Grassilage erfolgt auf Dauergrünland mit viermaligem Schnitt. Bei der Weide erfolgt eine getrennte Ermittlung des Flächenbedarfs für Kulturweide und Almweide. Wie auch in Tabelle 27 ersichtlich, ergibt sich für die Erzeugung der gesamten Futterkomponen-

ten ein Flächenbedarf von 0,9831 ha je Ochse und Jahr. Eigene Berechnungen ergeben für das vorgelagerte Produktionssystem (Einstellerproduktion) einen zusätzlichen Flächenbedarf von 0,8179 ha.

Tabelle 27: Ochsenmast – Flächenbedarf für die Futterproduktion

Futtermittel	Futtermenge pro Jahr [kg T]	Mittlerer Ertrag [kg T/ha]	Benötigte Fläche [ha]
Grassilage	588,47	5000	0,1177
Kulturweide	588,47	1000	0,5885
Almweide	1.862,21	8500	0,2191
Roggen	108,56	3285	0,0330
Triticale	108,56	4384	0,0248
Flächenbedarf je Mastochse (Mastbetrieb)			0,9831
Flächenbedarf vorgelagertes Produktionssystem (Einstellerproduktion): Einsteller 0,0921 ha, Mutterkuh 0,7258 ha			0,8179
SUMME			1,8010

4.5.5 Maschineneinsatz und Treibstoffverbrauch

Treibstoffverbrauch im Zuge der Futtermittelproduktion:

Der Ermittlung des Treibstoffverbrauchs erfolgt wie in Punkt 4.2.5 beschrieben, die wichtigsten Kennzahlen sind in Tabelle 28 zusammengefasst.

Tabelle 28: Ochsenmast – Treibstoffverbrauch im Zuge der Futterproduktion

Kultur	Verbrauch je ha [l/ha]	Fläche [ha]	Gesamtverbrauch [l]
Grassilage	153,48	0,2191	33,62
Kulturweide	21,00	0,1177	2,47
Roggen	99,85	0,0330	3,30
Triticale	99,96	0,0248	2,48
SUMME (pro Ochse und Jahr)			41,87

Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten:

Die Berechnung des Treibstoffverbrauchs für den Transport der zugekauften Futtermittel erfolgt wiederum in Abhängigkeit von der benötigten Menge und den zugehörigen Verbrauchswerten (siehe Punkt 4.2.5). Wie in Tabelle 29 ersichtlich, wird auch der Transport des Einstellers zum Mastbetrieb berücksichtigt. Unter Annahme eines Verbrauchs von 0,0553 l je t und km, einer durchschnittlichen Entfernung von 50 km und einer Lebendmasse des Einstellers von 300 kg errechnet sich ein Treibstoffverbrauch von 0,8295 l. Da der Transport nur ein Mal pro Mast nötig ist, wird dieser Wert noch auf ein Jahr umgerechnet. Somit ergibt sich ein Verbrauch von etwa 0,6483 l pro Jahr.

Tabelle 29: Ochsenmast – Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten

Transport	Verbrauch [l/kg]	Transportmasse [kg]	Gesamtverbrauch [l]
Transport Roggen, Triticale (Ö.)	0,0083	246,73	2,05
Transport Mineralfuttermittel (Ö.)	0,0083	21,57	0,18
Transport Einsteller zu Mastbetrieb			0,65
Summe (pro Ochse und Jahr)			2,88

4.5.6 Haltungssystem und Wirtschaftsdüngeranfall

Im Modellbetrieb Ochsenmast wird als Haltungssystem ein Tiefstreulaufstall angenommen. Es ist zu berücksichtigen, dass die Ochsen im Mastverlauf etwa 6 Monate auf der Weide gehalten werden. Als Wirtschaftsdünger fällt in diesem System Festmist an. Die Berechnung der anfallenden Nährstoffmengen je Ochse und Mastdurchgang bzw. je Ochse und Jahr erfolgt wie in Punkt 4.2.6 beschrieben (siehe Tabelle 30).

Tabelle 30: Ochsenmast – Nährstoffmengen im Festmist

Alter	N _{Brutto} [kg]	N _{Lager} ¹ [kg]	N _{Feld} ² [kg]	P ₂ O ₅ [kg]	K ₂ O [kg]
9. bis 12. Lebensmonat	10,00	7,00	6,37	3,33	10,63
12. bis 24. Lebensmonat	53,57	37,50	34,13	19,60	74,80
ab 24. Lebensmonat	0,88	0,62	0,56	0,34	1,16
Abzüglich Weideperiode	-26,13	-18,29	-16,64	-9,56	-36,48
Summe pro Mastdurchgang (Stall)	38,33	26,83	24,42	13,71	50,11
Summe pro Jahr (Stall)	29,96	20,97	19,08	10,72	39,17
Summe pro Mastdurchgang (Weide) ³	21,52			9,56	36,48
Summe pro Jahr (Weide) ³	16,82			7,47	28,51

¹N_{Brutto} abzüglich 30% Stall- und Lagerverluste = N_{Lager}

²N_{Lager} abzüglich 9% Ausbringungsverluste = N_{Feld}

³Werte entsprechen dem Nährstoffgehalt von Jauche und Mist

4.5.7 Boden und Stoffflüsse

Im Modellbetrieb Ochsenmast kommen Stickstoffeinträge über Festmist, Mineraldünger, Ernterückstände und Vorfruchtwirkung auf die beanspruchten Flächen. Auf der Weide fallen direkte Kot- und Harnausscheidungen an. Die Grünlandflächen werden nur mit Mist gedüngt und die Düngung der Ackerflächen erfolgt mit Mineraldünger. In Tabelle 31 ist der gesamte Stickstoffeintrag zusammengefasst. Tabelle 32 zeigt die über Mineraldünger ausgebrachten Mengen an Stickstoff (N), Phosphor (P₂O₅) und Kalium (K₂O), sowie die eingesetzte Menge an Pflanzenschutzmitteln auf den beanspruchten Flächen. In Tabelle 33 sind die gasförmigen N-Verluste aus dem Wirtschaftsdünger-N sowie aus dem Boden-N und die N-Verluste durch Auswaschung aus dem Boden sowie aus der Festmistlagerung dargestellt.

Tabelle 31: Ochsenmast – Gesamter N-Eintrag auf den beanspruchten Flächen

Kultur	N aus Festmist, Mineraldünger, Vorfrucht, Ernterückständen		
	[kg N/ha u. Jahr]	Fläche [ha]	[kg N/Jahr]
Grassilage	87,11	0,2191	19,08
Weide	23,82	0,7062	16,82
Roggen	90,00	0,0330	2,97
Triticale	100,00	0,0248	2,48
SUMME		0,9831	41,35

Tabelle 32: Ochsenmast – Mineraldünger- u. PSM-Einsatz auf den beanspruchten Flächen

[kg N/Jahr]	Mineraldüngung [kg P ₂ O ₅ /Jahr]	[kg K ₂ O/Jahr]	PSM [kg/Jahr]
4,29	3,18	4,62	0,17

Tabelle 33: Ochsenmast – N-Verluste aus Wirtschaftsdünger-N und Boden-N

Verlustquelle	Gasförmige N-Verluste [kg N/Jahr]	Auswaschung [kg N/Jahr]
Wirtschaftsdünger-N	8,99	2,10
Boden-N	7,61	12,41

4.6 Modellierung Produktionssystem Kalbinnenmast

Bei der Kalbinnenmast sind in der Praxis verschiedene Varianten mit niedriger bis hoher Fütterungsintensität möglich. Für die Produktion im Zuge von Markenfleischprogrammen ist aber laut Steinwider et al. (2006) eine mittelintensive bis intensive Mast erforderlich.

4.6.1 Mastkalbinnen

Gemäß Steinwider (2003) stammt eine große Zahl der über Markenfleischprogramme abgesetzten Kalbinnen aus der Mutterkuhhaltung. Es wird daher angenommen, dass die jungen Mastkalbinnen mit etwa 9 Monaten und 280 kg Lebendmasse als Einsteller aus der Mutterkuhhaltung zugekauft werden. Um eine gute Fleischqualität zu erreichen, sollten die Kalbinnen bei der Schlachtung nicht älter als 19 Monate sein. Eine Mastintensität mit etwa 900-1100 g täglichen Zunahmen sollte daher angestrebt werden (Steinwider 2003). Hier wird eine Mast mit durchschnittlich 1000 g Tageszunahmen angenommen. Die Lebendmasse bei Mastende liegt bei 550 kg, daraus ergibt sich eine Mastdauer von etwa 9 Monaten. Somit sind die Kalbinnen bei der Schlachtung ca. 18 Monate alt. Die Schlachtstatistik der Statistik Austria (2010a) zeigt für Kalbinnen eine Ausschlagung von durchschnittlich 53,3 %. Nimmt man dies als Maßstab, errechnet sich eine Schlachtkörpermasse von 293,15 kg. Muskelfleischanteil des Schlachtkörpers (61,3 %), sowie der Trockenmasse- (27,1 %), Protein- (21,8 %) und Fettgehalt (3,5 %) des Fleisches orientieren sich wiederum an den Versuchsergebnissen von Frickh et al. (2002). Wie in Tabelle 34 dargestellt, ergeben sich somit 179,7 kg Fleisch, 48,7 kg Fleisch-T, 39,17 kg Protein und 6,29 kg Fett. Daraus rechnet sich ein Brennwert von 1130,55 MJ.

Tabelle 34: Kalbinnenmast – Eckdaten zu den Mastkalbinnen

Lebendmasse beim Zukauf	280 kg
Lebendmasse bei Mastende	550 kg
Mittlere Tageszunahmen	1,00 kg
Mastdauer	272 Tage
Schlachtkörpermasse	293,15 kg
Muskelfleisch	179,70 kg
Muskelfleisch-T	48,70 kg
Protein im Muskelfleisch	39,17 kg
Fett im Muskelfleisch	6,29 kg
Brennwert Muskelfleisch	1130,55 MJ

4.6.2 Fütterung und Rationsgestaltung

Die gewählte Rationszusammensetzung orientiert sich an den Angaben von Steinwider et al. (2006). Als wesentliches Grundfutter wird eine qualitativ hochwertige Grassilage eingesetzt und ad libitum angeboten. Für die tägliche T-Aufnahme werden die Angaben der LfL (2011) herangezogen. Der Einsatz von Heu ist laut Steinwider (2003) nicht unbedingt erforderlich, kann aber sehr gut zur Verbesserung der

Strukturwirksamkeit eingesetzt werden. Daher kommen 0,45 kg T Heu in die Ration. Im Lebendmassebereich von 280 bis 400 kg beträgt die Krafftuttermenge 2,2 kg T. Dieses setzt sich aus 0,5 kg T Weizen, 0,5 kg T Roggen, 1,0 kg T Körnermais und 0,2 kg T Rapsextraktionsschrot zusammen. Im Lebendmassesbereich von 400 bis 550 kg wird der Krafftutteranteil noch einmal auf 2,6 kg T gesteigert. Da in der Endmast vor allem eine ausreichende Energieversorgung sehr wichtig ist, setzt sich das Krafftutter in dieser Phase aus 0,65 kg T Weizen, 0,65 kg T Roggen und 1,3 kg T Körnermais zusammen. Zur Deckung des Bedarfs an Mengen- und Spurenelementen kommen insgesamt 90 g Mineral- und Wirkstoff-Ergänzungsfutter in die Ration. Tabelle 35 zeigt die Rationszusammensetzung in den beiden Mastabschnitten sowie die wichtigsten Inhaltsstoffe.

Tabelle 35: Kalbinnenmast – Rationszusammensetzung im Mastverlauf

Abschnitt	Futtermittel	Futteraufnahme [kg T/Tag]	ME [MJ/kg T]	XP [g/kg T]	nXP [g/kg T]	XF [g/kg T]	
Lebendmasse- bereich 280-400 kg	Grassilage	ad libitum	9,88	164	133	241	
	Heu	0,45	9,11	123	121	280	
	Weizen	0,50	13,41	148	174	27	
	Roggen	0,50	13,31	112	167	27	
	Körnermais	1,00	13,29	106	164	26	
	Rapsextr.schrot	0,20	11,99	399	219	131	
	Mineralfutter	0,09					
Lebendmasse- bereich 400-550 kg	Grassilage	ad libitum	9,88	164	133	241	
	Heu	0,45	9,11	123	121	280	
	Weizen	0,65	13,41	148	174	27	
	Roggen	0,65	13,31	112	167	27	
	Körnermais	1,30	13,29	106	164	26	
	Mineralfutter	0,09					

4.6.3 Futterbedarf

Der Futterbedarf pro Kalbin (Mastplatz) und Jahr wird wiederum in Abhängigkeit von der Rationszusammensetzung, der täglichen Futteraufnahme und Dauer, für die die einzelnen Komponenten verfüttert werden, ermittelt und ist in Tabelle 36 dargestellt.

Tabelle 36: Kalbinnenmast – Futterbedarf je Kalbin und Mastperiode bzw. Jahr

Futtermittel	Futterbedarf gesamte Mast [kg T]	Futterbedarf pro Jahr [kg T]
Grassilage	1.448,01	1.894,35
Heu	122,40	160,13
Weizen	159,70	208,93
Roggen	159,70	208,93
Körnermais	319,40	417,85
Rapsextraktionsschrot	22,8	29,83
Mineralfutter	24,48	32,03
SUMME	2256,49	2952,04

4.6.4 Futtermittelherkunft und Flächenbedarf für die Futterproduktion

Es wird angenommen, dass sich der Modellbetrieb im Grünlandgebiet befindet. Die Grundfutterkomponenten Grassilage und Heu können auf betriebseigenen Flächen angebaut werden. Die Krafftuttermittel müssen hingegen zugekauft werden. Weizen, Roggen, Körnermais und Rapsextraktionsschrot stammen dabei aus österreichischer Produktion.

Der Flächenbedarf für die Erzeugung der Futtermittel ergibt sich wiederum aus der benötigten Menge und dem mittleren Hektarertrag. Wie auch in Tabelle 37 ersichtlich, errechnet sich für die Erzeugung aller in der Ration befindlichen Futterkomponenten ein Flächenbedarf von 0,4234 ha je Kalbin (Mastplatz) und Jahr. Eigene Berechnungen ergeben für das vorgelagerte Produktionssystem (Einstellerproduktion) einen zusätzlichen Flächenbedarf von 0,8179 ha.

Tabelle 37: Kalbinnenmast – Flächenbedarf für die Futterproduktion

Futtermittel	Futtermenge pro Jahr [kg T]	Mittlerer Ertrag [kg T/ha]	Benötigte Fläche [ha]
Grassilage	1.894,35	8500	0,2229
Heu	160,13	7000	0,0229
Weizen (zugekauft)	208,93	4337	0,0482
Roggen (zugekauft)	208,93	3285	0,0636
Körnermais (zugekauft)	417,85	8813	0,0474
Rapsextr.schrot (zugekauft)	29,83	1619	0,0184
Flächenbedarf je Mastkalbin (Mastbetrieb)			0,4234
Flächenbedarf vorgelagertes Produktionssystem (Einstellerproduktion): Einsteller 0,0921 ha, Mutterkuh 0,7258 ha			0,8179
SUMME			1,2413

4.6.5 Maschineneinsatz und Treibstoffverbrauch

Die Berechnung des Treibstoffverbrauchs erfolgt wiederum mit Hilfe der ÖKL-Richtwerte (2011) (siehe Punkt 4.2.5).

Treibstoffverbrauch im Zuge der Futtermittelproduktion:

Tabelle 38 zeigt den Treibstoffverbrauch im Zuge der Futtermittelproduktion pro Kalbin (Mastplatz) und Jahr.

Tabelle 38: Kalbinnenmast – Treibstoffverbrauch im Zuge der Futterproduktion

Kultur	Verbrauch je ha [l/ha]	Fläche [ha]	Gesamtverbrauch [l]
Grassilage	153,48	0,2229	34,21
Heu	133,00	0,0229	3,04
Weizen	103,46	0,0482	4,98
Roggen	99,85	0,0636	6,35
Körnermais	72,92	0,0474	3,46
Rapsextraktionsschrot	65,58	0,0184	1,21
SUMME (pro Kalbin und Jahr)			53,25

Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten:

Die Berechnung des Treibstoffverbrauchs für den Transport der zugekauften Futtermittel erfolgt in Abhängigkeit von der benötigten Menge und den zugehörigen Verbrauchswerten (siehe Punkt 4.2.5). Auch der Transport des Einstellers zum Mastbetrieb wird berücksichtigt. Unter Annahme eines Verbrauchs von 0,0553 l je t und km, einer durchschnittlichen Entfernung von 50 km und einer Lebendmasse des Einstellers von 280 kg errechnet sich ein Treibstoffverbrauch von 0,7742 l. Da dieser Transport ein Mal pro Mast nötig ist, wird der Wert noch auf ein Jahr umgerechnet. Somit ergibt sich ein Verbrauch von 1,01 l pro Jahr. In Tabelle 39 ist der Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten zusammengefasst.

Tabelle 39: Kalbinnenmast – Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten

Transport	Verbrauch [l/kg]	Transportmasse [kg]	Gesamtverbrauch [l]
Transport Weizen, Gerste, KM, Rapskuch. (Ö.)	0,0083	983,56	8,16
Transport Mineralfuttermittel (Ö.)	0,0083	32,03	0,27
Transport Einsteller zu Mastbetrieb			1,01
Summe (pro Kalbin und Jahr)			9,44

4.6.6 Haltungssystem und Wirtschaftsdüngeranfall

Als Haltungssystem wird bei der Kalbinnenmast ein Tiefstreulaufstall angenommen. Als Wirtschaftsdünger fällt in diesem System Festmist an. Die Ermittlung des Nährstoffanfalls erfolgt mit Hilfe der täglichen Anfallsmengen (siehe Punkt 4.1.6) und der Dauer, für die die Kalbinnen der jeweiligen Tierkategorie zugeordnet werden. In Tabelle 40 sind die im Festmist enthaltenen Nährstoffmengen je Kalbin und Mastdurchgang bzw. je Kalbin und Jahr zusammengefasst.

Tabelle 40: Kalbinnenmast – Nährstoffmengen im Festmist

Alter	N _{Brutto} [kg]	N _{Lager} ¹ [kg]	N _{Feld} ² [kg]	P ₂ O ₅ [kg]	K ₂ O [kg]
9. bis 12. Lebensmonat	10,00	7,00	6,37	3,33	10,63
12. bis 18. Lebensmonat	26,71	18,70	17,02	9,77	37,30
Summe pro Mastdurchgang	36,72	25,70	23,39	13,10	47,92
Summe pro Jahr	48,03	33,62	30,60	17,14	62,70

¹N_{Brutto} abzüglich 30% Stall- und Lagerverluste = N_{Lager}

²N_{Lager} abzüglich 9% Ausbringungsverluste = N_{Feld}

4.6.7 Boden und Stoffflüsse

Im Modellbetrieb Kalbinnenmast wird Stickstoffeinträge über Festmist, Mineraldünger, Ernterückstände und Vorfruchtwirkung auf die für die Futtererzeugung beanspruchten Flächen eingetragen. Die Düngung der Grünlandflächen erfolgt mit Festmist, die Ackerkulturen werden mineralisch gedüngt. Tabelle 41 zeigt die gesamten Stickstoffeinträge. In Tabelle 42 sind die über Mineraldünger ausgebrachten Mengen an Stickstoff (N), Phosphor (P₂O₅) und Kalium (K₂O), sowie die eingesetzte Menge an Pflanzenschutzmitteln zusammengefasst. Tabelle 43 zeigt die gasförmigen N-Verluste aus dem Wirtschaftsdünger-N, dem Boden-N, sowie die N-Verluste durch Auswaschung aus dem Boden und während der Festmistlagerung.

Tabelle 41: Kalbinnenmast – Gesamter N-Eintrag auf den beanspruchten Flächen

Kultur	N aus Festmist, Mineraldünger, Vorfrucht, Ernterückständen		
	[kg N/ha u. Jahr]	Fläche [ha]	[kg N/Jahr]
Grassilage	130,02	0,2229	28,98
Heu	70,89	0,0229	1,62
Weizen	120,00	0,0482	5,78
Roggen	90,00	0,0636	5,72
Körnermais	130,00	0,0474	6,16
Raps	130,00	0,0184	2,40
SUMME		0,4234	50,66

Tabelle 42: Kalbinnenmast – Mineraldünger- u. PSM-Einsatz auf den beanspruchten Flächen

[kg N/Jahr]	Mineraldüngung [kg P ₂ O ₅ /Jahr]	[kg K ₂ O/Jahr]	PSM [kg/Jahr]
15,67	11,56	22,11	0,70

Tabelle 43: Kalbinnenmast – N-Verluste aus Wirtschaftsdünger-N und Boden-N

Verlustquelle	Gasförmige N-Verluste [kg N/Jahr]	Auswaschung [kg N/Jahr]
Wirtschaftsdünger-N	14,41	3,36
Boden-N	7,69	15,20

4.7 Modellierung Produktionssystem Jungrindermast

4.7.1 Jungrinder und Mutterkühe

Als Jungrinder gelten gemäß Velik (2010) männliche und weibliche Tiere aus der Mutterkuhhaltung, die bis zur Schlachtung mit einem maximalen Alter von 1 Jahr mit den Mutterkühen mitlaufen und Milch saugen. Die Jungrinder erreichen dabei im Alter von 10 bis 12 Monaten einer Mastendmasse von ca. 400 kg. Mittlere tägliche Zunahmen von über 1200 g werden bei entsprechender Milchleistung der Mutterkuh (3000-3500 kg) erreicht. Aus den in den Arbeitskreisen Mutterkuhhaltung ausgewerteten Daten resultiert eine Zwischenkalbezeit von etwa 400 Tagen (Hager 2007, Hager et al. 2010). Versuchsergebnisse von Häusler et al. (2011) zeigen bei Jungrindern eine mittlere Schlachtausbeute von etwa 57 %. Bei einer solchen Ausschächtung ergibt sich eine Schlachtkörpermasse von 228 kg. Der Muskelfleischanteil wird aufgrund der Versuchsergebnisse von Velik et al. (2008) und Steinwidder et al. (1996) mit 73 % bzw. 166,44 kg abgeschätzt. Trockenmasse- (24,02 %), Protein- (22,7 %) und Fettgehalt (1 %) des Fleisches orientieren sich an den Ergebnissen der Fleischanalyse von Häusler et al. (2011). Somit ergeben sich 39,98 kg Fleisch-T, 37,78 kg Protein und 1,66 kg Fett. Daraus errechnet sich ein Energiegehalt des Muskelfleisches von 918,57 MJ. Tabelle 44 zeigt die wichtigsten Annahmen zu den Mutterkühen und Jungrindern.

Tabelle 44: Jungrindermast – Eckdaten zu den Mutterkühen bzw. Jungrindern

Mutterkühe:	
Laktationsleistung	3000 kg
Zwischenkalbezeit	400 Tage
Jungrind:	
Lebendmasse bei der Geburt	40 kg
Lebendmasse bei Mastende	400 kg
Mittlere Tageszunahmen	1,20 kg
Mastdauer	300 Tage
Schlachtkörpermasse	228 kg
Muskelfleisch	166,44 kg
Muskelfleisch-T	39,98 kg
Protein im Muskelfleisch	37,78 kg
Fett im Muskelfleisch	1,66 kg
Brennwert Muskelfleisch	918,57 MJ

4.7.2 Fütterung und Rationsgestaltung

Die gewählte Rationszusammensetzung orientiert sich an den Angaben von Steinwider (2003). Da die Jungrinderproduktion im Zuge der Mutterkuhhaltung erfolgt, wird im Folgenden sowohl die Rationsgestaltung der Mutterkühe als auch jene der Jungrinder dargestellt.

Da die Milchleistung der Mutterkühe im Vergleich mit Milchkühen deutlich niedriger ist, kann üblicherweise auf Kraffuttereinsatz in der Mutterkuh-Fütterung verzichtet werden. Trotzdem ist speziell in der Jungrinderproduktion die Milchleistung der Mutterkuh sehr wichtig, um entsprechende Tageszunahmen der Jungtiere zu erreichen. Eine gute Grundfutterqualität ist daher erforderlich. Im ersten Säugemonat sollte laut Steinwider (2003) eine verhaltene Fütterung erfolgen, damit die Milchleistung in dieser Zeit nicht zu hoch ist und dadurch die Gefahr von Kälberdurchfall verringert wird. Deshalb kommen in dieser Phase 4,78 kg T Grassilage (2. Aufwuchs, Ähren-/Rispen-schieben) und 7,16 kg T strukturiertes Heu (1. Aufwuchs, Mitte bis Ende Blüte) in die Ration. Spätestens ab dem 2. Säugemonat ist eine Versorgung mit sehr gutem Grundfutter erforderlich. Hier wird eine 6 monatige Weidehaltung auf einer Kulturweide mit guter Qualität angenommen. In den letzten Säugemonaten kommt wieder etwas energieärmeres Futter in die Ration, um ein Verfetten der Tiere zu vermeiden. Vom 8. bis zum 10. Monat wird daher eine Ration aus 5,94 kg T Grassilage (Ähren-/Rispen-schieben, Mittel der Aufwüchse) und 6,0 kg T Heu (Mitte bis Ende der Blüte, Mittel der Aufwüchse) angenommen. In der Trockenstehzeit werden die Kühe mit Heu gefüttert. Die Rationsgestaltung der Mutterkühe ist in Tabelle 45 ersichtlich.

Tabelle 45: Jungrindermast – Rationszusammensetzung für die Mutterkuh Reproduktionszyklus

Abschnitt	Futtermittel	Futteraufnahme [kg T/Tag]	ME [MJ/kg T]	XP [g/kg T]	nXP [g/kg T]	XF [g/kg T]
Beginn Säugezeit (ca. 1 Monat)	Grassilage	4,78	9,77	167	132	238
	Heu	7,16	8,65	101	112	314
	Mineralfutter	0,06				
Weideperiode (ca. 6 Monate)	Weidegras	12,94	10,35	210	135	177
	Mineralfutter	0,06				
Ende Säugeperiode (ca. 3 Monate)	Grassilage	5,94	9,88	164	133	241
	Heu	6,00	8,75	114	116	304
	Mineralfutter	0,06				
Trockenzeit (ca. 3 Monate)	Heu	9,94	8,75	114	116	304
	Mineralfutter	0,06				

Auch die Rationszusammensetzung der Jungrinder orientiert sich an den Angaben von Steinwider (2003). Im ersten Monat deckt die Milch den gesamten Nährstoffbedarf des Kalbes. Nach Steinwider (2003) beginnt ab dem 2. Lebensmonat die Aufnahme von Grund- und Kraffutter zusätzlich zur Milch an Bedeutung zu gewinnen. Es wird daher angenommen, dass den Kälbern ab dem 2. Monat neben der Milch auch Beifutter wie Weidegras, Heu, sowie eine Kraffuttermischung angeboten wird. Die aufgenommene Menge steigt bis zu einem Lebendmassebereich von etwa 125 kg kontinuierlich an. Danach setzt sich das neben der Milch aufgenommene Futter aus Weidegras (ad libitum), 0,25 kg T Heu, 0,45 kg T Kraffuttermischung (je 1/3 Roggen, Triticale und Körnermais), sowie einem Mineral- und Wirkstoff-Ergänzungsfutter zusammen. Während der Winterfütterungsperiode kommt Grassilage anstatt Weidegras in die Ration. In Tabelle 46 ist die Rationsgestaltung der Jungrinder im Mastverlauf dargestellt.

Tabelle 46: Jungrindermast – Rationszusammensetzung im Mastverlauf (Jungrind)

Abschnitt	Futtermittel	Futteraufnahme [kg T/Tag]	ME [MJ/kg T]	XP [g/kg T]	nXP [g/kg T]	XF [g/kg T]
40-75 kg	Milch	Ad libitum	19,31	264	128	0
75-125 kg	Milch	Ad libitum	19,31	264	128	0
	Weide/Grassilage	Ad libitum	10,35/9,88	210/164	135/133	177/241
	Heu ¹	0 bis 0,25	9,49	141	129	246
	Roggen ¹	0 bis 0,15	13,31	112	167	27
	Triticale ¹	0 bis 0,15	13,13	145	170	28
	Körnermais ¹ Mineralfutter	0 bis 0,15 0,05	13,29	106	164	26
125-400 kg	Milch	Ad libitum	19,31	264	128	0
	Weide/Grassilage	Ad libitum	10,35/9,88	210/164	135/133	177/241
	Heu	0,25	9,49	141	129	246
	Roggen	0,15	13,31	112	167	27
	Triticale	0,15	13,13	145	170	28
	Körnermais Mineralfutter	0,15 0,05	13,29	106	164	26

¹ Heu und Kraftfutter werden langsam gesteigert

4.7.3 Futterbedarf

Der Bedarf der einzelnen Futterkomponenten errechnet sich wiederum aus der täglich aufgenommenen Menge und der Dauer, während der das jeweilige Futtermittel angeboten wird. Bei der Berechnung des Futterbedarfs für die Jungrinder wird zuerst der Gesamtbedarf über die mittlere tägliche Futteraufnahme und die Mastdauer ermittelt. Die Menge der aufgenommenen Milch entspricht der Milchleistung der Mutterkuh. Bei 3000 kg Milch und einem T-Gehalt von 13 % ergeben sich 390 kg Milch-T. Die restriktiv verabreichten Komponenten Heu, Roggen, Triticale, Körnermais, sowie Mineral- und Wirkstoff-Ergänzungsfutter ergeben sich aus der täglichen Menge und der Dauer, während der sie verabreicht werden. Wie schon erwähnt, wird die tägliche Menge dieser Komponenten im Lebendmassebereich 75 - 125 kg kontinuierlich gesteigert. Es wird angenommen, dass diese Komponenten erst ab 100 kg, ab hier aber im vollen Umfang, in die Ration kommen. Die aufgenommene Menge an Weidegras (Sommerfütterung) bzw. Grassilage (Winterfütterung) ergibt sich als Differenz zwischen Gesamtfutteraufnahme und der Summe der anderen Komponenten. Zu berücksichtigen ist, dass beim Jungrind der Futterbedarf pro Mastperiode dem Futterbedarf pro Zwischenkalbezeit entspricht und daher eine die Umrechnung auf den Jahresbedarf erfolgen muss. In Tabelle 47 ist der Futterbedarf für Mutterkuh und Jungrind zusammengefasst.

Tabelle 47: Jungrindermast – Futterbedarf pro Mutterkuh bzw. Jungrind

Futtermittel	Mutterkuh		Jungrind	
	Futterbedarf pro ZKZ [kg T]	Futterbedarf pro Jahr [kg T]	Futterbedarf pro Mastperiode [kg T]	Futterbedarf pro Jahr [kg T]
Milch	-	-	390,0	355,88
Weidegras	2329,2	2125,40	415,45	379,10
Grassilage	678,0	618,68	415,45	379,10
Heu	1748,8	1595,78	62,5	57,03
Roggen	-	-	37,5	34,22
Triticale	-	-	37,5	34,22
Körnermais	-	-	37,5	34,22
Mineralfutter	24,0	21,9	13,5	12,32
SUMME	4780,0	4361,75	1409,40	1286,08

4.7.4 Futtermittelherkunft und Flächenbedarf für die Futterproduktion

Es wird davon ausgegangen, dass die Grundfutterkomponenten Weidegras, Grassilage und Heu auf betriebseigenen Flächen erzeugt werden. Roggen, Triticale und Körnermais werden zugekauft und sind aus österreichischem Anbau verfügbar.

Die Grünlandflächen für die Grassilageerzeugung werden viermal geschnitten, jene für die Heugewinnung dreimal. Die Weide erfolgt auf einer Kulturweide mit drei Nutzungen. In Tabelle 48 ist der Flächenbedarf je Mutterkuh bzw. je Jungrind dargestellt. In Summe errechnet sich ein Flächenbedarf von 0,8765 ha.

Tabelle 48: Jungrindermast – Flächenbedarf für die Futterproduktion

Tierkategorie / Futtermittel	Futtermenge pro Jahr [kg T]	Mittlerer Ertrag [kg T/ha]	Benötigte Fläche [ha]
<u>Mutterkuh:</u>			
Weidegras	2.125,40	5000	0,4251
Grassilage	618,68	8500	0,0728
Heu	1.595,78	7000	0,2280
<u>Jungrind:</u>			
Weidegras	379,10	5000	0,0758
Grassilage	379,10	8500	0,0446
Heu	57,03	7000	0,0081
Roggen	34,22	3285	0,0104
Triticale	34,22	4384	0,0078
Körnermais	34,22	8813	0,0039
SUMME (Mutterkuh)			0,7258
SUMME (Jungrind)			0,1507
GESAMT			0,8765

4.7.5 Maschineneinsatz und Treibstoffverbrauch

Die Berechnung des Treibstoffverbrauchs im Produktionssystem Jungrindermast erfolgt wiederum mit Hilfe der ÖKL-Richtwerte (2011; siehe Punkt 4.2.5).

Treibstoffverbrauch im Zuge der Futtermittelproduktion:

In Tabelle 49 ist die Berechnung des Treibstoffverbrauchs im Zuge der Futtermittelproduktion je Mutterkuh bzw. Jungrind und Jahr zusammengefasst.

Tabelle 49: Jungrindermast – Treibstoffverbrauch im Zuge der Futterproduktion

Tierkategorie / Kultur	Verbrauch je ha [l/ha]	Fläche [ha]	Gesamtverbrauch [l]
<u>Mutterkuh:</u>			
Grassilage	153,48	0,0728	11,17
Heu	133,00	0,2281	30,32
Weide	21,00	0,4251	8,93
<u>Jungrind:</u>			
Grassilage	153,48	0,0446	6,85
Heu	133,00	0,0081	1,08
Weide	21,00	0,0758	1,59
Roggen	99,85	0,0104	1,04
Triticale	99,96	0,0078	0,78
Körnermais	72,92	0,0039	0,28
SUMME (pro Mutterkuh und Jahr)			50,42
SUMME (pro Jungrind und Jahr)			11,62

Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten:

Die Berechnung des Treibstoffverbrauchs für den Transport der zugekauften Futtermittel erfolgt wiederum in Abhängigkeit von der benötigten Menge und den zugehörigen Verbrauchswerten (siehe Punkt 4.2.5). In Tabelle 50 ist die Ermittlung des Treibstoffverbrauchs für Transporttätigkeiten zusammengefasst.

Tabelle 50: Jungrindermast – Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten

Transport	Verbrauch [l/kg]	Transportmasse [kg]	Gesamtverbrauch [l]
Transport Roggen, Triticale, KM (Jungrind)	0,0083	116,65	0,97
Transport Mineralfuttermittel (Jungrind)	0,0083	12,32	0,10
Transport Mineralfuttermittel (Mutterkuh)	0,0083	21,9	0,18
SUMME (pro Jungrind und Jahr)			1,07
SUMME (pro Mutterkuh und Jahr)			0,18

4.7.6 Haltungssystem und Wirtschaftsdüngeranfall

Im Modellbetrieb Jungrindermast wird als Haltungssystem ein Tiefstreulaufstall angenommen. Es ist zu berücksichtigen, dass die Mutterkühe mit den Jungrindern während der Sommerfütterung auf der Weide gehalten werden. In der Weideperiode werden die Exkrememente direkt am Feld abgesetzt. Während der Stallhaltung fällt als Wirtschaftsdünger Festmist an. Die Berechnung der Nährstoffmengen erfolgt wie in Punkt 4.2.6 beschrieben. Es ist zu berücksichtigen, dass bei den Mutterkühen der jährliche Nährstoffanfall direkt über die Tagesanfallsmengen berechnet werden kann, bei den Jungrindern aber eine Umrechnung über die Zwischenkalbezeit erforderlich ist. Die Umrechnung kann auch über die Aufzuchtquote erfolgen. In Tabelle 51 und 52 sind die Nährstoffmengen im Festmist je Mutterkuh bzw. Jungrind dargestellt.

Tabelle 51: Jungrindermast – Nährstoffmengen im Festmist (Mutterkuh)

Tier	N _{Brutto} [kg]	N _{Lager} ¹ [kg]	N _{Feld} ² [kg]	P ₂ O ₅ [kg]	K ₂ O [kg]
Mutterkuh	69,57	48,70	44,32	19,00	119,10
Abzüglich Weideperiode	-34,31	-24,02	-21,85	-9,37	-58,73
Summe pro Jahr (Stall)	35,26	24,68	22,46	9,63	60,37
Summe pro Jahr (Weide) ³	28,25			9,37	58,73

¹N_{Brutto} abzüglich 30% Stall- und Lagerverluste = N_{Lager}

²N_{Lager} abzüglich 9% Ausbringungsverluste = N_{Feld}

³Werte entsprechen dem Nährstoffgehalt von Jauch und Mist

Tabelle 52: Jungrindermast – Nährstoffmengen im Festmist (Jungrind)

Tier / Alter	N _{Brutto} [kg]	N _{Lager} ¹ [kg]	N _{Feld} ² [kg]	P ₂ O ₅ [kg]	K ₂ O [kg]
Jungrind / 1. bis 6. Lebensmonat	7,33	5,13	4,67	3,50	5,38
Jungrind / 6. bis 10. Lebensmonat	13,34	9,34	8,50	4,44	14,17
Abzüglich Weideperiode	-10,25	-7,18	-6,53	-3,81	-9,99
Summe pro ZKZ (Stall)	10,41	7,29	6,63	4,13	9,56
Summe pro Jahr (Stall)	9,50	6,65	6,05	3,77	8,72
Summe pro ZKZ (Weide) ³	8,44			3,81	9,99
Summe pro Jahr (Weide) ³	7,70			3,48	9,11

¹N_{Brutto} abzüglich 30% Stall- und Lagerverluste = N_{Lager}

²N_{Lager} abzüglich 9% Ausbringungsverluste = N_{Feld}

³Werte entsprechen dem Nährstoffgehalt von Jauch und Mist

4.7.7 Boden und Stoffflüsse

Im Modellbetrieb Jungrindermast wird Stickstoff über Wirtschaftsdünger, Mineraldünger, direkte Kot- und Harnausscheidungen auf der Weide, sowie über Ernterückstände und Vorfruchtwirkung auf die Nutzflächen eingetragen. Die Grünlandflächen werden mit Mist gedüngt, auf den Ackerflächen erfolgt eine mineralische Düngung. Tabelle 53 zeigt den gesamten Stickstoffeintrag auf den von den Mutterkühen bzw. Jungrindern beanspruchten Flächen.

Tabelle 53: Jungrindermast – Gesamter N-Eintrag auf den beanspruchten Flächen

Tierkategorie / Kultur	N aus Festmist, Mineraldünger, Vorfrucht, Ernterückständen		
	[kg N/ha u. Jahr]	Fläche [ha]	[kg N/Jahr]
Mutterkuh:			
Weide	66,46	0,4251	28,25
Grassilage	101,81	0,0728	7,41
Heu	66,02	0,2280	15,05
Jungrind:			
Weide	101,55	0,0758	7,70
Grassilage	120,80	0,0446	5,39
Heu	81,73	0,0081	0,67
Roggen	90,00	0,0104	0,94
Triticale	100,00	0,0078	0,78
Körnermais	130,00	0,0039	0,50
SUMME (Mutterkuh)		0,7258	50,71
SUMME (Jungrind)		0,1507	15,98

In Tabelle 54 sind die über Mineraldünger ausgebrachten Mengen an Stickstoff (N), Phosphor (P_2O_5) und Kalium (K_2O), sowie die eingesetzte Menge an Pflanzenschutzmitteln auf der zur Krafftuttererzeugung beanspruchten Fläche dargestellt. Tabelle 55 zeigt die gasförmigen N-Verluste aus dem Wirtschaftsdünger-N, aus dem Boden-N und die N-Verluste durch Auswaschung aus dem Boden sowie der Festmistlagerung.

Tabelle 54: Jungrindermast – Mineraldünger- u. PSM-Einsatz auf den beanspruchten Flächen

Tierkategorie	Mineraldüngung			PSM [kg/Jahr]
	[kg N/Jahr]	[kg P_2O_5 /Jahr]	[kg K_2O /Jahr]	
Mutterkuh	-	-	-	-
Jungrind	1,74	1,33	2,23	0,07

Tabelle 55: Jungrindermast – N-Verluste aus Wirtschaftsdünger-N und Boden-N

Tierkategorie	Verlustquelle	Gasförmige N-Verluste	
		[kg N/Jahr]	Auswaschung [kg N/Jahr]
Mutterkuh	Wirtschaftsdünger-N	10,58	2,47
	Boden-N	10,14	15,21
Jungrind	Wirtschaftsdünger-N	2,85	0,67
	Boden-N	2,92	4,79

4.8 Modellierung Produktionssystem Altkuhmast

4.8.1 Altkühe

Gemäß Steinwidder (2003) kann durch die Ausmast von Altkühen aus der Milchproduktion oder der Mutterkuhhaltung sowohl die Schlachtkörpermasse, als auch die Schlachtkörperqualität verbessert werden. Es wird angenommen, dass die Altkühe aus der Milchproduktion in die Ausmast kommen.

Tabelle 56: Altkuhmast – Eckdaten zu den Altkühen

Lebendmasse bei Mastbeginn	600 kg
Lebendmasse bei Mastende	720 kg
Mittlere Tageszunahmen	1,20 kg
Mastdauer	100 Tage
Zusätzliche Schlachtkörpermasse	87 kg
Muskelfleisch	53,07 kg
Muskelfleisch-T	14,86 kg
Protein im Muskelfleisch	10,88 kg
Fett im Muskelfleisch	3,34 kg
Brennwert Muskelfleisch	376,15 MJ

Wie aus den Eckdaten zur Altkuhmast in Tabelle 56 ersichtlich, wird bei Mastbeginn eine Lebendmasse von 600 kg angenommen. Bei mittleren täglichen Zunahmen von 1,2 kg erreichen die Altkühe nach 100 Tagen Mastdauer eine Lebendmasse von 720 kg. Die Versuchsergebnisse von Habermann et al. (2000) zeigen auch eine Steigerung der Ausschachtung von rund 48,5 % (ohne Ausmast) auf etwa 52,5 % (mit Ausmast). Nimmt man diese Werte als Ausgangspunkt, so errechnet sich eine Schlachtkörpermasse von 291 kg ohne Ausmast und 378 kg mit Ausmast. Umgerechnet ergibt sich also eine zusätzliche Schlachtkörpermasse von 87 kg durch die Altkuhmast. Da in Bezug auf Fleischanteil und Fleischinhaltsstoffe keine geeigneten heimischen Studien zur Verfügung stehen, erfolgt hier eine Abschätzung anhand internationaler Literaturquellen wie Blakely (2009) oder Patten et al. (2008). Für den Muskelfleischanteil werden 61 % unterstellt und bei den Fleischinhaltsstoffen wird mit 28 % Trockenmasse, 20,5 % Protein und 6,3 % Fett gerechnet. Somit ergeben sich 53,07 kg Muskelfleisch, 14,86 kg Protein und 3,34 kg Fett. Daraus errechnet sich ein Brennwert von 376,15 MJ.

4.8.2 Fütterung und Rationsgestaltung

Die gewählte Rationszusammensetzung orientiert sich an den Rationsbeispielen von Steinwidder und Habermann (2004). Dabei wird eine Variante mit Mais- und Grassilage als Grundfutterkomponenten unterstellt. Als Krafftuttermittel kommen 0,65 kg T Weizen, 0,65 kg T Gerste und 0,45 kg T Rapsextraktionsschrot in die Ration. Um den Bedarf an Mengen- und Spurenelementen sowie Vitaminen zu decken, wird die Ration durch 70 g Mineral- und Wirkstoff-Ergänzungsfutter supplementiert. Nach Steinwidder (2003) sowie Steinwidder und Habermann (2004) liegt die tägliche Futtermittelaufnahme der Altkühe bei etwa 13 kg T. Für die Grundfutterkomponenten ergibt sich daher eine tägliche Aufnahme von 5,93 kg T Maissilage und 5,25 kg T Grassilage. Tabelle 57 zeigt die Rationsgestaltung in der Ausmast der Altkühe.

Tabelle 57: Altkuhmast – Rationszusammensetzung in der Altkuhausmast

Futtermittel	Futteraufnahme [kg T/Tag]	ME [MJ/kg T]	XP [g/kg T]	nXP [g/kg T]	XF [g/kg T]
Maissilage	5,93	11,01	76	132	178
Grassilage	5,25	9,88	164	133	241
Weizen	0,65	13,41	148	174	27
Gerste	0,65	12,89	122	165	55
Rapsextraktionsschrot	0,45	11,99	399	219	131
Mineralfutter	0,07				

4.8.3 Futterbedarf

Der Futterbedarf pro Altkuh errechnet sich aus der täglichen Aufnahme der einzelnen Komponenten und der Mastdauer. Der Futterbedarf pro Altkuh und Mastperiode bzw. pro Altkuh und Jahr ist in Tabelle 58 dargestellt.

Tabelle 58: Altkuhmast – Futterbedarf je Altkuh und Mastperiode bzw. Jahr

Futtermittel	Futterbedarf gesamte Mast [kg T]	Futterbedarf pro Jahr [kg T]
Maissilage	593,00	2.022,85
Grassilage	525,00	1.790,89
Weizen	65,00	221,73
Gerste	65,00	221,73
Rapsextraktionsschrot	45,00	153,50
Mineralfutter	7,00	23,88
SUMME	1300,00	4434,58

4.8.4 Futtermittelherkunft und Flächenbedarf für die Futterproduktion

Die Grundfutterkomponenten Mais- und Grassilage, sowie die Kraftfuttermittel Weizen und Gerste werden auf den betriebseigenen Flächen produziert. Rapsextraktionsschrot wird hingegen zugekauft und stammt aus österreichischer Produktion.

Der Flächenbedarf für die Erzeugung der Futtermittel errechnet sich wiederum aus der benötigten jährlichen Menge und dem mittleren Hektarertrag. Für die Produktion der gesamten Futterkomponenten ergibt sich ein Flächenbedarf von 0,5736 ha je Altkuh (Mastplatz) und Jahr (siehe Tabelle 59). Nach eigenen Berechnungen können vom Flächenbedarf für die Kalbinnenaufzucht aus der Milchproduktion etwa 0,0013 ha den Altkühen zugeordnet werden. Hier möchte ich noch anmerken, dass bei den Berechnungen in Zusammenhang mit der Kalbinnenaufzucht die LM-Zunahme der jungen Kühe in der 1. und 2. Laktation vernachlässigt wurde.

Tabelle 59: Altkuhmast – Flächenbedarf je Altkuh (Mastplatz)

Futtermittel	Futtermenge pro Jahr [kg T]	Mittlerer Ertrag [kg T/ha]	Benötigte Fläche [ha]
Maissilage	2.022,85	12570	0,1609
Grassilage	1.790,89	8500	0,2107
Weizen	221,73	4337	0,0511
Gerste	221,73	3955	0,0561
Rapsextraktionsschrot	153,50	1619	0,0948
Flächenbedarf Altkuhmast (Mastbetrieb)			0,5736
Flächenbedarf vorgelagertes Produktionssystem (Anteil Kalbinnenaufzucht):			0,0013
SUMME			0,5749

4.8.5 Maschineneinsatz und Treibstoffverbrauch

Die Berechnung des Treibstoffverbrauchs im Produktionssystem Altkuhmast erfolgt wiederum mit Hilfe der ÖKL-Richtwerte (2011), wie dies unter Punkt 4.2.5 beschrieben wurde.

Treibstoffverbrauch im Zuge der Futtermittelproduktion:

In Tabelle 60 ist der Treibstoffverbrauch im Zuge der Futterproduktion je Altkuh (Mastplatz) und Jahr zusammengefasst.

Tabelle 60: Altkuhmast – Treibstoffverbrauch im Zuge der Futterproduktion

Kultur	Verbrauch je ha [l/ha]	Fläche [ha]	Gesamtverbrauch [l]
Maissilage	102,48	0,1609	16,49
Grassilage	129,48	0,2107	27,28
Weizen	103,46	0,0511	5,29
Gerste	100,92	0,0561	5,66
Rapsextraktionsschrot (zugekauft)	65,58	0,0948	6,22
SUMME (pro Altkuh und Jahr)			60,94

Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten:

Die Berechnung des Treibstoffverbrauchs für den Transport der zugekauften Futtermittel erfolgt wiederum in Abhängigkeit von der benötigten Menge und den zugehörigen Verbrauchswerten (siehe Punkt 4.2.5). Auch der Transport der Kuh vom Milchviehbetrieb zum Mastbetrieb wird berücksichtigt. Unter Annahme eines Verbrauchs von 0,0553 l je t und km (LKW-Transport), einer durchschnittlichen Entfernung von 50 km und einer Lebendmasse der Kuh von 600 kg errechnet sich ein Treibstoffverbrauch von 1,66 l. Da der Transport ein Mal pro Mastdurchgang nötig ist, wird dieser Wert noch auf ein Jahr umgerechnet. Somit ergibt sich ein Verbrauch von 5,66 l pro Jahr. In Tabelle 61 ist der Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten zusammengefasst.

Tabelle 61: Altkuhmast – Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten

Transport	Verbrauch [l/kg]	Transportmasse [kg]	Gesamtverbrauch [l]
Transport Rapsextraktionsschrot	0,0028	174,44	0,49
Transport Mineralfuttermittel (LKW)	0,0083	23,88	0,20
Transport Altkuh zu Mastbetrieb			5,66
Summe (pro Altkuh und Jahr)			6,35

4.8.6 Haltungssystem und Wirtschaftsdüngeranfall

Im Modellbetrieb Altkuhmast wird als Haltungssystem ein Laufstall mit Vollspaltenböden angenommen. Als Wirtschaftsdünger fällt in diesem System Gülle an. Die Ermittlung des Nährstoffanfalls erfolgt wie in Punkt 4.2.6 beschrieben. Da in den Richtlinien für sachgerechte Düngung keine Werte für Altkühe angegeben sind, wird ein Mittel aus den Anfallsmengen von Mutterkühen und Milchkühen (5000 kg Milchleistung) herangezogen. In Tabelle 62 sind die in der Gülle enthaltenen Nährstoffmengen je Altkuh und Mastperiode bzw. Jahr zusammengefasst.

Tabelle 62: Altkuhmast – Nährstoffmengen in der Gülle

	N _{Brutto} [kg]	N _{Lager} ¹ [kg]	N _{Feld} ² [kg]	P ₂ O ₅ [kg]	K ₂ O [kg]
Summe pro Mastperiode	22,74	19,33	16,82	6,47	36,71
Summe pro Jahr	77,58	65,94	57,37	22,07	125,23

¹N_{Brutto} abzüglich 15% Stall- und Lagerverluste = N_{Lager}

²N_{Lager} abzüglich 13% Ausbringungsverluste = N_{Feld}

4.8.7 Boden und Stoffflüsse

Im Modellbetrieb Altkuhmast wird Stickstoff über Gülle und Mineraldünger, sowie über Ernterückstände und Vorfruchtwirkung auf die Nutzflächen eingetragen. In Tabelle 63 sind die gesamten Stickstoffeinträge zusammengefasst. Tabelle 64 zeigt die über Mineraldünger ausgebrachten Mengen an Stickstoff (N), Phosphor (P₂O₅) und Kalium (K₂O), sowie die eingesetzte Menge an Pflanzenschutzmitteln. Tabelle 65 zeigt die gasförmigen N-Verluste aus dem Wirtschaftsdünger-N, dem Boden-N, sowie die N-Verluste durch Auswaschung aus dem Boden.

Tabelle 63: Altkuhmast – Gesamter N-Eintrag auf den beanspruchten Flächen

Kultur	N aus Gülle, Mineraldünger, Vorfrucht, Ernterückständen		
	[kg N/ha u. Jahr]	Fläche [ha]	[kg N/Jahr]
Maissilage	160,00	0,1609	25,75
Grassilage	150,00	0,2107	31,60
Weizen	120,00	0,0511	6,13
Gerste	100,00	0,0561	5,61
Raps	130,00	0,0948	12,33
SUMME		0,5736	81,42

Tabelle 64: Altkuhmast – Mineraldünger- u. PSM-Einsatz auf den beanspruchten Flächen

[kg N/Jahr]	Mineraldüngung [kg P ₂ O ₅ /Jahr]	[kg K ₂ O/Jahr]	PSM [kg/Jahr]
13,29	22,27	27,53	1,15

Tabelle 65: Altkuhmast – N-Verluste aus Wirtschaftsdünger-N und Boden-N

Verlustquelle	Gasförmige N-Verluste [kg N/Jahr]	Auswaschung [kg N/Jahr]
Wirtschaftsdünger-N	31,03	-
Boden-N	12,80	24,43

4.9 Allgemeines zur Lämmermast

Neben den Rindermastsystemen sollen in dieser Arbeit auch die gängigen Lammfleisch-Produktionssysteme in Bezug auf die Verursachung von THG-Emissionen beurteilt werden. Auch bei der Lämmermast gibt es in Abhängigkeit von den vorhandenen Produktionsbedingungen unterschiedliche Mastverfahren. Nach Ringdorfer (2010) führen die verschiedenen Betriebsstrukturen, Rassen und Umweltbedingungen zu den unterschiedlichsten Produktionssystemen. In Literaturquellen wie Kirchgeßner et al. (2008), Knaus (2010), Ringdorfer et al. (2009) oder Zollitsch (2010) fin-

den sich in Bezug auf die Fütterungsstrategie zum Teil zwar etwas unterschiedliche Bezeichnungen, grundsätzlich wird aber zumeist in eine intensive Form der Lämmermast (od. Lämmerschnellmast) und eine verlängerte Lämmermast (od. Wirtschaftsmast) unterschieden. Bei der intensiven Lämmermast wird viel Krafffutter eingesetzt, sodass die Tiere mit 3 - 4 Monaten eine Lebendmasse von 40 - 45 kg erreichen. Bei der verlängerten Lämmermast wird vermehrt auf Grundfutter gesetzt, wobei sich die Mastperiode in Abhängigkeit vom eingesparten Krafffutter verlängert. Eine spezielle Form stellt dabei die Weidelämmermast dar. Hier laufen die Lämmer bis etwa 30 kg Lebendmasse mit den Mutterschafen auf die Weide. Die Wachstumsintensität der Lämmer hängt stark von der Qualität der Weide (die auch entscheidend für die Milchleistung der Mutter ist) und der Ergänzungsfütterung mit Krafffutter ab. In der Praxis wird es zwischen den angeführten Mastverfahren viele Übergangsformen geben. Nach Ringdorfer et al. (2009) muss das Verfahren, nach dem gefüttert wird, betriebsindividuell gestaltet werden, wobei die Entscheidung stark von der vorhandenen Futtergrundlage und den Vermarktungswegen abhängt. Eine entscheidende Rolle bei der Lammfleischerzeugung spielt auch die Nachfrage der Konsumenten und Konsumentinnen nach Qualitätslammfleisch. Nach Bellof (2008) erfordert die marktgerechte Lammfleischerzeugung ein rasches Wachstum der Lämmer mit begrenzten Mast-endmassen. Gemäß Ringdorfer et al. (2008) muss ein Qualitätslamm jung und vollfleischig sein und darf nur eine geringe Fettabdeckung haben. Die Mastendmasse von etwa 40 kg sollte demnach im Alter von maximal 5 Monaten erreicht werden. In diesem Alter ist auch der typische Schafgeschmack im Fleisch noch nicht so deutlich ausgeprägt. Für die Fütterung bedeutet dies, dass bei der Erzeugung von Qualitätslammfleisch eine Reduzierung der Krafffuttermenge nur begrenzt möglich ist. Daneben spielt für die Konsumenten und Konsumentinnen aber auch die Art der Produktion eine zunehmende Rolle. Hier kann vor allem die Weidehaltung punkten.

Aufgrund der vielen Varianten und Übergangsformen zwischen den Mastverfahren ist es in dieser Arbeit nicht möglich, alle in der Praxis vorhandenen Systeme in Bezug auf die Verursachung von THG-Emissionen abzubilden. Um trotzdem möglichst aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten und vor allem auch einen guten Vergleich mit der Rindfleischproduktion herstellen zu können, werden die THG-Emissionen für zwei Produktionssysteme ermittelt. Dabei soll versucht werden, bei einem Modellbetrieb eine intensive Form der Lämmermast mit hohem Krafffuttoreinsatz abzubilden. Beim zweiten Modellbetrieb wird hingegen ein vermehrter Grundfuttoreinsatz in Form einer Weidelämmermast (mit Stallendmast) dargestellt.

Nach Baumung et al. (2006) ist das Tiroler Bergschaf die meist verwendete Rasse in Österreich. Am zweit häufigsten wird das Merinolandschaf eingesetzt. Gemäß Ringdorfer et al. (2009) eignet sich das Bergschaf besonders gut für das alpine Gebiet und als Muttergrundlage in Gebrauchskreuzungen mit Fleischrassen. Die Lämmer aus solchen Kreuzungen zeigen nach Ringdorfer et al. (2009) höhere Tageszunahmen und eine bessere Futtermittelverwertung als reinrassige Lämmer. Als Väterrassen werden häufig die Fleischrassen Suffolk, Schwarzköpfiges Fleischschaf oder Texel eingesetzt. Das Merinolandschaf ist vor allem sehr gut für die Koppelhaltung geeignet.

4.10 Modellierung Produktionssystem intensive Lämmermast

Im Folgenden wird das Produktionssystem intensive Lämmermast in allen, für die Verursachung von THG-Emissionen relevanten Bereichen beschrieben.

4.10.1 Mastlämmer und Mutterschafe

Im Modellbetrieb wird eine Lämmerschnellmast in Form einer Sauglämmermast angenommen. Dies stellt gemäß Knaus (2010) die bei uns übliche Form der intensiven Lämmermast dar. Um die angestrebte Mastendmasse von 40-45 kg mit einem Alter von 3-4 Monaten zu erreichen, sind tägliche Zunahmen von 300-400 g erforderlich. Nach Knaus (2010) liegen die Tageszunahmen von Bocklämmern um etwa 15-20 % höher als bei den weiblichen Lämmern und sie verfetten auch weniger stark. Die weiblichen Lämmer werden deshalb schon mit einer etwas geringeren Lebendmasse geschlachtet. Die Annahmen im Modellbetrieb beziehen sich daher immer auf ein Mittel zwischen männlichen und weiblichen Lämmern. Es wird angenommen, dass die Lämmer einer Gebrauchskreuzung aus Tiroler Bergschafen mit einem Fleischwider entstammen. Entsprechend der Auswertungen von Baumung et al. (2006) wird die Lebendmasse bei der Geburts mit etwa 5 kg, die täglichen Zunahmen mit ca. 300 g und die Mastendmasse mit etwa 40 kg angenommen. Daraus errechnet sich eine Mastdauer von durchschnittlich 117 Tagen. Die Schlachtstatistik der Statistik Austria (2010a) zeigt für Lämmer eine Schlachtausbeute von etwa 48 %. Nimmt man dies als Maßstab, ergibt sich eine Schlachtkörpermasse von 19,2 kg. Gemäß Ringdorfer (1993, 2010) liegt der Fleischanteil von intensiv gemästeten Lämmern bei etwa 54-55 %. Rechnet man mit 54,5 %, ergibt sich ein Muskelfleischanfall von 10,46 kg. Der angenommene Trockenmassegehalt des Fleisches (25,0 %) orientiert sich an den Ergebnissen von Ringdorfer (1993), der Proteingehalt (20,6 %) und der Fettgehalt (3,2 %) an den Angaben von Beyzai (1996). Es ergeben sich 2,62 kg Fleisch-T, 2,15 kg Protein und 0,33 kg Fett. Daraus errechnet sich ein Energiegehalt des Fleisches von 61,46 MJ. In Tabelle 66 sind die wichtigsten Annahmen zu den Mastlämmern und Mutterschafen zusammengefasst

Tabelle 66: Lämmermast-Intensiv – Eckdaten zu den Mastlämmern und Mutterschafen

Mastlämmer:	
Lebendmasse bei der Geburt	5 kg
Lebendmasse bei Mastende	40 kg
Mittlere Tageszunahmen	300 g
Mastdauer	117 Tage
Schlachtkörpermasse	19,2 kg
Muskelfleisch	10,46 kg
Muskelfleisch-T	2,62 kg
Protein im Muskelfleisch	2,15 kg
Fett im Muskelfleisch	0,33 kg
Brennwert Muskelfleisch	61,46 MJ
Mutterschafe:	
Lebendmasse	70 kg
Milchleistung	130 kg pro Lamm
Aufgezogene Lämmer pro Ablammung	1,6
Zwischenlammzeit	272 Tage

Wie schon erwähnt, wird bei den Mutterschafen die Rasse Tiroler Bergschaf angenommen. Nach Baumung et al. (2006) ergibt sich beim Bergschaf im Mittel ein Erstlammalter von 16,6 Monaten, eine Zwischenlammzeit von 272,4 Tagen und eine Nutzungsdauer von 1402 Tagen. Bei der Wurfgröße geben Baumung et al. (2006)

beim Bergschaf eine Verteilung von ca. 36 % Einlingen und 58 % Zwillingen (Rest mehr als zwei) an, wobei im Durchschnitt mit Lämmerverlusten von ca. 4,1 % gerechnet werden muss. Umgerechnet bedeutet dies, dass pro Ablammung 1,6 Lämmer aufgezogen werden können. Nach Kirchgeßner et al. (2008) kann bei Einlingen mit einer Milchleistung von etwa 120-180 kg gerechnet werden. Bei Zwillingen ist die Leistung um etwa 50 % höher, muss in diesem Fall aber für zwei Lämmer reichen. Im Mittel wird daher eine Milchleistung von 130 kg pro Lamm unterstellt. Die Lebendmasse der Mutterschafe wird mit durchschnittlich 70 kg angenommen.

4.10.2 Fütterung und Rationsgestaltung

Lämmer:

Laut Kirchgeßner et al. (2008) kann die erforderliche Mastleistung erreicht werden, wenn die Lämmer zusätzlich zur Muttermilch noch eine intensive Ergänzungsfütterung mit Kraftfutter erhalten. Deshalb wird bei der Sauglämmermast bereits ab der 2. Lebenswoche Kraftfutter und Heu ad libitum angeboten. Die neben der Muttermilch täglich aufgenommene Menge an Kraftfutter und Heu entspricht den Angaben von Kirchgeßner et al. (2008). Tabelle 67 zeigt die Rationsgestaltung im Mastverlauf. Die gewählte Kraftfütterzusammensetzung orientiert sich an der Beispielmischung von Ringdorfer et al. (2009) sowie den Angaben der Futtermittelfirmen Garant und Fixkraft (persönliche Mitteilung, 28.07.2011) und ist in Tabelle 68 dargestellt.

Tabelle 67: Lämmermast-Intensiv – Rationsgestaltung im Mastverlauf (Lamm)

Woche	Milch [kg T/Tag]	Kraftfutter [kg T/Tag]	Heu [kg T/Tag]	
1.	ad libitum ¹	-	-	
3.		0,045	0 bis 0,35 kg T (d.h. Mittel 0,17 kg T)	
5.		0,285		
7.		0,460		
9.		0,640		
11.		0,815		0,35
13.		0,990		0,35
15.		-	1,230	0,35
17.	-	1,230	0,35	

¹ Säugeperiode 14 Wochen, Milchleistung 130 kg, bei 18,5% T = 24,05 kg T

Tabelle 68: Lämmermast-Intensiv – Kraftfüttermischung für die Mastlämmer

Futtermittel	Mischung [%]	ME [MJ/kg T]	XP [g/kg T]	nXP [g/kg T]	XF [g/kg T]
Gerste	38	12,89	122	165	55
Winterweizen	24	13,37	138	172	29
Sojaextraktionsschrot	8	13,75	510	308	67
Rapsextraktionsschrot	10	11,99	399	219	131
Trockenschnitzel	16	11,93	99	156	205
Mineralstoffmischung	3				
Kohlensaurer Futterkalk	1				
Gesamte KF-Mischung		12,31	176		79,12

Mutterschafe:

Die gewählte Rationszusammensetzung bei den Mutterschafen orientiert sich an den Ausführungen von Kirchgeßner et al. (2008) und Ringdorfer et al. (2009). Um eine bedarfsgerechte Nährstoffversorgung der Mutterschafe sicherzustellen, ändert sich die Zusammensetzung der Ration im Reproduktionszyklus in Abhängigkeit vom Leistungsstadium, in dem sich das Tier befindet. In der praktischen Fütterung kommt es daher zum Einsatz unterschiedlicher Mengen von Grund- und Kraftfutter. Als Grund-

futtermittel eignen sich Heu, Stroh, Gras- und Maissilage sowie Weidegras. In Tabelle 69 ist die Rationsgestaltung der Mutterschafe im Reproduktionszyklus dargestellt.

Tabelle 69: Lämmermast-Intensiv – Rationsgestaltung im Reproduktionszyklus (Mutterschaf)

Abschnitt	Futtermittel	Futteraufnahme [kg T/Tag]	ME [MJ/kg T]	XP [g/kg T]	nXP [g/kg T]	XF [g/kg T]
leer und niedertragend (Stallhaltung)	Heu	1,30	8,12	89	105	349
	Mineralfutter	0,01				
Deckzeit	Heu	1,2 – 0,9	8,12	89	105	349
	Gerste	0,1 – 0,4	12,89	122	165	55
	Mineralfutter	0,01				
leer und niedertragend (Almweide)	Weide (Alm)	1,3	9,01	145	109	228
	Mineralfutter	0,01				
hochtragend	Heu	0,70	9,11	123	121	280
	Grassilage	0,70	9,88	164	133	241
	Gerste	0,20	12,89	122	165	55
	Trockenschnitzel	0,15	11,93	99	156	205
	Mineralfutter	0,02				
säugend	Heu	0,50	9,11	123	121	280
	Grassilage	1,17	9,88	164	133	241
	Gerste	0,50	12,89	122	165	55
	Sojaextr.schrot	0,08	13,75	510	308	67
	Rapsextr.schrot	0,10	11,99	399	219	131
	Mineralfutter	0,02				

Da die Fruchtbarkeit der Mutterschafe durch die Nährstoffzufuhr beeinflusst werden kann, wird zur Zeit des Deckens eine sogenannte Flushing-Fütterung durchgeführt. Nach Ringdorfer et al. (2009) wird dazu die Energieversorgung um etwa 20-30 % erhöht, was üblicherweise durch die Fütterung von Krafftutter (z.B. Gerste), aber auch durch einen Weidewechsel auf eine sehr gute Weide erfolgt. Gemäß Kirchgeßner et al. (2008) sollte die Flushing-Fütterung etwa 4 Wochen vor dem Decken beginnen. Dabei wird die Krafftuttermenge von anfangs 100 g auf 450 g bis etwa eine Woche vor dem Decktermin gesteigert und auf diesem Niveau bis ca. 2 Wochen nach dem Decken beibehalten.

Außerhalb der Deckperiode sollten leere und niedertragende Schafe gemäß Ringdorfer et al. (2009) nach dem Erhaltungsbedarf gefüttert werden. Dafür ist eine Fütterung mit Heu, Grassilage oder Weide minderer Qualität ausreichend. Neue australische Untersuchungen zeigen, dass bei durchschnittlich konditionierten Schafen die Energieversorgung im 2. Drittel der Trächtigkeit sogar unter dem Erhaltungsbedarf sein soll, da dies die Ausreifung der Plazenta fördert (Ringdorfer et al. 2009). Im vorliegenden Fall wird aber von einer Fütterung auf Erhaltungsniveau bis zum 100. Trächtigkeitstag ausgegangen. Während der Sommerfütterung wird dabei eine Almweide, während der Winterfütterperiode eine Fütterung mit Heu unterstellt.

Im letzten Trächtigkeitsdrittel (100. bis 150. Trächtigkeitstag) sollte die Energieversorgung nach Ringdorfer et al. (2009) über dem Erhaltungsniveau liegen. Nach Kirchgeßner et al. (2008) muss in dieser Phase eine höhere Energie-, Protein- und Mineralstoffversorgung für die Entwicklung der Föten und der Milchdrüse erfolgen.

In der Säugeperiode (12-16 Wochen) ist laut Ringdorfer et al. (2009) der Nährstoffbedarf der Schafe besonders hoch. Der höhere Nährstoffbedarf der hochtragenden und säugenden Mutterschafe wird durch eine Krafftuttermittelergänzung gedeckt, wobei

die erforderliche Menge auch von der Qualität des Grundfutters abhängt (Kirchgeßner et al. 2008).

Grundsätzlich ist bei der Fütterung der Mutterschafe auch zu bedenken, dass einige wichtige Faktoren wie Futteraufnahme, Milchleistung, erforderliche Energiekonzentration bzw. Krafftuttermenge auch von der Anzahl säugender Lämmer pro Mutterschaf abhängen. Wie bereits erwähnt, kann im Mittel mit 1,6 aufgezogenen Lämmern pro Ablammung gerechnet werden. Im Modellbetrieb wird angenommen, dass während der Hochträchtigkeit (100.-150. Tag) und während der Säugeperiode (14 Wochen) eine Stallfütterung erfolgt. Während der leeren und niedertragenden Phase wird je zur Hälfte von einer Stallfütterung sowie einer Weidehaltung ausgegangen. Dies ergibt sich aufgrund der Zwischenlammzeit von etwa 272 Tagen, wodurch diese Phase von Jahr zu Jahr abwechselnd in die Sommer- oder Winterfütterungsperiode fallen kann.

4.10.3 Futterbedarf

Der Bedarf der einzelnen Futterkomponenten errechnet sich wiederum aus der täglich aufgenommenen Menge und der Dauer, während der das jeweilige Futtermittel angeboten wird. In Tabellen 70 ist der Futterbedarf pro Mutterschaf bzw. pro Lamm dargestellt.

Tabelle 70: Lämmermast-Intensiv – Futterbedarf pro Mutterschaf bzw. Lamm

Futtermittel	Mutterschaf		Lamm	
	Futterbedarf pro ZLZ [kg T]	Futterbedarf pro Jahr [kg T]	Futterbedarf pro ZLZ [kg T]	Futterbedarf pro Jahr [kg T]
Schafmilch	-	-	24,05	32,27
Heu	152,00	203,97	27,05	36,30
Weidegras	80,60	108,16	-	-
Grassilage	149,66	200,83	-	-
Gerste	71,60	96,08	29,31	39,33
Winterweizen	-	-	18,51	24,84
Sojaextraktionsschrot	7,84	10,52	6,17	8,28
Rapsextraktionsschrot	9,80	13,15	7,71	10,35
Trockenschnitzel	7,50	10,06	12,34	16,56
Mineralfutter	4,20	5,64	3,09	4,14
SUMME	483,20	648,41	128,24	172,08

4.10.4 Futtermittelherkunft und Flächenbedarf für die Futterproduktion

Die Grundfutterkomponenten Weidegras, Grassilage und Heu können auf betriebseigenen Flächen erzeugt werden. Das Krafftutter wird zugekauft, wobei Gerste, Winterweizen, Trockenschnitzel und Rapsextraktionsschrot aus österreichischem Anbau verfügbar sind, Sojaextraktionsschrot wird hingegen importiert. Für die Erzeugung aller Futterkomponenten ergibt sich ein Flächenbedarf von 0,2418 ha, wie dies auch in Tabelle 71 ersichtlich ist.

Tabelle 71: Lämmermast-Intensiv – Flächenbedarf je Mutterschaf bzw. Lamm

Tierkategorie / Futtermittel	Futtermenge pro Jahr [kg T]	Mittlerer Ertrag [kg T/ha]	Benötigte Fläche [ha]
<u>Mutterschaf:</u>			
Heu	203,97	7000	0,0291
Weidegras (Alm)	108,16	1000	0,1082
Grassilage	200,83	8500	0,0236
Gerste (zugekauft)	96,08	3955	0,0243
Trockenschnitzel (zugekauft)	10,06	3092	0,0033
Sojaextr.schrot (zugekauft)	10,52	1490	0,0071
Rapsextr.schrot (zugekauft)	13,15	1619	0,0081
<u>Lamm:</u>			
Heu	36,30	7000	0,0052
Gerste (zugekauft)	39,33	3955	0,0099
Winterweizen (zugekauft)	24,84	4337	0,0057
Sojaextr.schrot (zugekauft)	8,28	1490	0,0056
Rapsextr.schrot (zugekauft)	10,35	1619	0,0064
Trockenschnitzel (zugekauft)	16,56	3092	0,0054
SUMME (Mutterschaf)			0,2036
SUMME (Lamm)			0,0382

4.10.5 Maschineneinsatz und Treibstoffverbrauch

Treibstoffverbrauch im Zuge der Futtermittelproduktion:

In Tabelle 72 ist der Treibstoffverbrauch im Zuge der Futtermittelproduktion je Mutterschaf bzw. Lamm und Jahr dargestellt.

Tabelle 72: Lämmermast-Intensiv – Treibstoffverbrauch im Zuge der Futterproduktion

Tierkategorie / Kultur	Verbrauch je ha [l/ha]	Fläche [ha]	Gesamtverbrauch [l]
<u>Mutterschaf:</u>			
Grassilage	153,48	0,0236	3,63
Heu	133,00	0,0291	3,88
Gerste (zugekauft)	100,92	0,0243	2,45
Trockenschnitzel (zugekauft)	26,50	0,0033	0,09
Sojaextraktionsschrot (zugekauft)	56,54	0,0071	0,40
Rapsextraktionsschrot (zugekauft)	65,58	0,0081	0,53
<u>Lamm:</u>			
Heu	133,00	0,0052	0,69
Gerste (zugekauft)	100,92	0,0099	1,00
Winterweizen (zugekauft)	115,46	0,0057	0,66
Sojaextraktionsschrot (zugekauft)	56,54	0,0056	0,31
Rapsextraktionsschrot (zugekauft)	65,58	0,0064	0,42
Trockenschnitzel (zugekauft)	26,50	0,0054	0,14
SUMME (Mutterschaf)			10,97
SUMME (Lamm)			3,23

Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten:

Die Berechnung des Treibstoffverbrauchs für den Transport der zugekauften Futtermittel erfolgt wiederum in Abhängigkeit von der benötigten Menge und den zugehörigen Verbrauchswerten (siehe Punkt 4.2.5). In Tabelle 73 ist der Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten zusammengefasst.

Tabelle 73: Lämmermast-Intensiv – Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten

Tierkategorie / Transport	Verbrauch [l/kg]	Transportmasse [kg]	Gesamtverbrauch [l]
Mutterschaf:			
Transport-Krafftutter (Österr.)	0,0083	135,56	1,13
Transport-Extr.schrot (BRA/USA - Österr.)	0,1274	11,96	1,52
Transport Mineralfuttermittel	0,0083	5,64	0,05
Lamm:			
Transport-Krafftutter (Österr.)	0,0083	103,51	0,86
Transport-Extr.schrot (BRA/USA - Österr.)	0,1274	9,41	1,20
Transport Mineralfuttermittel	0,0083	4,14	0,03
SUMME (Mutterschaf)			2,70
SUMME (Lamm)			2,09

4.10.6 Haltungssystem und Wirtschaftsdüngeranfall

Im Modellbetrieb Lämmermast-Intensiv wird als Haltungssystem ein Tiefstreulaufstall angenommen. Bei den Mutterschafen ist zu berücksichtigen, dass sie zum Teil auf der Weide gehalten werden.

Als Wirtschaftsdünger fällt während der Stallhaltung Festmist an. Die Berechnung der anfallenden Nährstoffmengen erfolgt wie in Punkt 4.2.6 beschrieben. In Tabelle 74 und 75 ist der Nährstoffanfall je Mutterschaf bzw. Lamm dargestellt.

Tabelle 74: Lämmermast-Intensiv – Nährstoffmengen im Festmist (Mutterschaf)

Tier / Alter	N _{Brutto} [kg]	N _{Lager} ¹ [kg]	N _{Feld} ² [kg]	P ₂ O ₅ [kg]	K ₂ O [kg]
Mutterschaf	10,43	5,74	5,22	2,98	13,04
Abzüglich Weideperiode	-2,38	-1,31	-1,19	-0,68	-2,97
Summe pro ZLZ (Stall)	8,05	4,43	4,03	2,30	10,07
Summe pro Jahr (Stall)	10,81	5,94	5,41	3,09	13,51
Summe pro ZLZ (Weide) ³	2,38			0,68	2,97
Summe pro Jahr (Weide) ³	3,19			0,91	3,99

¹N_{Brutto} abzüglich 45% Stall- und Lagerverluste = N_{Lager}

²N_{Lager} abzüglich 9% Ausbringungsverluste = N_{Feld}

³Werte entsprechen dem Nährstoffgehalt von Jauch und Mist

Tabelle 75: Lämmermast-Intensiv – Nährstoffmengen im Festmist (Lamm)

Tier / Alter	N _{Brutto} [kg]	N _{Lager} ¹ [kg]	N _{Feld} ² [kg]	P ₂ O ₅ [kg]	K ₂ O [kg]
Lämmer < ½ Jahr	3,15	1,73	1,58	0,64	1,83
Summe pro ZKZ (Stall)	3,15	1,73	1,58	0,64	1,83
Summe pro Jahr (Stall)	4,22	2,32	2,11	0,86	2,45

¹N_{Brutto} abzüglich 45% Stall- und Lagerverluste = N_{Lager}

²N_{Lager} abzüglich 9% Ausbringungsverluste = N_{Feld}

4.10.7 Boden und Stoffflüsse

Über Wirtschaftsdünger, Mineraldünger, direkte Kot- und Harnausscheidungen sowie über Ernterückstände und Vorfruchtwirkung kommen Stickstoffeinträge auf die Nutzflächen. Die Grünlandflächen werden mit Mist gedüngt, auf den Ackerflächen erfolgt eine mineralische Düngung. Tabelle 76 zeigt den gesamten Stickstoffeintrag auf den von den Mutterschafen bzw. Lämmern beanspruchten Flächen. In Tabelle 77 ist die

über Mineraldünger ausgebrachte Menge an Stickstoff (N), Phosphor (P_2O_5) und Kalium (K_2O), sowie die eingesetzte Menge an Pflanzenschutzmitteln auf der zur Kraftfuttererzeugung beanspruchten Fläche dargestellt. Tabelle 78 zeigt die gasförmigen N-Verluste aus dem Wirtschaftsdünger-N sowie aus dem Boden-N und die N-Verluste durch Auswaschung aus dem Boden und der Festmistlagerung.

Tabelle 76: Lämmermast-Intensiv – Gesamter N-Eintrag auf den beanspruchten Flächen

Tierkategorie / Kultur	N aus Festmist, Kot, Harn, Mineraldünger, Vorfrucht, Ernterückständen		
	[kg N/ha u. Jahr]	Fläche [ha]	[kg N/Jahr]
Mutterschaf:			
Weide (Alm)	29,49	0,1082	3,19
Grassilage	155,75	0,0236	3,68
Heu	112,22	0,0291	3,27
Gerste	100,00	0,0243	2,43
Sojabohne	60,00	0,0071	0,42
Raps	130,00	0,0081	1,06
Trockenschnitzel (ZR)	100,00	0,0033	0,33
Lamm:			
Heu	110,00	0,0052	0,57
Gerste	100,00	0,0099	0,99
Winterweizen	120,00	0,0057	0,69
Sojabohne	60,00	0,0056	0,33
Raps	130,00	0,0064	0,83
Trockenschnitzel (ZR)	100,00	0,0054	0,54
SUMME (Mutterschaf)		0,2037	14,37
SUMME (Lamm)		0,0382	3,95

Tabelle 77: Lämmermast-Intensiv – Mineraldünger- u. PSM-Einsatz auf den beanspruchten Flächen

Tierkategorie	Mineraldüngung			PSM [kg/Jahr]
	[kg N/Jahr]	[kg P_2O_5 /Jahr]	[kg K_2O /Jahr]	
Mutterschaf	3,18	2,68	5,25	0,15
Lamm	2,54	2,16	4,75	0,13

Tabelle 78: Lämmermast-Intensiv – N-Verluste aus Wirtschaftsdünger-N und Boden-N

Tierkategorie	Verlustquelle	Gasförmige N-Verluste	
		[kg N/Jahr]	
Mutterschaf	Wirtschaftsdünger-N	3,24	
	Boden-N	2,04	
Lamm	Wirtschaftsdünger-N	1,27	
	Boden-N	0,68	
		Auswaschung [kg N/Jahr]	
		0,59	
		4,31	
		0,23	
		1,19	

4.11 Modellierung Produktionssystem weidebasierte Lämmermast

Grundsätzlich sind auch bei der Weidelämmermast unterschiedliche Fütterungsintensitäten möglich. Dies hängt stark von der Qualität der vorhandenen Weide und von der Ergänzungsfütterung mit Krafffutter ab. Generell wird bei diesem System aber versucht, einen möglichst großen Anteil des Nährstoffbedarfs der Tiere über die Weide zu decken.

4.11.1 Mastlämmer und Mutterschafe

Im Modellbetrieb wird eine Weidelämmermast angenommen, wobei die Anforderungen für die Qualitätslammfleischerzeugung erfüllt werden sollen. Es wird daher angestrebt, dass die Lämmer die Mastendmasse von etwa 40 kg mit einem Alter von gut 5 Monaten erreichen. Als Muttergrundlage werden Merinolandschafe angenommen. Die Lebendmasse bei der Geburt liegt wiederum bei 5 kg. Unter Annahme einer guten Weidequalität werden tägliche Zunahmen von 200 g während der Weideperiode unterstellt. In der Stallendmast werden die Tageszunahmen durch Krafffuttereinsatz auf 300 g gesteigert. Somit errechnet sich eine Mastdauer von 158 Tagen. Die Schlachtausbeute und die Schlachtkörpermasse werden wiederum mit 48 % bzw. 19,2 kg angenommen. Der Fleischanteil (54,3%) sowie der Trockenmassegehalt (24,8%) des Fleisches orientieren sich an den Ergebnissen von Ringdorfer (1993). Es errechnen sich 10,43 kg Muskelfleisch und 2,59 kg Fleisch-T. Für den Protein- (20,6%) und Fettgehalt (2,8 %) werden die Ergebnisse von Beyzai (1996) herangezogen. Umgerechnet bedeutet dies 2,15 kg Protein und 0,29 kg Fett. Daraus errechnet sich ein Energiegehalt des Fleisches von 59,9 MJ. In Tabelle 79 sind die wichtigsten Annahmen zu den Lämmern und Mutterschafen dargestellt.

Tabelle 79: Lämmermast-Weide – Eckdaten zu den Mastlämmern und Mutterschafen

<u>Mastlämmer:</u>	
Lebendmasse bei der Geburt	5 kg
Lebendmasse bei Mastende	40 kg
Mittlere Tageszunahmen	200 g (Weide) / 300 g (Stallendmast)
Mastdauer	158 Tage
Schlachtkörpermasse	19,2 kg
Muskelfleisch	10,43 kg
Muskelfleisch-T	2,59 kg
Protein im Muskelfleisch	2,15 kg
Fett im Muskelfleisch	0,29 kg
Brennwert Muskelfleisch	59,9 MJ
<u>Mutterschafe:</u>	
Lebendmasse	70 kg
Milchleistung	110 kg pro Lamm
Aufgezogene Lämmer pro Ablammung	1,6
Zwischenlammzeit	300 Tage

Gemäß Baumung et al. (2006) liegt bei Merinolandschafen das Erstlammalter im Mittel bei 17,7 Monaten und die Nutzungsdauer bei 1791 Tagen. Aufgrund der längeren Säugezeit wird auch eine etwas längere Zwischenlammzeit von 300 Tagen angenommen. Die Verteilung der Wurfgröße liegt nach Baumung et al. (2006) bei Merinolandschafen bei etwa 35 % Einlingen und 59 % Zwillingen (Rest mehr als zwei) und die Lämmerverluste liegen im Mittel bei ca. 5,5 %. Umgerechnet können somit etwa 1,6 Lämmer pro Ablammung aufgezogen werden. Für die Mutterschafe wird wiederum eine Lebendmasse von durchschnittlich 70 kg angenommen. In Bezug auf die Milchleistung von Mutterschafen zeigen die Versuche von Veit (2009) bei Weidehal-

tung etwas niedrigere Leistungen als bei Stallhaltung. Daher wird die Milchleistung der Mutterschafe mit durchschnittlich 110 kg pro Lamm angenommen.

4.11.2 Fütterung und Rationsgestaltung

Lämmer:

Nach Kirchgeßner et al. (2008) kommen für die Weidelämmermast nur intensive Weiden mit Koppelschafhaltung in Frage. Die Lämmer laufen dabei bis zu einer Lebendmasse von etwa 30 kg mit den Mutterschafen auf die Weide. Nach dem Absetzen mit etwa 14-16 Wochen kommen die Lämmer entweder auf eine sehr gute Weide oder es erfolgt eine Endmast im Stall. Gemäß Knaus (2010) kann den Lämmern auf der Weide durch sogenanntes „creep grazing“ (Lämmer können über Lämmer-schlupf vorausweiden) bestes Weidegras zur Verfügung gestellt werden. Eine Ergänzungsfütterung von Krafffutter während der Weideperiode ist laut Kirchgeßner et al. (2008) nur notwendig, wenn die Weideleistung zurück geht oder wenn die Lämmer die Mastendmasse früher erreichen sollen. Diese kann auch durch eine Endmast im Stall erreicht werden. Im Modellbetrieb wird eine Weidehaltung (ohne Krafffutterergänzung) mit anschließender Stallendmast unterstellt. Aufgrund der Zwischenlammzeit von 300 Tagen kann die Säugezeit aber auch in die Winterfütterungsperiode fallen, daher wird während der Säugeperiode je zur Hälfte von einer Weide- bzw. Stallhaltung ausgegangen. In der Endmast wird eine ähnliche Krafffutzusammensetzung wie in der intensiven Lämmermast angenommen. Tabelle 80 zeigt die Rationsgestaltung im Mastverlauf.

Tabelle 80: Lämmermast-Weide – Rationsgestaltung im Mastverlauf (Lamm)

Abschnitt	mittl. TGZ [kg]	Dauer [Tage]	Futtermittel	Futteraufnahme [kg T/Tag]	Summe [kg T]
Säugezeit (Weide) 5 - 30 kg LM	0,200	62,5	Schafmilch ¹	ad libitum	10,18
			Weidegras	ad libitum	37,5
			Mineralfutter	0,01	0,625
Säugezeit (Stallfütterung) 5 - 30 kg LM	0,200	62,5	Schafmilch ¹	ad libitum	10,18
			Grassilage	ad libitum	31,250
			Krafffuttermischung	0 - 0,3	9,375
			Mineralfutter	0,01	0,625
Endmast (Stall) 30 - 40 kg LM	0,300	33	Heu	0,350	11,550
			Gerste	0,467	15,424
			Winterweizen	0,295	9,742
			Sojaextraktionsschrot	0,098	3,247
			Rapsextraktionsschrot	0,123	4,059
			Trockenschnitzel	0,197	6,494
			Mineralfutter	0,049	1,624

¹ Milchleistung 110 kg, bei 18,5% T = 20,35 kg T

Mutterschafe:

Die Fütterung der Mutterschafe unterliegt bei der Weidelämmermast den gleichen Anforderungen wie bei der intensiven Lämmermast. D.h. für eine bedarfsgerechte Versorgung der Schafe muss das Nährstoffangebot auf das Leistungsstadium des Tieres angepasst werden. Während der Vegetationszeit werden die Mutterschafe auf der Weide gehalten. Aufgrund der Zwischenlammzeit von 300 Tagen kann somit jede Phase im Reproduktionszyklus entweder in die Winter- oder Sommerfütterungsperiode fallen. Daher wird für jede Phase je zur Hälfte eine Sommer- bzw. Winterfütterung angenommen. In der leeren und niedertragenden Phase wird nach dem Erhaltungsbedarf gefüttert. Dafür reicht eine Fütterung mit Heu oder Weide mit minderer

Qualität aus. In der Decksaison erfolgt wiederum eine Flushing-Fütterung durch Krafffutterergänzung. Während der hochträchtigen und säugenden Phase erfolgt entweder eine Stallfütterung analog zur intensiven Lämmermast oder die Mutterschafe kommen auf beste Weiden. Aufgrund der guten Futterwerte der Weide ist keine zusätzliche Krafffutterergänzung für die Mutterschafe erforderlich. In Tabelle 81 ist die Rationsgestaltung im Reproduktionszyklus der Mutterschafe dargestellt.

Tabelle 81: Lämmermast-Weide – Rationsgestaltung im Reproduktionszyklus (Mutterschaf)

Abschnitt	Futtermittel	Futteraufnahme [kg T/Tag]	ME [MJ/kg T]	XP [g/kg T]	nXP [g/kg T]	XF [g/kg T]
leer und niedertragend (Weide)	Hutweide	1,30	9,85	145	127	234
	Mineralfutter	0,01				
leer und niedertragend (Stallhaltung)	Heu	1,30	8,12	89	105	349
	Mineralfutter	0,01				
Deckzeit	Heu (od. Weide)	1,2 – 0,9	8,12	89	105	349
	Gerste	0,1 – 0,4	12,89	122	165	55
	Mineralfutter	0,01				
hochtragend (Weide)	Kulturweide	1,75	10,35	210	135	177
	Mineralfutter	0,02				
hochtragend (Stallhaltung)	Heu	0,70	9,11	123	121	280
	Grassilage	0,70	9,88	164	133	241
	Gerste	0,20	12,89	122	165	55
	Trockenschnitzel	0,15	11,93	99	156	205
	Mineralfutter	0,02				
säugend (Weide)	Kulturweide	2,35	10,35	210	135	177
	Mineralfutter	0,02				
säugend (Stallhaltung)	Grassilage	1,17	9,88	164	133	241
	Heu	0,50	9,11	123	121	280
	Gerste	0,50	12,89	122	165	55
	Sojaextraktionsschrot	0,08	13,75	510	308	67
	Rapsextraktionsschrot	0,10	11,99	399	219	131
	Mineralfutter	0,02				

4.11.3 Futterbedarf

Der Futterbedarf ist in Tabelle 82 dargestellt. Bei den Lämmern entspricht der Futterbedarf pro Mastperiode auch dem Bedarf je Zwischenlammzeit.

Tabelle 82: Lämmermast-Weide – Futterbedarf pro Mutterschaf bzw. Lamm

Futtermittel	Mutterschaf		Lamm	
	Futterbedarf pro ZLZ [kg T]	Futterbedarf pro Jahr [kg T]	Futterbedarf pro ZLZ [kg T]	Futterbedarf pro Jahr [kg T]
Milch	-	-	20,35	24,76
Kulturweide	265,6	323,12	37,50	45,63
Grassilage	90,6	110,26	31,25	38,02
Heu	123,7	150,50	11,55	14,05
Gerste	48,85	59,43	19,13	23,27
Winterweizen	-	-	12,09	14,70
Sojaextraktionsschrot	5,0	6,08	4,04	4,92
Rapsextraktionsschrot	6,25	7,60	5,04	6,14
Trockenschnitzel	3,75	4,56	8,04	9,78
Mineralfutter	4,75	5,78	2,87	3,50
SUMME	548,50	667,34	151,87	184,77

4.11.4 Futtermittelherkunft und Flächenbedarf für die Futterproduktion

Die Grundfutterkomponenten Weidegras, Grassilage und Heu stehen auf betriebseigenen Flächen zur Verfügung. Das Krafffutter wird zugekauft, wobei Gerste, Winterweizen, Trockenschnitzel und Rapsextraktionsschrot aus österreichischem Anbau stammen, Sojaextraktionsschrot wird importiert. Für die Erzeugung aller Futterkomponenten ergibt sich somit ein Flächenbedarf von 0,1673 ha. In Tabelle 83 ist der Flächenbedarf je Mutterschaf bzw. Lamm für die Futtermittelerzeugung dargestellt.

Tabelle 83: Lämmermast-Weide – Flächenbedarf je Mutterschaf bzw. Lamm

Tierkategorie / Futtermittel	Futtermenge pro Jahr [kg T]	Mittlerer Ertrag [kg T/ha]	Benötigte Fläche [ha]
<u>Mutterschaf:</u>			
Heu	150,50	7000	0,0215
Hutweide	91,19	3500	0,0261
Kulturweide	231,93	5000	0,0464
Grassilage	110,26	8500	0,0130
Gerste	59,43	3955	0,0150
Trockenschnitzel	4,56	3092	0,0015
Sojaextraktionsschrot	6,08	1490	0,0041
Rapsextraktionsschrot	7,60	1619	0,0047
<u>Lamm:</u>			
Kulturweide	45,63	5000	0,0091
Grassilage	38,02	8500	0,0045
Heu	14,05	7000	0,0020
Gerste	23,27	3955	0,0059
Winterweizen	14,70	4337	0,0034
Sojaextraktionsschrot	4,92	1490	0,0033
Rapsextraktionsschrot	6,14	1619	0,0038
Trockenschnitzel	9,78	3092	0,0032
SUMME (Mutterschaf)			0,1322
SUMME (Lamm)			0,0351

4.11.5 Maschineneinsatz und Treibstoffverbrauch

Treibstoffverbrauch im Zuge der Futtermittelproduktion:

In Tabelle 84 ist der Treibstoffverbrauch im Zuge der Futtermittelproduktion je Mutterschaf bzw. Lamm dargestellt.

Tabelle 84: Lämmermast-Weide – Treibstoffverbrauch im Zuge der Futterproduktion

Tierkategorie / Kultur	Verbrauch je ha [l/ha]	Fläche [ha]	Gesamtverbrauch [l]
<u>Mutterschaf:</u>			
Grassilage	153,48	0,0130	1,99
Heu	133,00	0,0215	2,86
Kulturweide	21,00	0,0464	0,97
Gerste	100,98	0,0150	1,52
Sojaextraktionsschrot	56,56	0,0041	0,23
Rapsextraktionsschrot	65,58	0,0047	0,31
Trockenschnitzel	26,50	0,0015	0,04
<u>Lamm:</u>			
Heu	133,00	0,0020	0,27
Kulturweide	21,00	0,0091	0,19

Grassilage	153,48	0,0045	0,69
Gerste	100,92	0,0059	0,59
Weizen	115,46	0,0034	0,39
Sojaextraktionsschrot	56,56	0,0033	0,19
Rapsextraktionsschrot	65,58	0,0038	0,25
Trockenschnitzel	26,50	0,0032	0,08
SUMME (Mutterschaf)			7,82
SUMME (Lamm)			2,65

Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten:

Die Berechnung des Treibstoffverbrauchs für den Transport der zugekauften Futtermittel erfolgt wiederum in Abhängigkeit von der benötigten Menge und den zugehörigen Verbrauchswerten (siehe Punkt 4.2.5) und ist in Tabelle 85 zusammengefasst.

Tabelle 85: Lämmermast-Weide – Treibstoffverbrauch für Transporttätigkeiten

Tierkategorie / Transport	Verbrauch [l/kg]	Transportmasse [kg]	Gesamtverbrauch [l]
<u>Mutterschaf:</u>			
Transport-Krafftutter (Österr.)	0,0083	81,36	0,68
Transport-Extr.schrot (BRA/USA - Österr.)	0,1274	6,91	0,88
Transport Mineralfuttermittel	0,0083	5,78	0,05
<u>Lamm:</u>			
Transport-Krafftutter (Österr.)	0,0083	61,24	0,51
Transport-Extr.schrot (BRA/USA - Österr.)	0,1274	5,59	0,71
Transport Mineralfuttermittel	0,0083	3,50	0,03
SUMME (Mutterschaf)			1,60
SUMME (Lamm)			1,25

4.11.6 Haltungssystem und Wirtschaftsdüngeranfall

Im Modellbetrieb Lämmermast-Weide wird als Haltungssystem ein Tiefstreulaufstall angenommen. Es ist zu berücksichtigen, dass die Tiere während der Vegetationsperiode auf der Weide gehalten werden. Als Wirtschaftsdünger fällt während der Stallhaltung Festmist an. In Tabelle 86 und 87 sind die Nährstoffmengen je Mutterschaf bzw. Lamm zusammengefasst.

Tabelle 86: Lämmermast-Weide – Nährstoffmengen im Festmist (Mutterschaf)

Tier / Alter	N _{Brutto} [kg]	N _{Lager} ¹ [kg]	N _{Feld} ² [kg]	P ₂ O ₅ [kg]	K ₂ O [kg]
Mutterschaf	11,51	6,33	5,76	3,29	14,38
Abzüglich Weideperiode	-5,75	-3,16	-2,88	-1,64	-7,19
Summe pro ZLZ (Stall)	5,75	3,16	2,88	1,64	7,19
Summe pro Jahr (Stall)	7,00	3,85	3,50	2,00	8,75
Summe pro ZLZ (Weide) ³	5,75			1,64	7,19
Summe pro Jahr (Weide) ³	7,00			2,00	8,75

¹N_{Brutto} abzüglich 45% Stall- und Lagerverluste = N_{Lager}

²N_{Lager} abzüglich 9% Ausbringungsverluste = N_{Feld}

³Werte entsprechen dem Nährstoffgehalt von Jauch und Mist

Tabelle 87: Lämmermast-Weide – Nährstoffmengen im Festmist (Lamm)

Tier / Alter	N _{Brutto} [kg]	N _{Lager} ¹ [kg]	N _{Feld} ² [kg]	P ₂ O ₅ [kg]	K ₂ O [kg]
Lämmer < ½ Jahr	4,25	2,34	2,13	0,87	2,47
Abzüglich Weideperiode	-1,68	-0,92	-0,84	-0,34	-0,98
Summe pro ZLZ (Stall)	2,57	1,41	1,29	0,52	1,49
Summe pro Jahr (Stall)	3,13	1,72	1,56	0,64	1,81
Summe pro ZLZ (Weide) ³	1,68			0,34	0,98
Summe pro Jahr (Weide) ³	2,05			0,42	1,19

¹N_{Brutto} abzüglich 45% Stall- und Lagerverluste = N_{Lager}

²N_{Lager} abzüglich 9% Ausbringungsverluste = N_{Feld}

³Werte entsprechen dem Nährstoffgehalt von Jauch und Mist

4.11.7 Boden und Stoffflüsse

Über Wirtschaftsdünger, Mineraldünger, direkte Kot- und Harnausscheidungen sowie über Ernterückstände und Vorfruchtwirkung kommen Stickstoffeinträge auf die Nutzflächen. Die Grünlandflächen werden mit Mist gedüngt, auf den Ackerflächen erfolgt eine mineralische Düngung. Tabellen 88 zeigt den gesamten Stickstoffeintrag auf den von den Mutterschafen bzw. Lämmern beanspruchten Flächen.

Tabelle 88: Lämmermast-Weide – Gesamter N-Eintrag auf der beanspruchten Fläche

Tierkategorie / Kultur	N aus Festmist, Kot, Harn, Mineraldünger, Vorfrucht, Ernterückständen		
	[kg N/ha u. Jahr]	Fläche [ha]	[kg N/Jahr]
Mutterschaf:			
Weide	96,64	0,0724	7,00
Grassilage	145,39	0,0130	1,89
Heu	102,98	0,0215	2,21
Gerste	100,00	0,0150	1,50
Sojabohne	60,00	0,0041	0,24
Raps	130,00	0,0047	0,61
Trockenschnitzel (ZR)	100,00	0,0015	0,15
Lamm:			
Kulturweide	224,17	0,0091	2,05
Grassilage	150,00	0,0045	0,67
Heu	110,00	0,0020	0,22
Gerste	100,00	0,0059	0,59
Winterweizen	120,00	0,0034	0,41
Sojabohne	60,00	0,0033	0,20
Raps	130,00	0,0038	0,49
Trockenschnitzel (ZR)	100,00	0,0032	0,32
SUMME (Mutterschaf)		0,1322	13,61
SUMME (Lamm)		0,0351	4,95

In Tabelle 89 sind die über Mineraldünger ausgebrachten Mengen an Stickstoff (N), Phosphor (P₂O₅) und Kalium (K₂O), sowie die eingesetzte Menge an Pflanzenschutzmitteln auf der zur Krafftuttererzeugung beanspruchten Fläche dargestellt. Tabelle 90 zeigt die gasförmigen N-Verluste aus dem Wirtschaftsdünger-N sowie aus dem Boden-N und die N-Verluste durch Auswaschung aus dem Boden und der Festmistlagerung.

Tabelle 89: Lämmermast-Weide – Mineraldünger- u. PSM-Einsatz auf den beanspruchten Flächen

Tierkategorie	Mineraldüngung			PSM [kg/Jahr]
	[kg N/Jahr]	[kg P ₂ O ₅ /Jahr]	[kg K ₂ O/Jahr]	
Mutterschaf	1,89	1,22	2,04	0,09
Lamm	1,50	1,28	2,81	0,08

Tabelle 90: Lämmermast-Weide – N-Verluste aus Wirtschaftsdünger-N und Boden-N

Tierkategorie	Verlustquelle	Gasförmige N-Verluste	Auswaschung
		[kg N/Jahr]	[kg N/Jahr]
Mutterschaf	Wirtschaftsdünger-N	2,10	0,39
	Boden-N	2,29	4,08
Lamm	Wirtschaftsdünger-N	0,94	0,17
	Boden-N	0,87	1,48

4.12 Methoden zur Berechnung der THG-Emissionen

Im Folgenden werden die für die Ermittlung der THG-Emissionen herangezogenen Formeln bzw. Berechnungsgrundlagen erläutert.

CH₄-Emissionen aus der Wiederkäuerverdauung (Enterogene Fermentation):

Die Berechnung der CH₄-Emissionen aus der Verdauung der Wiederkäuer erfolgt mit Hilfe der Schätzgleichung nach IPCC (2006).

$$\text{CH}_4 = (\text{GE} \cdot (\text{Ym}/100) \cdot 365/55,65)$$

CH₄... Verdauungsbedingte Methanemission [kg CH₄/Jahr]

GE.....Bruttoenergieaufnahme [MJ/Tag]

Ym.....Methankonversionsfaktor [% der GE, die in Methan umgewandelt werden]

365.....Faktor zur Umrechnung auf ein Jahr

55,65...Energiegehalt von Methan [MJ/kg]

Es muss berücksichtigt werden, dass sich im Verlauf der Mast die Rationszusammensetzung zum Teil verändert und zudem die tägliche Futtermittel- und damit auch die in der Ration enthaltenen Rohrnährstoffe zunehmen. Um die Emissionen abschätzen zu können, wird daher zuerst eine Gesamtration mit allen während der Mastperiode aufgenommenen Futtermitteln errechnet und von dieser dann über die Mastdauer auf die Durchschnittsration zurückgerechnet. Der GE-Gehalt dieser Durchschnittsration wird in weiterer Folge zur Berechnung der verdauungsbedingten CH₄-Emissionen herangezogen.

Die Ermittlung der Bruttoenergie erfolgt mit Hilfe der Schätzgleichung aus den DLG-Futterwerttabellen (1997) in Abhängigkeit von den in der Durchschnittsration enthaltenen Rohrnährstoffen:

$$\text{GE(MJ)} = 0,0239 \cdot \text{gXP} + 0,0398 \cdot \text{gXL} + 0,0201 \cdot \text{gXF} + 0,0175 \cdot \text{gXX}$$

CH₄-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger:

Die Abschätzung der CH₄-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger erfolgt entsprechend der Schätzgleichung nach IPCC (2006) und den Erläuterungen von Hörtenhuber et al. (2010), Soliva (2006) bzw. Amon (2006) zur Berechnung nach den IPCC-Richtlinien.

$$EF_T = VS_T * 365 * B_{0T} * 0,67 * \sum_{(SK)} MCF_{SK} * MS_{TSK}$$

EF_T... jährlicher Emissionsfaktor für die Tierkategorie T [kg/Tier u. Jahr]

VS_T... mittlere tägl. Ausscheidung an vergärbare Substanz der Tierkategorie T [kg T/Tag]

B_{0T}... maximale Methanbildungskapazität aus dem Wirtschaftsdüngeranfall eines Tieres der Tierkategorie T [m³ CH₄/kg VS]

0,67... Dichte von CH₄ (kg/m³)

MCF_{SK}... Methankonversionsfaktor für Wirtschaftsdünger S in Klimaregion K

MS_{TSK}... Anteil der verschiedenen Wirtschaftsdünger S je Tierkategorie T in einer Klimaregion K

Für die Faktoren B₀ und MCF sind in den IPCC-Richtlinien verschiedene Werte in Abhängigkeit von Klimaregion, jährlicher Durchschnittstemperatur und Wirtschaftsdüngersystem zu finden. Zur Berechnung wurden, den Richtlinien entsprechend (IPCC 2006), möglichst landestypische Werte herangezogen.

Nach IPCC (2006) werden für die maximale Methanbildungskapazität (B₀) folgende Werte für Westeuropa angenommen.

Rinder: B₀ = 0,18 [m³/kg VS] (bzw. 0,24 [m³/kg VS] für Milchkühe)

Schafe: B₀ = 0,19 [m³/kg VS] (adult) bzw. 0,13 [m³/kg VS] (wachsend)

Der Methankonversionsfaktor (MCF) für die verschiedenen Wirtschaftsdüngersysteme wird entsprechend der Angaben der IPCC (2006) für kühle Klimazonen angenommen.

Gülle: MCF = 0,15

Stallmist: MCF = 0,02

Weide: MCF = 0,01

Der Anteil der verschiedenen Wirtschaftsdünger (MS) ergibt sich aus dem Haltungssystem. Erfolgt z.B. eine ganzjährige Stallhaltung auf Vollspaltenböden, wird ein reines Güllesystem unterstellt. Der Anteil Gülle beträgt in diesem Fall 100 % (MS = 1,0). Erfolgt eine halbjährige Weidehaltung, beträgt der Anteil jeweils 50 %.

Die Abschätzung der vergärbaren Substanz (VS) erfolgt mit Hilfe der Schätzgleichung nach IPCC (2006) und den Erläuterungen von Soliva (2006).

$$VS = (GE * (1 - DE/100) + (UE * GE)) * ((1 - RA/100) / 18,45)$$

VS... vergärbare Substanz [kg T/Tag]

GE... tägliche Bruttoenergieaufnahme [MJ/Tag]

DE... verdauliche Energie des Futters [%] (60 % für Rinder)

RA... Rohascheanteil der Exkrementen [%] (8 % für Rinder)

18,45... Umrechnungsfaktor für GE pro kg T [MJ/kg]

(UE * GE)... Harnenergie als Teil der Bruttoenergie ausgedrückt (übl. 0,04 * GE)

N₂O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement:

Die Abschätzung der N₂O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement erfolgt gemäß IPCC (2006) und den Erläuterungen von Amon (2006). Dabei wird davon ausgegangen, dass ein bestimmter Teil des von den Tieren ausgeschiedenen Stickstoffs in die Atmosphäre entweicht. Bei der Berechnung der N₂O-Emissionen wird also die N-Ausscheidung der Tiere je nach Wirtschaftsdüngersystem mit einem der folgenden Emissionsfaktoren multipliziert. Zu berücksichtigen ist, dass sich der Emissionsfaktor auf kg N₂O-N bezieht. Um von N₂O-N auf N₂O zu kommen, muss noch mit dem Faktor *44/28 multipliziert werden. Direkte Ausscheidungen auf der Weide werden bei den N₂O-Emissionen aus dem Boden berücksichtigt.

Flüssigmist: 0,005 [kg N₂O-N pro kg ausgeschiedenem N]

Festmist: 0,005 [kg N₂O-N pro kg ausgeschiedenem N]

Direkte N₂O-Emissionen aus dem Boden:

Die Berechnung erfolgt entsprechend den Erläuterungen von Hörtenhuber et al. (2010) zur Abschätzung der direkten N₂O-Emissionen aus dem Boden nach IPCC-Richtlinien. Demnach wird der gesamte N-Eintrag, der über Wirtschafts- und Mineraldünger sowie biologische Fixierung und Ernterückstände auf den beanspruchten Flächen anfällt, mit einem Emissionsfaktor von 0,01 kg N₂O-N je kg N-Eintrag multipliziert. Bei direkten N-Ausscheidungen auf der Weide wird ein Emissionsfaktor von 0,02 kg N₂O-N je kg ausgeschiedenem N verwendet. Auch hier muss das Ergebnis mit dem Faktor *44/28 multipliziert werden, um von N₂O-N auf N₂O zu kommen.

Indirekte N₂O-Emissionen aus dem Boden:

Neben den direkten N₂O-Emissionen werden nach IPCC (2006a) auch indirekte N₂O-Emissionen berücksichtigt. Solche indirekten N₂O-Emissionen entstehen einerseits als Konsequenz gasförmiger N-Verluste (NH₃-N, NO_x-N) aus dem Wirtschaftsdünger-N sowie dem Boden-N und andererseits infolge von N-Verlusten durch Abschwemmung und Auswaschung aus dem Boden. Bei Festmistsystemen kann zusätzlich eine Auswaschung auf dem Lagerplatz berücksichtigt werden.

Nach Hörtenhuber (persönliche Mitteilung, 18.07.2011) reflektieren Standardwerte gasförmige N-Verluste aus dem Wirtschaftsdünger-N bei Güllesystemen von 40 % des N-Anfalls und bei Festmistsystemen von 30 % des N-Anfalls. Für die gasförmigen N-Verluste aus dem Boden-N kann nach IPCC (2006a) mit 10 % des N-Eintrags über Mineraldünger, sowie 20 % des N-Eintrags über Wirtschaftsdünger und 20 % des N-Eintrags über direkte Ausscheidungen auf der Weide gerechnet werden. Der entsprechende Emissionsfaktor nach IPCC (2006a) liegt bei 0,01 kg N₂O-N je kg gasförmigen N-Verlust. D.h. von den gasförmigen N-Verlusten fällt 1 % als N₂O-N an. Um von N₂O-N auf N₂O zu kommen, muss das Ergebnis wiederum mit dem Faktor *44/28 multipliziert werden.

Die N-Verluste durch Abschwemmung und Auswaschung aus dem Boden können nach IPCC (2006a) mit 30 % des über Düngung und Ernterückstände eingebrachten N angenommen werden. Für die Auswaschung aus der Festmistlagerung kann mit 10 % des N, der aus dem Stall auf den Lagerplatz angeliefert wird, gerechnet werden (Hörtenhuber, persönliche Mitteilung, 17.08.2011). Der Emissionsfaktor wird mit 0,0075 kg N₂O-N je kg N-Verlust angegeben (IPCC 2006a). Auch hier muss das Ergebnis wieder mit dem Faktor *44/28 multipliziert werden, um von N₂O-N auf N₂O zu kommen.

CO₂-Emissionen aus dem Boden:

Gemäß Hörtenhuber und Zollitsch (2009) werden in üblichen THG-Bilanzierungen vorwiegend N₂O-Emissionen aus dem Boden berücksichtigt. Daneben können auch freigesetzte oder gebundene CO₂-Emissionen durch eine Veränderung des Humushaushalts berücksichtigt werden. Laut Hörtenhuber und Zollitsch (2009) wird nach IPCC-Richtlinien Humusakkumulation und -freisetzung nur für Flächen berechnet, die in den letzten 20 Jahren mindestens einmal umgebrochen wurden. Für alpines Grünland wird hingegen das Erreichen eines Fließgleichgewichts im Humushaushalt angenommen. Auf Ackerstandorten hängt es stark davon ab, ob Maßnahmen zur Humusakkumulation gesetzt werden. Bei biologisch wirtschaftenden Betrieben kann hier meist mit einer Humus-Kohlenstoffanreicherung gerechnet werden, konventionelle Produktion führt hingegen häufig zur Humus-Kohlenstofffreisetzung. Entscheidend ist also, ob und in welchem Umfang Maßnahmen zur Humusanreicherung gesetzt werden. Da in der vorliegenden Arbeit keine weitere Unterteilung der Modellbetriebe in biologische oder konventionelle Wirtschaftsweisen erfolgt, wird davon ausgegangen, dass in allen Modellbetrieben zumindest gewisse Maßnahmen gegen Humusfreisetzung durchgeführt werden. Daher wird auch auf den Ackerflächen ein Fließgleichgewicht zwischen CO₂-Bindung bzw. -Freisetzung unterstellt.

THG-Emissionen durch Treibstoffverbrauch, Stromverbrauch sowie durch die Bereitstellung von Mineraldüngern und Pflanzenschutzmitteln:

Für die Ermittlung der THG-Emissionen durch Treibstoff- und Stromverbrauch sowie durch die Bereitstellung von Mineraldüngern und Pflanzenschutzmitteln wird auf die von Hörtenhuber et al. (2010) angeführten Werte aus diversen Literaturquellen zurückgegriffen. Demnach fallen je Liter verbrauchtem Dieseltreibstoff 3,2066 kg CO₂-eq und je kWh verbrauchter elektrischer Energie 0,453 kg CO₂-eq an. Die Angaben für Mineraldünger beziehen sich auf die ausgebrachten Nährstoffmengen und betragen 7,47 kg CO₂-eq je kg Stickstoff (N), 1,176 kg CO₂-eq je kg Phosphat (P₂O₅) und 0,664 kg CO₂-eq je kg Kalium (K₂O). Je kg Pflanzenschutzmittel werden THG-Emissionen von 5,369 kg CO₂-eq angenommen.

Bei Futtermitteln, die als Nebenprodukt der Ölgewinnung, der Bioethanol Produktion, der Zuckerherzeugung etc. anfallen, muss auch der Prozess der industriellen Verarbeitung berücksichtigt werden. Die dabei anfallenden THG-Emissionen werden entsprechend der Angaben von Hörtenhuber et al. (2011) ermittelt. Demnach kann mit 0,05 kg CO₂-eq je kg Sojaextraktionsschrot, 0,034 kg CO₂-eq je kg Rapsextraktionsschrot, 0,035 kg CO₂-eq je kg Rapskuchen und 0,748 kg CO₂-eq je kg Trockenschlempe gerechnet werden. Bei Trockenschnitzel kann nach Berechnungen von Hörtenhuber (persönliche Mitteilung, 05.07.2011) mit etwa 0,4 kg CO₂-eq je kg Trockenschnitzel gerechnet werden.

THG-Emissionen durch die vorgelagerten tierischen Produktionssysteme – Aufzucht, Mutterkuh- bzw. Milchviehhaltung:

Auch für die vorgelagerten tierischen Produktionssysteme werden der Mast anteilmäßig THG-Emissionen zugerechnet. In den Modellbetrieben Stiermast-Intensiv und Stier-Wirtschaftsmast kommen die Jungtiere aus der Kälberaufzucht. D.h. es werden auch die THG-Emissionen je Aufzuchtkalb ermittelt und anschließend den Masttieren zugerechnet. Über die während der Säugeperiode verfütterte Milch kann auch der Anteil der Milchkuhe den Kälbern zugerechnet werden. Nach Hörtenhuber und Zollitsch (2011) liegen die THG-Emissionen je kg Milch durchschnittlich bei etwa 1 kg

CO₂-eq. In den Produktionssystemen Ochsen- bzw. Kalbinnenmast stammen die Jungtiere aus der Mutterkuhhaltung. D.h. es werden die während der Mutterkuhhaltung anfallenden THG-Emissionen ermittelt und anschließend den Ochsen bzw. Kalbinnen zugerechnet. Allerdings ist auch zu berücksichtigen, dass die Mutterkühe am Schluss ebenfalls geschlachtet werden und daher ein Koppelprodukt anfällt. Ein Teil der THG-Emissionen aus der Mutterkuhhaltung muss also auch diesem Produkt zugeordnet werden. Die Aufteilung erfolgt hier über den Anteil der Mutterkuh am Gesamtfleischanfall (Mutterkuh inkl. Nachkommen). Nach Hager et al. (2010) liegt das Durchschnittsalter von Mutterkühen bei etwa 6-6,5 Jahren. Umgerechnet kann also angenommen werden, dass eine Mutterkuh im Durchschnitt 4 Nachkommen hat (2 männliche, 2 weibliche). Geht man davon aus, dass die Remontierung über Zukauf von Kalbinnen aus der Milchviehhaltung oder von Zuchtbetrieben erfolgt, so können 4 Einsteller in die Ochsen- bzw. Kalbinnenmast verkauft werden. Bei einer unterstellten Schlachtkörpermasse von 354,25 kg beim Ochsen, 293,15 kg bei der Kalbin und 318,5 kg bei der Mutterkuh errechnet sich ein Gesamtfleischanfall von 1613,3 kg ($2 \cdot 354,25 + 2 \cdot 293,15 + 1 \cdot 318,5 = 1613,3$). Umgerechnet ergibt sich ein Anteil von 43,92 % für die Ochsen, 36,34 % für die Kalbinnen und 19,74 % für die Mutterkuh. Dem entsprechend können auch die THG-Emissionen der Mutterkuh aufgeteilt werden. Beim Modellbetrieb Jungrindermast ist zu berücksichtigen, dass es kein vorgelegertes tierisches Produktionssystem gibt, da die Jungrindermast im Zuge der Mutterkuhhaltung erfolgt. Über die Schlachtung der Mutterkühe ergibt sich aber wiederum ein Koppelprodukt. Die Aufteilung der THG-Emissionen der Mutterkuh erfolgt auf gleiche Weise. Der Anteil der Mutterkuh am Gesamtfleischaufkommen liegt hier allerdings bei 25,88 %. Die von der Mutterkuh verursachten THG-Emissionen werden daher zu 74,12 % den Jungrindern und zu 25,88 % dem Koppelprodukt zugerechnet. Im Produktionssystem Altkuhmast liegt der umgekehrte Fall vor. Die Altkühe sind selbst ein Koppelprodukt der Milchproduktion. Wie bereits in Punkt 4.2.9 erwähnt, werden die THG-Emissionen aus der Kuhausmast nur auf den dadurch zusätzlich erhaltenen Fleischanfall bezogen. Streng genommen muss auch ein Teil der THG-Emissionen aus der Aufzucht der Kalbinnen für die Milchviehhaltung dem Koppelprodukt Altkuh zugerechnet werden. Dieser Anteil ist allerdings sehr gering. Gewichtet man hier nach der Energie in den erzeugten Produkten, so zeigt sich folgendes Bild: Unter Annahme einer Lebensleistung von 25.000 kg Milch mit 3,2 MJ NEL/kg erhält man für die gesamte Milchmenge einen Energiegehalt von 80.000 MJ. Die nicht ausgemästete Altkuh liefert bei ca. 175 kg Muskelfleisch eine Energiemenge von ca. 1225 MJ (vereinfachte Annahme – ca. 7 MJ/kg Fleisch). Die ausgemästete Altkuh sorgt für einen zusätzlichen Muskelfleischanfall von ca. 53 kg. Dies ergibt eine zusätzliche Energiemenge von rund 375 MJ. Umgerechnet entspricht dies etwa 0,46 % der gesamten Energie in den erzeugten Produkten. Nimmt man diesen Anteil als Gewichtungsfaktor, so können 0,46 % der THG-Emissionen aus der Aufzucht der Altkuhausmast zugerechnet werden. Für die Kalbinnenaufzucht in der Milchproduktion wird mit den von Hörtenhuber et al. (2010) angeführten THG-Emissionen von durchschnittlich 5300 (4700 bis 5900) kg CO₂-eq gerechnet. 0,46 % davon (24,38 kg CO₂-eq) werden der Altkuhausmast zugerechnet.

Bei den Modellbetrieben Lämmermast-Intensiv sowie Lämmermast-Weide gibt es, wie bei der Jungrinderproduktion, kein vorgelagertes tierisches Produktionssystem. Durch die Schlachtung des Mutterschafes muss aber wiederum ein Koppelprodukt berücksichtigt werden. Bei durchschnittlich 5 Ablammungen pro Mutterschaf mit jeweils 1,6 aufgezogenen Lämmern ergeben sich im Mittel 8 Lämmer pro Mutterschaf. Zieht man noch ein Lamm für die Remontierung ab, bleiben 7 Lämmer für die Mast. Bei einer unterstellten Schlachtkörpermasse von 19,2 kg je Lamm und 30,1 kg je

Mutterschaf ergibt sich ein Gesamtfleischanfall von 164,5 kg. Daran haben die Lämmer einen Anteil von 81,7 % und die Mutterschafe von 18,3 %. Diese Anteile werden wiederum zur Aufteilung der THG-Emissionen der Mutterschafe herangezogen.

Landnutzungsänderungen:

Landnutzungsänderungen können nach Hörtenhuber und Zollitsch (2009) große Mengen an CO₂ freisetzen und können vor allem für in den Betrieb importiertes Kraftfutter relevant sein. Speziell in Südamerika erzeugte Futtermittel aus Sojabohnen stehen oft mit einer Umwandlung von Savannen oder Regenwald in Ackerland in Zusammenhang. In der vorliegenden Arbeit werden daher die durch Landnutzungsänderung verursachten THG-Emissionen für den aus Brasilien importierten Sojaextraktionsschrot berücksichtigt. Hörtenhuber et al. (2011) geben für einen kg nicht GVO zertifizierten Sojaextraktionsschrot aus Brasilien zusätzliche THG-Emissionen von 4,15 kg CO₂-eq durch Landnutzungsänderung an. Bei zertifiziertem Sojaextraktionsschrot kann hingegen mit 1,245 kg CO₂-eq gerechnet werden.

Umrechnung auf CO₂-Äquivalente:

Da die Wirkung der verschiedenen Treibhausgase auf den Treibhauseffekt unterschiedlich ist, müssen die Emissionen noch auf eine gemeinsame Einheit umgerechnet werden. Gemäß Umweltbundesamt (2010) werden die Emissionen der verschiedenen Treibhausgase entsprechend ihres Treibhauspotentials gewichtet und in CO₂-Äquivalenten ausgedrückt. Nach IPCC (2007) hat Methan ein 25-fach und Lachgas ein 298-fach höheres Treibhauspotential als die Bezugsbasis CO₂. Diese Faktoren werden auch zur Umrechnung der CH₄- bzw. N₂O-Emissionen in CO₂-eq verwendet.

5 Ergebnisse

5.1 Treibhausgasemissionen je kg Produkteinheit

THG-Emissionen je kg Schlachtkörper:

Bezogen auf ein kg Schlachtkörper zeigen die Lämmermastbetriebe die höchsten THG-Emissionen. Mit 19,98 kg CO₂-eq findet sich der höchste Wert beim Modellbetrieb Lämmermast-Weide, gefolgt vom Modellbetrieb Lämmermast-Intensiv mit 18,86 kg CO₂-eq. Von den Rindermastbetrieben zeigen die Ochsenmast (18,55 kg CO₂-eq) und die Kalbinnenmast (16,77 kg CO₂-eq) ähnlich hohe Emissionen. Die anderen Rindermastbetriebe liegen auf einem etwas niedrigeren Niveau. Die geringsten THG-Emissionen je kg Schlachtkörper weist dabei der Modellbetrieb Stier-Wirtschaftsmast (11,11 kg CO₂-eq) auf.

Um einen Vergleich der einzelnen Emissionsquellen zu ermöglichen, werden die THG-Emissionen der Mastbetriebe sowie der vorgelagerten Produktionssysteme auf die entsprechenden Emissionsquellen aufgeteilt. Betrachtet man die einzelnen Emissionsquellen, so zeigt sich die Verdauung der Wiederkäuer als Quelle für hohe THG-Emissionen. Die höchsten Werte finden sich hier bei der Ochsen- und Kalbinnenmast (12,61 bzw. 10,93 kg CO₂-eq). Auch die Jungrinderproduktion und die Lämmermastbetriebe bewegen sich in dieser Größenordnung. Im Bereich der Wirtschaftsdünger zeigt vor allem die Altkuhmast mit 3,26 kg CO₂-eq hohe Emissionen. Bei den THG-Emissionen aus dem Boden liegen die Lämmermastsysteme wiederum deutlich über den Rindermastsystemen. In Tabelle 91 sind die THG-Emissionen der einzelnen Modellbetriebe je kg Schlachtkörper dargestellt.

Tabelle 91: THG-Emissionen der Modellbetriebe in kg CO₂-eq je kg Schlachtkörper

Emissionsquelle	Stiermast Intensiv	Stier Wirtschaftsmast	Ochsenmast	Kalbinnenmast	Jungrindermast	Altkuhmast	Lämmermast Intensiv	Lämmermast Weide
Enterogene Fermentation	5,07	5,44	12,61	10,93	10,12	7,66	9,47	10,72
Wirtschaftsdünger	2,12	1,94	0,86	0,87	0,67	3,26	0,98	0,82
Boden	1,79	1,89	3,29	2,98	2,64	2,31	4,08	5,33
Treibstoff- & Stromverbrauch	1,50	1,06	1,62	1,57	1,12	1,08	2,29	1,81
Bereitstellung Mineraldünger u. PSM	0,76	0,56	0,17	0,42	0,08	0,52	1,69	1,08
Landnutzungsänderung	0,86	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,23
SUMME	12,10	11,11	18,55	16,77	14,63	14,83	18,86	19,98

THG-Emissionen je kg Muskelfleisch:

Bezieht man die THG-Emissionen auf ein kg Muskelfleisch, zeigt sich ebenfalls ein Unterschied zwischen den Rinder- und Lämmermastsystemen. Mit 36,79 kg CO₂-eq bzw. 34,61 kg CO₂-eq finden sich die höchsten Werte bei den Modellbetrieben Lämmermast-Weide und Lämmermast-Intensiv. Die Rindermastbetriebe liegen im Vergleich dazu zwischen 15,94 kg CO₂-eq bei der Stier-Wirtschaftsmast und 27,73 kg CO₂-eq bei der Ochsenmast. In Tabelle 92 sind die THG-Emissionen bezogen auf ein kg Muskelfleisch zusammengefasst.

Tabelle 92: THG-Emissionen der Modellbetriebe in kg CO₂-eq je kg Muskelfleisch

Emissionsquelle	Stiermast Intensiv	Stier Wirtschaftsmast	Ochsenmast	Kalbinnenmast	Jungrindermast	Altkuhmast	Lämmermast Intensiv	Lämmermast Weide
Enterogene Fermentation	7,28	7,81	18,85	17,83	13,86	12,55	17,38	19,73
Wirtschaftsdünger	3,03	2,78	1,29	1,42	0,92	5,35	1,79	1,52
Boden	2,57	2,71	4,91	4,86	3,62	3,79	7,49	9,81
Treibstoff- & Stromverbrauch	2,16	1,52	2,42	2,55	1,54	1,77	4,21	3,33
Bereitstellung Mineraldünger u. PSM	1,09	0,81	0,26	0,69	0,11	0,86	3,11	1,98
Landnutzungsänderung	1,23	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	0,42
SUMME	17,36	15,94	27,73	27,35	20,04	24,31	34,61	36,79

THG-Emissionen je kg Muskelfleisch-T:

Auch bei den THG-Emissionen bezogen auf die Trockenmasse des Fleisches zeigt sich ein ähnliches Bild. Die weidebasierte Lämmermast und die intensive Lämmermast weisen mit 148,15 bzw. 138,19 kg CO₂-eq die höchsten Werte auf. Bei den Rindermastssystemen zeigt die Stier-Wirtschaftsmast mit 62,27 kg CO₂-eq die niedrigsten und die Ochsenmast mit 103,47 kg CO₂-eq die höchsten Werte. In Tabelle 93 sind die THG-Emissionen je kg Fleisch-T dargestellt.

Tabelle 93: THG-Emissionen der Modellbetriebe in kg CO₂-eq je kg Fleisch-T

Emissionsquelle	Stiermast Intensiv	Stier Wirtschaftsmast	Ochsenmast	Kalbinnenmast	Jungrindermast	Altkuhmast	Lämmermast Intensiv	Lämmermast Weide
Enterogene Fermentation	28,44	30,49	70,35	65,80	57,70	44,83	69,38	79,47
Wirtschaftsdünger	11,86	10,86	4,81	5,23	3,83	19,10	7,17	6,11
Boden	10,03	10,60	18,33	17,93	15,05	13,53	29,89	39,50
Treibstoff- & Stromverbrauch	8,43	5,93	9,02	9,42	6,41	6,32	16,81	13,41
Bereitstellung Mineraldünger u. PSM	4,25	3,16	0,96	2,55	0,45	3,06	12,40	7,99
Landnutzungsänderung	4,81	1,24	0,00	0,00	0,00	0,00	2,55	1,67
SUMME	67,82	62,27	103,47	100,93	83,43	86,82	138,19	148,15

THG-Emissionen je kg Protein:

Noch etwas höhere THG-Emissionen ergeben sich bezogen auf den Proteingehalt des Fleisches. Mit 178,47 bzw. 168,40 kg CO₂-eq je kg Protein zeigen wiederum die Modellbetriebe Lämmermast-Weide bzw. Lämmermast-Intensiv die höchsten THG-Emissionen. Die Rindermastssysteme liegen mit Werten zwischen 72,14 kg CO₂-eq (Stier-Wirtschaftsmast) und 125,75 kg CO₂-eq (Ochsenmast) in einem deutlich niedrigeren Bereich. Tabelle 94 zeigt die THG-Emissionen je kg Protein.

Tabelle 94: THG-Emissionen der Modellbetriebe in kg CO₂-eq je kg Protein

Emissionsquelle	Stiermast Intensiv	Stier Wirtschaftsmast	Ochsenmast	Kalbinnenmast	Jungrindermast	Altkuhmast	Lämmermast Intensiv	Lämmermast Weide
Enterogene Fermentation	32,94	35,32	85,50	81,81	61,06	61,23	84,54	95,74
Wirtschaftsdünger	13,73	12,57	5,85	6,50	4,05	26,08	8,73	7,36
Boden	11,62	12,28	22,28	22,30	15,93	18,47	36,42	47,58
Treibstoff- & Stromverbrauch	9,77	6,87	10,96	11,71	6,78	8,63	20,48	16,16
Bereitstellung Mineraldünger u. PSM	4,92	3,66	1,17	3,16	0,48	4,17	15,11	9,62
Landnutzungsänderung	5,57	1,43	0,00	0,00	0,00	0,00	3,11	2,02
SUMME	78,56	72,14	125,75	125,48	88,29	118,58	168,40	178,47

THG-Emissionen je MJ Energie:

Bezieht man die THG-Emissionen auf den Brennwert des Fleisches, so ergibt sich folgendes Bild: Die Lämmermastbetriebe zeigen mit 5,89 kg CO₂-eq (Intensiv) bzw. 6,41 kg CO₂-eq (Weide) wiederum die höchsten Emissionen. Die Rindermastssysteme bewegen sich im Vergleich dazu zwischen 2,71 kg CO₂-eq bei der Stier-Wirtschaftsmast und 4,42 kg CO₂-eq bei der Ochsenmast. In Tabelle 95 sind die THG-Emissionen je MJ Energie dargestellt.

Tabelle 95: THG-Emissionen der Modellbetriebe in kg CO₂-eq je MJ Energie

Emissionsquelle	Stiermast Intensiv	Stier Wirtschaftsmast	Ochsenmast	Kalbinnenmast	Jungrindermast	Altkuhmast	Lämmermast Intensiv	Lämmermast Weide
Enterogene Fermentation	1,24	1,32	3,01	2,83	2,51	1,77	2,96	3,44
Wirtschaftsdünger	0,52	0,47	0,21	0,23	0,17	0,75	0,31	0,26
Boden	0,44	0,46	0,78	0,77	0,66	0,53	1,27	1,71
Treibstoff- & Stromverbrauch	0,37	0,26	0,39	0,41	0,28	0,25	0,72	0,58
Bereitstellung Mineraldünger u. PSM	0,18	0,14	0,04	0,11	0,02	0,12	0,53	0,35
Landnutzungsänderung	0,21	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,07
SUMME	2,95	2,71	4,42	4,35	3,63	3,43	5,89	6,41

5.2 Treibhausgasemissionen je Hektar

Deutlich anders sehen die Ergebnisse bezogen auf ein Hektar beanspruchter Nutzfläche aus. Die höchsten THG-Emissionen finden sich hier bei der Altkuhmast mit 7655,6 kg CO₂-eq, gefolgt von den Stiermastsystemen mit 6432,9 kg CO₂-eq (Intensiv) bzw. 6294,8 kg CO₂-eq (Wirtschaftsmast). Die Kalbinnenmast liegt mit 5180,4 kg CO₂-eq schon deutlich darunter. Die restlichen Rindermastssysteme sowie die Lämmermastbetriebe bewegen sich auf einem niedrigeren Niveau, wobei die intensive Lämmermast mit 2009,2 kg CO₂-eq die geringsten THG-Emissionen je ha aufweist. In Tabelle 96 sind die THG-Emissionen je ha zusammengefasst.

Tabelle 96: THG-Emissionen der Modellbetriebe in kg CO₂-eq je ha beanspruchter Fläche

Emissionsquelle	Stiermast Intensiv	Stier Wirtschaftsmast	Ochsenmast	Kalbinnenmast	Jungrindermast	Altkuhmast	Lämmermast Intensiv	Lämmermast Weide
Enterogene Fermentation	2.697,5	3.082,1	1.939,1	3.377,4	2.401,4	3.952,6	1.008,7	1.496,62
Wirtschaftsdünger	1.124,6	1.097,2	132,6	268,3	159,3	1.683,8	104,2	115,0
Boden	951,2	1.071,6	505,2	920,5	626,5	1.192,6	434,5	743,8
Treibstoff- & Stromverbrauch	799,8	599,4	248,6	483,5	266,6	557,2	244,4	252,6
Bereitst. Mineraldünger, PSM	403,3	319,3	26,4	130,7	18,8	269,4	180,3	150,4
Landnutzungsänderung	456,5	125,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,1	31,5
SUMME	6.432,9	6.294,8	2.851,9	5.180,4	3.472,6	7.655,6	2.009,2	2.789,97

5.3 Relative Anteile der Emissionsquellen an den THG-Emissionen

Werden die THG-Emissionen der einzelnen Emissionsquellen als Relativwerte ausgedrückt, dann zeigt sich, dass die verdauungsbedingten Emissionen bei allen Modellbetrieben den größten Anteil haben. Bei der Stier-Wirtschaftsmast, Altkuhmast und bei den Lämmermastsystemen stammt etwa die Hälfte der Emissionen aus der Enterogenen Fermentation. Bei der Kalbinnen-, Ochsen- und Jungrindermast sind es sogar rund 65-70 %. Den niedrigsten Anteil der verdauungsbedingten Emissionen hat die intensive Stiermast mit knapp 42 %. Im Bereich Wirtschaftsdünger sticht die Altkuhmast mit 22 % Anteil an den THG-Emissionen hervor. Auch die Stiermastsysteme zeigen hier relativ hohe Emissionen. Als weitere wichtige Emissionsquelle ist der landwirtschaftlich genutzte Boden zu nennen. Vor allem bei den Modellbetrieben Lämmermast-Intensiv und Lämmermast-Weide zeigen die Emissionen aus dem Boden mit 21,6 bzw. 26,7 % einen relativ großen Anteil an den gesamten THG-Emissionen. Beim Anteil der Emissionsquelle Treibstoff- und Stromverbrauch heben sich vor allem die intensive Stiermast (12,4 %) und die intensive Lämmermast (12,2 %) etwas von den anderen Systemen ab. Im Bereich Bereitstellung von Mineraldünger und PSM findet sich speziell beim Modellbetrieb Lämmermast-Intensiv mit 9,0 % ein hoher Anteil. Bei der Jungrinderproduktion stammen hingegen nur 0,5 % aus diesem Bereich. Die Landnutzungsänderung ist schließlich vor allem in der intensiven Stiermast mit einem Anteil von über 7 % eine relevante Emissionsquelle. In Tabelle 97 sind die relativen Anteile der Emissionsquellen an den gesamten THG-Emissionen der einzelnen Modellbetriebe dargestellt.

Tabelle 97: Relative Anteile der Emissionsquellen an den THG-Emissionen

Emissionsquelle	Stiermast Intensiv	Stier Wirtschaftsmast	Ochsenmast	Kalbinnenmast	Jungrindermast	Altkuhmast	Lämmermast Intensiv	Lämmermast Weide
Enterogene Fermentation	41,9%	49,0%	68,0%	65,2%	69,2%	51,6%	50,2%	53,6%
Wirtschaftsdünger	17,5%	17,4%	4,6%	5,2%	4,6%	22,0%	5,2%	4,1%
Boden	14,8%	17,0%	17,7%	17,8%	18,0%	15,6%	21,6%	26,7%
Treibstoff- & Stromverbrauch	12,4%	9,5%	8,7%	9,3%	7,7%	7,3%	12,2%	9,1%
Bereitstellung Mineraldünger u. PSM	6,3%	5,1%	0,9%	2,5%	0,5%	3,5%	9,0%	5,4%
Landnutzungsänderung	7,1%	2,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,8%	1,1%
SUMME	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Neben den Anteilen der einzelnen Emissionsquellen kann auch der Anteil der vorgelagerten tierischen Produktionssysteme bzw. der eigentlichen Mastbetriebe an den gesamten THG-Emissionen betrachtet werden. Das vorgelagerte Produktionssystem hat speziell bei der Ochsen- und Kalbinnenmast einen hohen Anteil an den gesamten Emissionen. Bei der Ochsenmast stammen etwa 54 % der THG-Emissionen aus der vorgelagerten Einstellerproduktion, bei der Kalbinnenmast sind es sogar rund 62 %. Im Vergleich dazu ist bei den Stiermastsystemen der Anteil der Kälberaufzucht mit etwa 15-17 % deutlich niedriger und bei den Altkühen können etwa 2 % der Emissionen aus der Kalbinnenaufzucht für die Milchviehhaltung der Altkuhmast zugerechnet werden. Bei der Jungrindermast sowie bei den Lämmermastbetrieben werden sämtliche THG-Emissionen dem Mastbetrieb zugeordnet, da diese Modellbetriebe kein vorgelagertes tierisches Produktionssystem haben. In Tabelle 98 sind die Anteile der eigentlichen Mastbetriebe und der vorgelagerten tierischen Produktionssysteme an den gesamten THG-Emissionen der Modellbetriebe angegeben.

Tabelle 98: Anteile der vorgelagerten tierischen Produktionssysteme an den THG-Emissionen

Emissionsquelle	Stiermast Intensiv	Stier Wirtschaftsmast	Ochsenmast	Kalbinnenmast	Jungrindermast	Altkuhmast	Lämmermast Intensiv	Lämmermast Weide
Mastbetrieb	84,8%	82,2%	45,9%	37,7%	100,0%	98,1%	100,0%	100,0%
Vorgelagertes tierisches PS	15,2%	17,8%	54,1%	62,3%	0,0%	1,9%	0,0%	0,0%
SUMME	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

6 Diskussion

6.1 Vergleich der Produktionssysteme

Vergleich je Produkteinheit:

Vergleicht man die THG-Emissionen je kg Schlachtkörper, so finden sich die höchsten Werte bei den Lämmermastbetrieben. Von den Rindermastbetrieben zeigt nur die Ochsenmast ähnlich hohe Emissionen. Die Stiermastbetriebe weisen hingegen um rund 40 % niedrigere THG-Emissionen auf. Nimmt man ein Mittel aus den beiden Lämmermastsystemen (~19,5 kg CO₂-eq) und vergleicht es mit dem Mittel aus den Rindermastsystemen (~14,5 kg CO₂-eq), so liegen die THG-Emissionen bei den Rindern um etwa ein Viertel niedriger. Abbildung 2 zeigt die THG-Emissionen der Modellbetriebe bezogen auf einen kg Schlachtkörper.

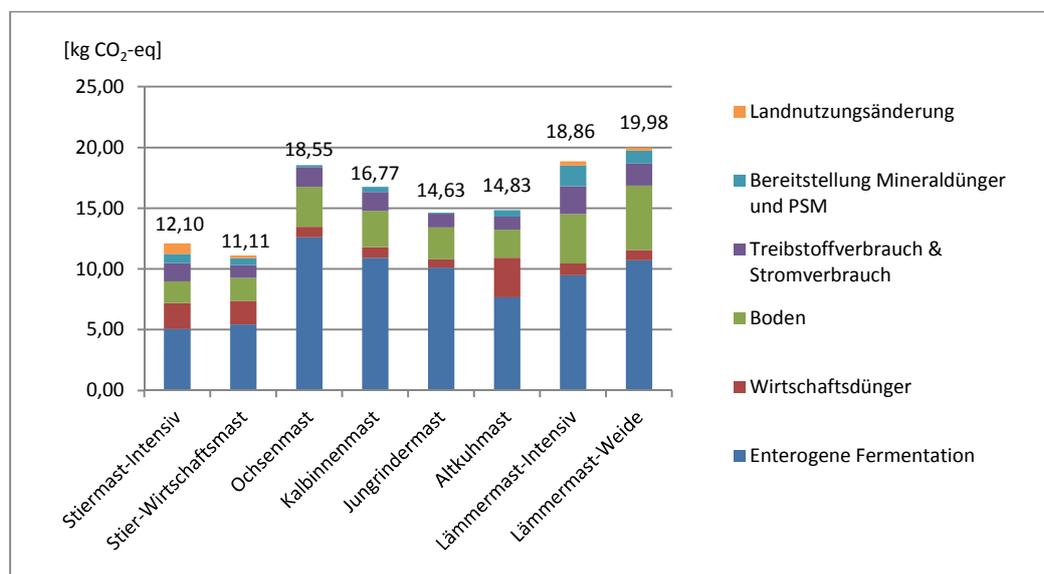


Abbildung 2: THG-Emissionen je kg Schlachtkörper

Ein Grund für die höheren THG-Emissionen der Lämmermastbetriebe ist sicherlich die schlechtere Ausschachtung der Lämmer im Vergleich mit den Rindern. Laut Statistik Austria (2010a) liegt die Schlachtausbeute von Lämmern bei etwa 48 %, während bei Rindern mit Ausschachtungen von etwa 53-56 % zu rechnen ist. Gründe für die geringere Schlachtausbeute von Schafen liegen beispielsweise im Nährstoffbedarf für den Erhaltungsstoffwechsel und das Wollwachstum. In Bezug auf den Erhaltungsbedarf haben Schafe einen Nachteil gegenüber größeren Tieren. Der Erhaltungsbedarf wird gemäß Kirchgeißner et al. (2008) vor allem von der Körpergröße beeinflusst, wobei die Umrechnung auf unterschiedliche Körpermassen meist über die metabolische Lebendmasse ($LM^{0,75}$) erfolgt. Der Erhaltungsbedarf steigt also nicht proportional mit der Lebendmasse an, sondern nur unterproportional. D.h. kleinere Tiere müssen relativ gesehen mehr Nährstoffe für den Erhaltungsstoffwechsel aufwenden als größere Tiere. In Zusammenhang mit dem Wollwachstum ist zu bedenken, dass Schafwolle zu einem großen Teil aus Protein besteht. Nach Knaus (2010) enthält 1 kg Reinwolle etwa gleich viel Eiweiß wie 5 kg Fleisch. Durch den Nährstoffbedarf für das Wollwachstum stehen also weniger Nährstoffe für das Wachstum der Muskeln zur Verfügung. In Bezug auf die THG-Emissionen je Produkteinheit ist aber auch die Wolle als Koppelprodukt der Fleischerzeugung zu diskutieren. Aufgrund der sehr niedrigen Preise für Rohwolle können laut Ringdorfer et al. (2009) aus dem Erlös für die Wolle oft nicht einmal die Schurkosten gedeckt werden.

Die Wolle kann also von den wenigsten Betrieben gewinnbringend vermarktet werden und wird daher häufig als Koppelprodukt ausgeklammert. Auch in dieser Arbeit wurde die Wolle als zusätzliches Produkt nicht berücksichtigt. Würde man allerdings die Schafwolle als Koppelprodukt mit einbeziehen, dann müsste ein Teil der THG-Emissionen auch diesem Produkt zugerechnet werden. Dadurch würden sich die Emissionen je kg Schlachtkörper verringern. In einer Studie über die neuseeländische Lammfleischproduktion (Ledgard et al. 2011) werden beispielsweise neben der Wolle auch noch weitere Nebenprodukte wie Blut, Innereien oder Talg, die im Zuge der Lammfleischproduktion anfallen, berücksichtigt. Auch in dieser Arbeit erfolgt eine wirtschaftliche Allokation, nur mit dem Unterschied, dass in Neuseeland die Koppelprodukte der Lammfleischerzeugung vermarktet werden können. Die Autoren sprechen von knapp 20 % der Erträge, die über Nebenprodukte erwirtschaftet werden können. Dementsprechend können auch die Emissionen aufgeteilt werden, wodurch 20 % weniger THG-Emissionen auf das Fleisch entfallen. Neben diesen Aspekten fallen im Vergleich mit den Rindermastbetrieben auch die höheren THG-Emissionen der beiden Lämmermastbetriebe aus dem landwirtschaftlich genutzten Boden auf. Auf die Gründe für die Unterschiede bei den einzelnen Emissionsquellen wird später noch näher eingegangen (siehe Seite 83ff). Vergleicht man schließlich die beiden Lämmermastbetriebe miteinander, so ist zu erkennen, dass die etwas höheren THG-Emissionen der weidebasierten Lämmermast vor allem durch höhere verdauungsbedingte Emissionen und durch höhere Emissionen aus dem Boden bedingt sind. Wichtige Gründe dafür sind wohl in der unterschiedlichen Rationsgestaltung sowie der verlängerten Zwischenlammzeit und der längeren Mastdauer im Modellbetrieb Lämmermast-Weide zu finden.

Im Vergleich der Rindermastbetriebe fällt auf, dass die beiden Stiermastsysteme die geringsten THG-Emissionen aufweisen (siehe Tabelle 91 bis 95 bzw. Abbildung 2). Durch die hohe Wachstumsintensität mit guter Futterverwertung und durch die gute Schlachtausbeute der Stiere legen sich die THG-Emissionen auf einen relativ hohen Schlachtkörpermassen-Zuwachs um. Interessant ist dabei, dass mit der Stier-Wirtschaftsmast das System mit der geringeren Fütterungsintensität die niedrigeren Emissionen aufweist. Der größte Unterschied zwischen den beiden Stiermastsystemen findet sich im Bereich der Landnutzungsänderung. Durch den Einsatz von importiertem Sojaextraktionsschrot steht die intensive Stiermast mit Emissionen aus Landnutzungsänderungen in Verbindung. Des Weiteren ist der Import von Sojaextraktionsschrot mit langen Transportstrecken und damit auch mit einem deutlich höheren Treibstoffverbrauch verbunden (siehe Tabelle 9 bzw. 19). Bei der Stier-Wirtschaftsmast werden hingegen nur in der vorgelagerten Kälberaufzucht vergleichsweise geringe Mengen Sojaextraktionsschrot eingesetzt. Auch in den Bereichen Wirtschaftsdünger sowie Bereitstellung von Mineraldünger und PSM weist die Stier-Wirtschaftsmast niedrigere Emissionen auf. Die durch die Rationsgestaltung verursachten höheren verdauungsbedingten Emissionen der Stier-Wirtschaftsmast können so mehr als ausgeglichen werden. Dies stellt auch einen Unterschied zu den beiden Lämmermastbetrieben dar. Da sich auch beim Modellbetrieb Lämmermast-Weide während der Stallendmast bzw. der Säugeperiode Sojaextraktionsschrot in der Ration befindet, sind die Emissionen infolge von Landnutzungsänderungen nur geringfügig niedriger als bei der intensiven Lämmermast. Daher kann die weidebasierte Lämmermast die höheren verdauungsbedingten Emissionen nicht ganz ausgleichen. Die höchsten THG-Emissionen der Rindermastsysteme finden sich bei den Ochsen und bei den Kalbinnen. Im Vergleich mit der Stier-Wirtschaftsmast (11,11 kg CO₂-eq), liegen die Emissionen je kg Schlachtkörper bei der Ochsenmast (18,55 kg CO₂-eq) um mehr als 7 kg CO₂-eq höher. Bei den Ochsen und bei den Kalbinnen ist

zu bedenken, dass ein großer Teil der THG-Emissionen aus dem vorgelagerten Produktionssystem stammt. Dies erklärt sich aufgrund des unterstellten Zukaufs der Jungtiere als Einsteller aus der Mutterkuhhaltung, wogegen bei der Stiermast ein Zukauf von Kälbern aus der Milchviehhaltung angenommen wurde. Die THG-Emissionen während der eigentlichen Mast sind aber bei den Kalbinnen und Ochsen niedriger als bei den Stieren. Die Jungrinderproduktion sowie die Altkuhmast liegen mit 14,63 bzw. 14,83 kg CO₂-eq je kg Schlachtkörper im mittleren Bereich. Bei der Jungrindermast sind relativ hohe Emissionen aus der enterogenen Fermentation zu erkennen. Ein wesentlicher Grund dafür liegt wohl darin, dass die Jungrinderproduktion im Zuge der Mutterkuhhaltung erfolgt. D.h. ein großer Teil der THG-Emissionen stammt hier vom Muttertier. Dieser Aspekt gilt genauso für die beiden Lämmermastsysteme sowie für das vorgelagerte Produktionssystem (Einstellerproduktion) in der Ochsen- bzw. Kalbinnenmast. Auch bei diesen Produktionssystemen bestehen sehr hohe verdauungsbedingte Emissionen. In Zusammenhang mit der Altkuhmast sei noch einmal erwähnt, dass die während der Ausmast auftretenden THG-Emissionen auf die zusätzliche (durch die Altkuhmast erreichte) Schlachtkörpermasse bezogen werden. Auffällig sind bei den Altkühen die hohen Emissionen aus dem Bereich Wirtschaftsdünger. Ein Aspekt, der hier wohl eine Rolle spielt, liegt darin, dass es sich bei den Altkühen im Gegensatz zu allen anderen Masttieren um adulte Tiere handelt. Daher sind auch die mittlere tägliche Futtaufnahme und die täglichen Ausscheidungen deutlich höher als bei den anderen Masttieren.

Wie schon kurz angeschnitten, stellt auch der Anteil der Muttertiere an den THG-Emissionen bezogen auf die verschiedenen Produkteinheiten einen wichtigen Faktor dar. So stammen z.B. bei der Jungrinderproduktion knapp 73 % der gesamten THG-Emissionen von der Mutterkuh. Etwas niedriger liegt der Anteil der Mutterschafe in den Lämmermastsystemen. Aber auch hier kommen etwa 67 % der gesamten THG-Emissionen von den Muttertieren, wie dies auch in Abbildung 3 zu sehen ist.

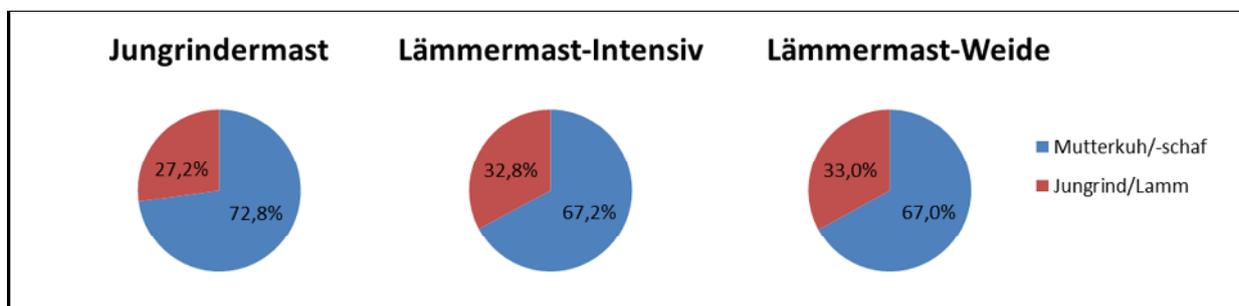


Abbildung 3: Anteile der Muttertiere an den THG-Emissionen

Der Grund für den etwas niedrigeren Anteil der Mutterschafe liegt im Wesentlichen in der Anzahl der Nachkommen. Je Mutterschaf kann von durchschnittlich 8 Nachkommen ausgegangen werden. Zieht man eines für die Remontierung ab, bleiben 7 für die Mast. Bei Mutterkühen kann hingegen im Durchschnitt nur mit 4 Nachkommen gerechnet werden (bei Remontierung über Zukauf). Die THG-Emissionen der Mutterschafe legen sich daher besser um als bei den Mutterkühen. Allerdings ist in diesem Zusammenhang auch zu erwähnen, dass vor allem die Anzahl der Nachkommen pro Geburt und weniger die Anzahl der Nachkommen während der gesamten Lebensdauer ausschlaggebend für den Unterschied ist. Verlängert man beispielsweise die Nutzungsdauer um ein Jahr, steigen gleichzeitig auch die gesamten THG-Emissionen des Muttertiers um eine Jahresemission an. Bei den Mutterkühen führt eine zusätzliche Geburt allerdings nur zu einem zusätzlichen Kalb, bei Schafen kann

hingegen mit 1,6 zusätzlichen Lämmern gerechnet werden. Bei den Stiermastsystemen sowie bei der Ochsen- und Kalbinnenmast spielt der Anteil der Muttertiere in Zusammenhang mit dem vorgelagerten Produktionssystem eine wichtige Rolle. Wie schon erwähnt, wurde in der Ochsen- bzw. Kalbinnenmast ein Zukauf von Einstellern aus der Mutterkuhhaltung unterstellt, während bei den Stieren ein Zukauf von Kälbern aus der Milchviehhaltung angenommen wurde. Der Anteil der Milchkuh an den THG-Emissionen der Kälberaufzucht liegt bei etwa 66 %, die Mutterkuh ist hingegen für etwa 80 % der Emissionen aus der Einstellerproduktion verantwortlich. Dies liegt im Wesentlichen daran, dass der größte Teil der THG-Emissionen der Milchkuh der Milchproduktion zugeordnet werden kann, das Kalb stellt hier nur ein Koppelprodukt dar. Im Gegensatz dazu ist bei der Einstellerproduktion die Hauptaufgabe der Mutterkuh die Aufzucht der Jungtiere, das Fleisch der alten Mutterkuh stellt nur ein Koppelprodukt dar. Daher wird auch ein großer Teil der THG-Emissionen der Mutterkuh den Jungtieren zugerechnet. Teilt man die Emissionen der vorgelagerten Produktionssysteme auf die einzelnen Emissionsquellen auf, so wird der Einfluss der Muttertiere am Beispiel der verdauungsbedingten Emissionen sehr gut sichtbar: Hier zeigen mit der Ochsen- bzw. Kalbinnenmast, der Jungrinderproduktion sowie der Lämmernmast genau jene Systeme, bei denen die Muttertiere einen großen Anteil haben, sehr hohe verdauungsbedingte Emissionen. Bei der Jungrindermast sowie bei den Lämmernmastssystemen muss dieser Aspekt als gegeben angenommen werden, da dies durch das Mastsystem bedingt ist. Nimmt man allerdings die Modellbetriebe Ochsen- bzw. Kalbinnenmast und vergleicht sie mit den beiden Stiermastsystemen, so muss berücksichtigt werden, dass hier die Stiermastsysteme von der Annahme des Zukaufs der Jungtiere aus der Milchviehhaltung profitieren. In der Praxis ist natürlich auch in der Stiermast ein Zukauf von Einstellern aus der Mutterkuhhaltung möglich, wenngleich dies seltener praktiziert wird. Gemäß Grassmann (2010) werden in den Stiermast-Arbeitskreisbetrieben nur etwa 7 % der Jungtiere als Einsteller zugekauft. Bei der Ochsen- bzw. Kalbinnenmast ist laut Steinwider (2003) grundsätzlich sowohl eine Mast ab Kalb als auch ab Einsteller möglich, wobei Mastkalbinnen, die über Markenfleischprogramme abgesetzt werden, häufig aus der Einstellerproduktion stammen. Wie auch Abbildung 4 zeigt, werden die Auswirkungen auf die THG-Emissionen ersichtlich, wenn man bei den Ochsen- oder Kalbinnen eine Modellvariante mit Mast ab Kalb ermittelt.

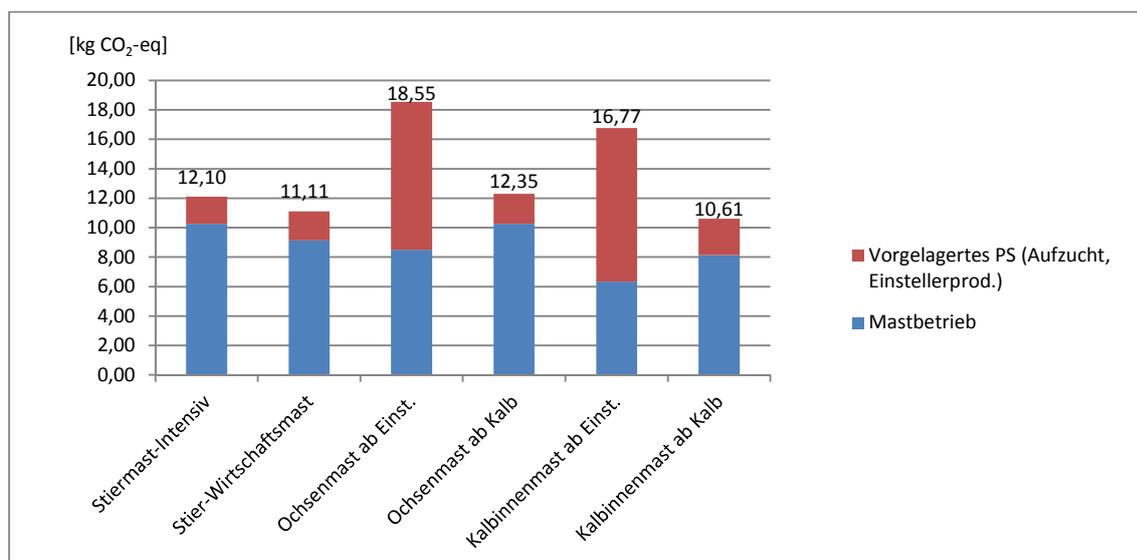


Abbildung 4: THG-Emissionen je kg Schlachtkörper – Ochsen- u. Kalbinnenmast ab Kalb bzw. ab Einsteller

Der große Anteil der Mutterkuh wirkt sich auch insofern sehr stark aus, da die Einstellerproduktion auch zeitlich einen deutlich höheren Anteil am gesamten Produktionssystem hat als die Kälberaufzucht in der Milchviehhaltung. In der vorliegenden Arbeit wurde angenommen, dass Aufzuchtkälber mit etwa 4 Monaten, Einsteller hingegen erst mit rund 9 Monaten in die Mast kommen.

Die THG-Emissionen je kg Schlachtkörper sinken dadurch bei der Ochsenmast von 18,55 kg CO₂-eq auf 12,35 kg CO₂-eq (siehe Abbildung 4). Die Ochsenmast liegt dadurch plötzlich etwa auf dem gleichen Niveau wie die intensive Stiermast (12,10 kg CO₂-eq). Im Vergleich mit der intensiven Stiermast erkennt man, dass die Ochsenmast immer noch mit höheren verdauungsbedingten Emissionen verbunden ist, dafür aber niedrigere THG-Emissionen aus den Bereichen Wirtschaftsdünger, Treibstoff- und Stromverbrauch, Bereitstellung von Mineraldünger und PSM aufweist und mit keinen Emissionen infolge von Landnutzungsänderungen verbunden ist. In Summe gleichen sich die Unterschiede in etwa aus. Ähnliches gilt auch für die Kalbinnenmast. Hier sinken die THG-Emissionen je kg Schlachtkörper von 16,77 auf 10,61 kg CO₂-eq. Die mittelintensive Kalbinnenmast zeigt in diesem Fall sogar die niedrigsten THG-Emissionen aller Modellbetriebe. Umgekehrt würden bei den beiden Stiermastsystemen bei Mast ab Einsteller die Emissionen dementsprechend ansteigen. Aus Sicht der THG-Emissionen je Produkteinheit bringt also eine Mast ab Kalb Vorteile, da die Milchkuh im Vergleich mit der Mutterkuh eine deutlich größere Menge an Produkteinheiten erzeugt und sich ihre Emissionen daher besser aufteilen. Allerdings bringt die Mutterkuhhaltung in vielen anderen Bereichen sehr positive Effekte mit sich. Beispielsweise kann sie als sehr artgemäße Form der Tierhaltung bezeichnet werden. Darüber hinaus können zum Teil auch Grenzertragsflächen genutzt werden und auch aus arbeitswirtschaftlicher Sicht bringt die Mutterkuhhaltung für viele Betriebe Vorteile mit sich. Gemäß Buchgraber et al. (2011) kann mit der Mutterkuhhaltung, auch unter extensiven Grünlandbedingungen, kostengünstig, artgerecht und arbeitsextensiv hervorragendes Fleisch produziert werden.

Bezieht man die THG-Emissionen auf die weiteren Produkteinheiten, wird die Differenz zwischen den Lämmer- und Rindermastsystemen deutlicher (siehe Tabelle 92 bis 95). Je kg Muskelfleisch erreichen die Lämmermastbetriebe Werte von etwa 35-37 kg CO₂-eq, während die Ochsenmast sowie die Kalbinnenmast Emissionen zwischen 27-28 kg CO₂-eq aufweisen. Die THG-Emissionen der Stiermastsysteme sind mit rund 15-17 kg CO₂-eq nur etwa halb so hoch wie jene der Lämmermastsysteme. Ein entscheidender Grund dafür ist der deutlich niedrigere Muskelfleischanteil der Lämmer im Vergleich mit den Rindern. Bei Lämmern liegt dieser gemäß Ringdorfer (1993) und Ringdorfer (2010) bei etwa 54-55 %. In Gegensatz dazu zeigen Untersuchungen von Frickh et al. (2002) bei Rindern einen Fleischanteil von etwa 60-70 %. Bei Stieren und Jungrindern wirkt sich der hohe Fleischanteil von rund 70 % sehr positiv aus. Ochsen liegen etwas darunter, Kalbinnen und Altkühe erreichen hier Werte von knapp über 60 %. Die Unterschiede bei den THG-Emissionen der einzelnen Modellbetriebe sind also etwas stärker ausgeprägt, ansonsten zeigt sich aber eine ähnliche Verteilung wie bei den THG-Emissionen je kg Schlachtkörper. Dies gilt im Grunde auch für die THG-Emissionen je kg Fleisch-T bzw. je kg Protein, da sich der Trockenmasse- und Proteingehalt im Fleisch der verschiedenen Tierkategorien nicht so stark unterscheidet. Entsprechend der Versuchsergebnisse von Frickh et al (2002), Ringdorfer (1993), Ringdorfer (2010) sowie Beyzai (1996) liegen die Trockenmassegehalte beispielsweise bei etwa 24-28 %. Weibliche Tiere (Kalbinnen, Kühe) weisen dabei eher höhere T-Gehalte auf. Grund dafür ist wohl die negative Korrelation zwischen Fett- und Wassergehalt. Nach Kirchgeßner et al. (2008) steigt

der Fettgehalt im Zuwachs von Färsen schneller an als bei Jungbullen. Der Wassergehalt ist dementsprechend niedriger. Beim Proteingehalt sind die Unterschiede noch geringer. Sie bewegen sich zwischen etwa 20,5-22,5 %, wobei Lämmer etwas niedrigere Werte aufweisen als Rinder (mit Ausnahme der Altkuh). Für die THG-Emissionen je kg Fleisch-T bzw. je kg Protein bedeutet dies, dass die Werte im Vergleich zu den THG-Emissionen je kg Muskelfleisch zwar deutlich ansteigen, die Differenzen zwischen den Produktionssystemen aber ähnlich bleiben. Die Unterschiede bei T- und Proteingehalt sorgen im Vergleich der Modellbetriebe nur für kleinere Verschiebungen. Abbildung 5 zeigt die THG-Emissionen je kg Protein.

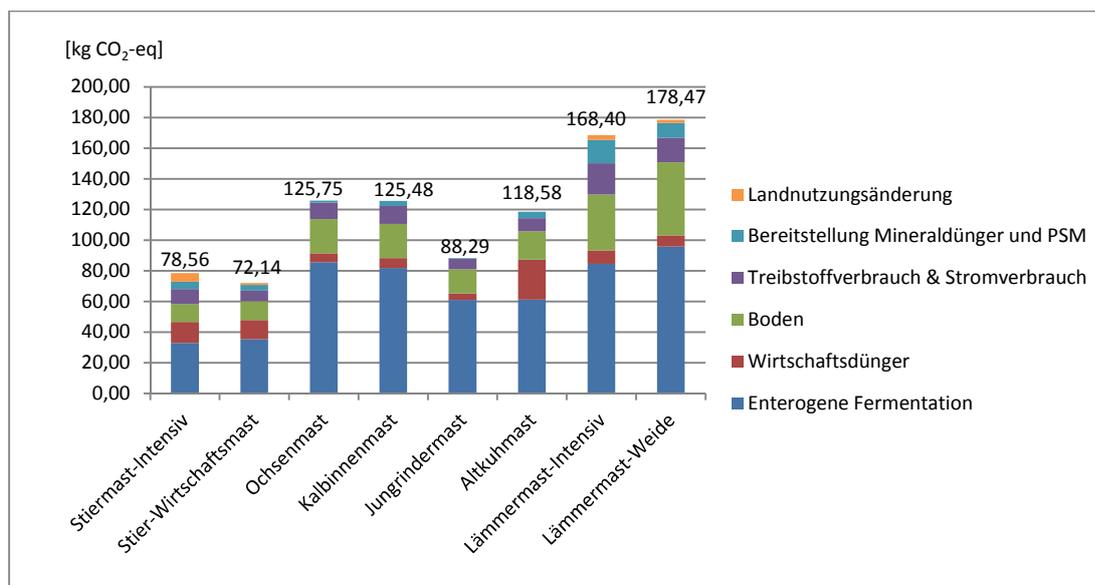


Abbildung 5: THG-Emissionen je kg Protein

Auch bei den THG-Emissionen je MJ Energie zeigt sich im Vergleich der Produktionssysteme eine ähnliche Verteilung. Da der Energiegehalt des Fleisches über die Fleischinhaltsstoffe ermittelt wurde, kommt hier neben dem Proteingehalt auch noch der Fettgehalt des Fleisches als weitere Variationsquelle hinzu. Aus den Modellannahmen lässt sich der Brennwert für 1 kg Fleisch der verschiedenen Tierkategorien ermitteln. Durch den niedrigeren Fettgehalt ergibt sich beispielsweise für ein kg Fleisch vom Jungrind ein Brennwert von etwa 5,5 MJ. Das Fleisch der Altkuh hat einen höheren Fettgehalt, wodurch sich ein Brennwert von etwa 7 MJ je kg Fleisch errechnet (Modellannahmen siehe Kapitel 4.7.1 bzw. 4.8.1). In Bezug auf die THG-Emissionen je MJ Energie führt dies zu einer leichten Verbesserung bei den Altkühen. An der grundsätzlichen Verteilung ändert sich aber nichts. In Zusammenhang mit den angenommenen Fleischinhaltsstoffen möchte ich noch anmerken, dass bei den verwendeten Literaturquellen die Ergebnisse der Fleischanalyse größtenteils auf Auswertungen der Rückenmuskulatur basieren. Die Zusammensetzung des gesamten Muskelfleisches kann daher von den verwendeten Werten etwas abweichen. Kirchgeßner et al. (2008) geben allerdings an, dass der Eiweißgehalt im Verlauf der Mast sowohl im Ganzkörper als auch im Zuwachs relativ konstant bleibt. Der Fettgehalt nimmt hingegen bei fortlaufender Mastdauer immer mehr zu. Hier zeigen sich auch Unterschiede bei den einzelnen Teilstücken. Der Fettgewebeanteil von Kamm, Keule, Hessen, Filet und Fehlrippe ändert sich demnach nur wenig, während in der Brust, Spannrippe und in den Dünungen der höchste Zuwachs zu verzeichnen ist (Kirchgeßner et al. 2008). Nimmt man zum Beispiel die in der Schweizer Nährwertdatenbank (Colombani 2011) angegebenen Werte für Rindfleisch, so erkennt man, dass sich speziell der Proteingehalt der Teilstücke auf einem relativ ähnlichen Niveau

bewegt. Etwas größer sind die Unterschiede beim Fettgehalt der einzelnen Teilstücke. Errechnet man ein Mittel aus den Werten für die angegebenen Teilstücke so kommt man auf etwa 21,5 % Protein und 5 % Fett. In der von der AMA (2011) angegebenen Nährwerttabelle findet sich für mageres Rindfleisch ein Proteingehalt von ca. 22 % und ein Fettgehalt von etwa 2 %. Für mittelfettes Rindfleisch werden rund 20,5 % Protein und ca. 8 % Fett angegeben. Im Vergleich dazu wurde in den Rinder-Modellbetrieben, je nach Tierkategorie, mit einem Proteingehalt von 20,5-22,7 % und einem Fettgehalt von 1,0-6,3 % gerechnet. Die in den Modellen verwendeten und die in der Literatur angegebene Werte liegen also in einer durchaus vergleichbaren Größenordnung. Zudem steht in dieser Arbeit der Vergleich der Produktionssysteme im Vordergrund. Daher eignen sich die verwendeten Analyseergebnisse der Rückenmuskulatur sehr gut, da hier für die einzelnen Tierkategorien Werte zur Verfügung stehen.

Als wichtige Gründe für die unterschiedlichen Umweltwirkungen von tierischen Produkten nennen Literaturquellen wie de Vries und de Boer (2010) unter anderem auch Unterschiede bei der Futtermittelverwertung sowie bei der Vermehrungsrate und bei den verdauungsbedingten CH₄-Emissionen. Unterschiede in diesen Faktoren bestehen aber nicht nur beim Vergleich der Tierarten, auch innerhalb der Rind- bzw. Lammfleischproduktionssysteme können hier Unterschiede gefunden werden. Beispielsweise werden beim Modellbetrieb Stiermast-Intensiv 6,16 kg (T) Futter je kg Zuwachs aufgewendet, beim Modellbetrieb Ochsenmast werden hingegen 11,98 kg Futter je kg Zuwachs benötigt. Bei der Jungrindermast sowie bei den Lämmermastbetrieben zeigt sich auch hier der Einfluss der Mutterkuh. Die Futtermittelverwertung ist bei diesen Systemen mit etwa 17-20 kg Futter je kg Zuwachs deutlich höher. Auch Hermansen und Kristensen (2011) führen die höhere T-Aufnahme je kg Rindfleisch bei Mutterkuhsystemen als wichtigen Aspekt an. Das Futter wird also im Vergleich der Produktionssysteme unterschiedlich effizient in Zuwachs umgewandelt. Hier ist allerdings noch anzumerken, dass 1 kg Futter-T in den unterschiedlichen Produktionssystemen einen unterschiedlichen Nährstoff- und Energiegehalt aufweist (Grassilage vs. Maissilage vs. Konzentrate). In Bezug auf die Vermehrungsrate haben Schafe aufgrund der häufigen Zwillingsgeburten einen Vorteil gegenüber den Rindern. Gemäß Baumung et al. (2006) zeigt sich beispielsweise beim Bergschaf eine Wurfgrößenverteilung von rund 36 % Einlingen und 58 % Zwillingen (Rest mehr als zwei).

Vergleich je ha:

Bezogen auf einen ha beanspruchter Nutzfläche ergibt sich im Vergleich der Modellbetriebe eine ganz andere Verteilung der THG-Emissionen (siehe Tabelle 96 bzw. Abbildung 6). Die Altkuhmast weist mit 7655,6 kg CO₂-eq die höchsten THG-Emissionen je ha auf. Mit etwas Abstand folgen die Stiermastsysteme sowie die Kalbinnenmast. Es zeigen also jene Rindermastsysteme die höchsten THG-Emissionen je ha, die eine intensive bis mittelintensive Fütterungsstrategie aufweisen. Denn auch bei der Stier-Wirtschaftsmast muss in der Haupt- und Endmast (ab 300 kg LM) intensiv gefüttert werden, um das kompensatorische Wachstum nutzen zu können. Lediglich in der Vormastphase wird eher extensiv gefüttert. Auch bei der Kalbinnenmast wurde eine höhere Fütterungsintensität angenommen, da von einer Produktion für Markenfleischprogramme ausgegangen wird. In der Praxis ist bei den Kalbinnen natürlich auch eine niedrige Fütterungsintensität möglich. In diesem Fall würden die Emissionen wohl eher im Bereich der Ochsenmast liegen. Eine extensive Form der Kalbinnenmast liefert aber laut Steinwider (2003) keine für Markenfleischprogramme geeignete Schlachtkörper- und Fleischqualität. Auch Hörtenhuber (2008), der sich in seiner Arbeit mit verschiedenen Milchproduktionssystemen be-

schäftigt, weist in Bezug auf die THG-Emissionen je Flächeneinheit auf das schlechtere Abschneiden bei intensiver Wirtschaftsweise hin. Die Modellbetriebe Jungrindermast und Ochsenmast weisen von den Rindermastssystemen die niedrigsten THG-Emissionen je ha auf (3472,6 bzw. 2851,9 kg CO₂-eq). Im Vergleich mit der Altkuhmast zeigt die Jungrindermast um über 50 % niedrigere und die Ochsenmast sogar um über 60 % niedrigere THG-Emissionen je ha. Bei beiden Systemen ist die Fütterungsintensität vergleichsweise niedrig. In der Jungrindermast sollte zwar die Qualität des Grundfutters möglichst gut sein, um eine ausreichende Milchleistung der Mutterkuh und damit entsprechende Tageszunahmen der Jungrinder zu ermöglichen. Trotzdem kann üblicherweise bei den Mutterkühen auf eine Kraffutterergänzung verzichtet werden. Bei den Ochsen erfolgt nur in den letzten 2-3 Monaten eine etwas intensivere Ausmast. Davor ist die Fütterungsintensität niedrig, wobei auch eine 3 monatige Almhaltung angenommen wurde. Geringere Fütterungsintensitäten ermöglichen also auch die Nutzung extensiverer Standorte. Dies hat in weiterer Folge einen höheren Flächenbedarf zur Folge. In Bezug auf die THG-Emissionen bedeuten geringere Besatzdichten niedrigere Emissionen je ha.

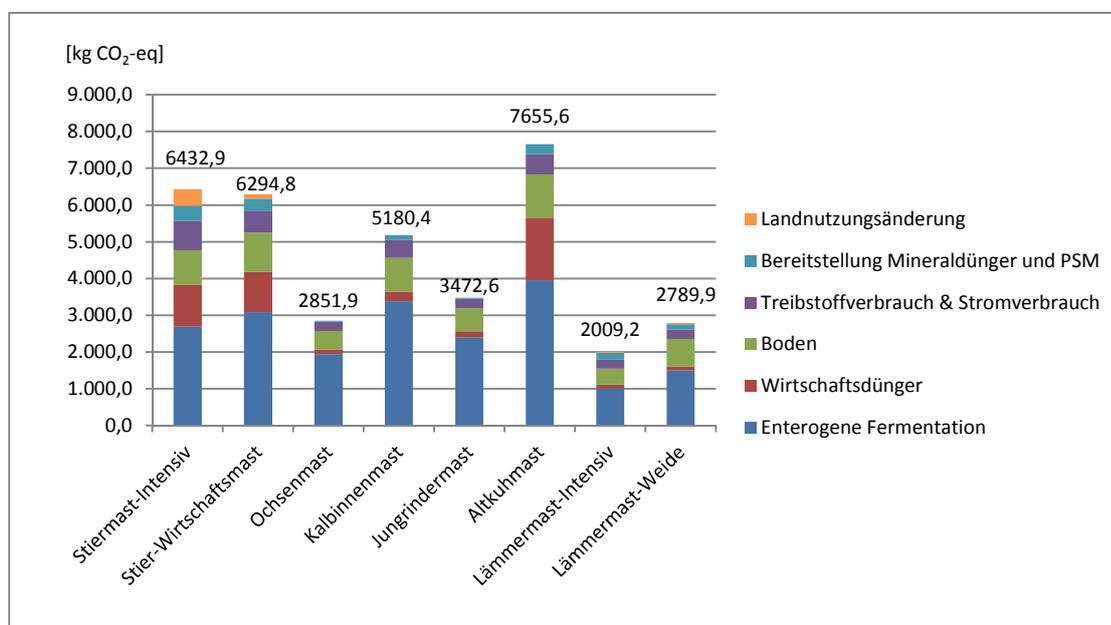


Abbildung 6: THG-Emissionen pro ha beanspruchter Nutzfläche

Zeigten die Lämmernastbetriebe bezogen auf eine Produkteinheit noch die höchsten THG-Emissionen, so schneiden sie je ha besser ab als die Rindernastbetriebe. Mit 2009,2 kg CO₂-eq je ha liegen die THG-Emissionen der intensiven Lämmernast um mehr als 70 % niedriger als bei der Altkuhmast. Im Gegensatz zu den Rindernastsystemen, bei denen die Systeme mit geringerer Fütterungsintensität niedrigere Emissionen je ha aufweisen, zeigt der Modellbetrieb Lämmernast-Weide höhere THG-Emissionen als die intensive Lämmernast. Der wesentliche Grund dafür liegt allerdings weniger am Mastsystem, sondern vielmehr an den Modellannahmen in Bezug auf die Mutterschafe. Die Fütterungsintensität der Mutterschafe während der leeren und niedertragenden Phase ist unabhängig vom Mastsystem niedrig. Im Modellbetrieb Lämmernast-Intensiv wurde daher eine 2 monatige Almhaltung unterstellt. Um bei der weidebasierten Lämmernast halbwegs annehmbare Tageszunahmen zu erreichen, kommen laut Kirchgeßner et al. (2008) nur intensive Weiden mit Koppelschafhaltung in Frage. Daher wurde angenommen, dass sich der Modellbetrieb in einer Gunstlage befindet. Während der leeren und niedertragenden Phase

wurde daher keine Almhaltung, sondern eine Hutweide bzw. Fütterung mit Heu (Winterfütterung) angenommen. Ersetzt man beim Modellbetrieb Lämmermast-Weide die Hutweide durch eine Almweide, steigt der Flächenbedarf an und die THG-Emissionen pro ha sinken auf etwa 2000 kg CO₂-eq und damit auf das gleiche Niveau wie bei der intensiven Lämmermast. Das Vorhandensein einer Almweide in der Rationsgestaltung hat also einen großen Einfluss auf die THG-Emissionen je ha. Dieser Effekt kann auch in Zusammenhang mit dem Modellbetrieb Ochsenmast festgestellt werden. Die Abstimmung des Mastsystems auf die vorhandenen Produktionsbedingungen, im speziellen auf die vorhandene Futtergrundlage, ist ein entscheidender Faktor, um erfolgreich zu wirtschaften. Für Betriebe in alpinen Gebieten mit erhöhtem Anteil an extensiven Flächen bieten sich daher auch Mastsysteme mit geringerer Fütterungsintensität an. In Bezug auf die THG-Emissionen je ha kann also darauf geschlossen werden, dass Systeme mit niedriger Fütterungsintensität und einer vermehrten Nutzung von extensiven Flächen, besser abschneiden.

Relative Anteile der Emissionsquellen an den THG-Emissionen:

Zur Abschätzung der Bedeutung der einzelnen Emissionsquellen können deren relative Anteile an den THG-Emissionen herangezogen werden (siehe Abbildung 7).

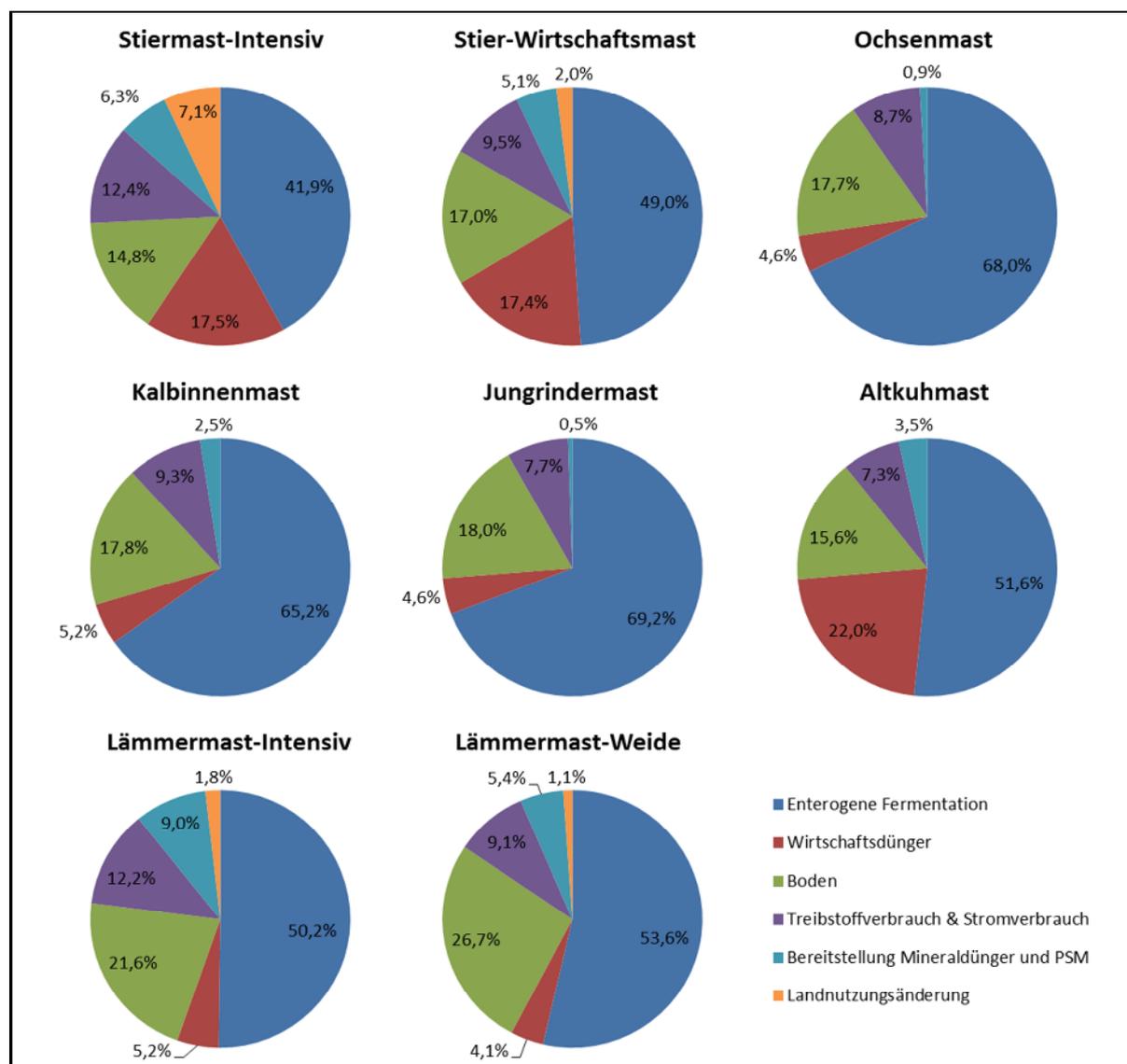


Abbildung 7: Relative Anteile der Emissionsquellen an den gesamten THG-Emissionen

Um einen besseren Vergleich zwischen den verschiedenen Modellbetrieben zu ermöglichen, müssen auch die THG-Emissionen der vorgelagerten tierischen Produktionssysteme auf die einzelnen Emissionsquellen aufgeteilt werden. Dies ist vor allem deshalb notwendig, da bei den Modellbetrieben Ochsenmast sowie Kalbinnenmast das vorgelagerte tierische Produktionssystem mehr als die Hälfte der THG-Emissionen verursacht. Wie man auch in Abbildung 7 erkennen kann, macht bei allen Modellbetrieben die enterogene Fermentation den größten Anteil an den THG-Emissionen aus.

In der Ochsen-, Kalbinnen- und Jungrindermast haben die verdauungsbedingten Emissionen sogar einen Anteil von fast 70 %. Der Anteil der Mutterkuh an den THG-Emissionen spielt hier eine Rolle, wie dies auch schon bei den Emissionen je kg Schlachtkörper diskutiert wurde. Den geringsten Anteil hat die enterogene Fermentation bei der intensiven Stiermast mit etwas mehr als 40 %. Die restlichen Modellbetriebe zeigen hier einen Anteil von rund 50 %. Bei der Verdauung des Futters entsteht gemäß IPCC (2006) Methan als Nebenprodukt der enterogenen Fermentation. Die Futterqualität und die Rationszusammensetzung haben dabei einen wichtigen Einfluss auf die Emissionen aus der Verdauung. Je mehr Rohfaser in der Ration enthalten ist, umso stärker ist die mikrobielle Umsetzung und umso mehr Methan wird gebildet. Der vergleichsweise niedrige Anteil der enterogenen Fermentation bei der intensiven Stiermast ist also auch durch den hohen Kraffutteranteil und den relativ niedrigen Rohfasergehalt in der Ration zu erklären.

Neben der enterogenen Fermentation resultieren große Anteile an den THG-Emissionen auch aus den Bereichen Wirtschaftsdünger sowie landwirtschaftlich genutzter Boden. Bei den Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger gibt es allerdings deutliche Unterschiede zwischen den Modellbetrieben: Vor allem bei der Altkuhmast sowie bei den Stiermastsystemen liegt der Anteil mit 22 % bzw. 17,5 % relativ hoch, während bei den restlichen Modellbetrieben der Anteil der Wirtschaftsdünger nur bei etwa 4-5 % liegt. Der wesentliche Grund für die Unterschiede im Bereich Wirtschaftsdünger ist im Haltungssystem und dem damit in Zusammenhang stehenden Wirtschaftsdüngersystem zu finden: In der Ochsen-, Kalbinnen- und Jungrindermast sowie in den Lämmermastbetrieben wurde im Winter eine Haltung in Tiefstreulaufstellen angenommen. Als Wirtschaftsdünger fällt daher Festmist an. Während der Sommermonate weisen diese Produktionssysteme zudem einen relativ hohen Weideanteil auf. Im Falle der Kalbinnenmast gilt dies nur für das vorgelagerte Produktionssystem. Bei den Stiermastbetrieben sowie bei der Altkuhmast erfolgt hingegen eine Haltung auf Vollspaltenböden. Als Wirtschaftsdünger fällt hier Gülle an. Eine kurze Weideperiode findet sich bei diesen Systemen nur bei der Stier-Wirtschaftsmast. Es zeigen sich also bei den Modellbetrieben mit Güllesystem und keinem oder nur sehr geringen Weideanteil relativ hohe THG-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger. Bei den Betrieben mit Festmistsystem und hohem Weideanteil ist hingegen der Anteil der Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger deutlich niedriger (siehe Tabelle 97 bzw. Abbildung 7). Dies liegt einerseits daran, dass durch die Weidehaltung weniger Wirtschaftsdünger am Betrieb selbst anfällt und daher die direkten N_2O -Emissionen während der Wirtschaftsdüngerlagerung niedriger sind. Zum anderen ist auch der Methankonversionsfaktor gemäß IPCC (2006) bei Gülle (15%) deutlich höher als bei Festmist (2%) oder Weide (1%). D.h. während der Lagerung von Gülle wird wesentlich mehr CH_4 gebildet als bei Festmist. Bei den Emissionen aus dem Boden fallen die höheren Anteile der Modellbetriebe Lämmermast-Intensiv (21,6 %) und Lämmermast-Weide (26,7 %) auf. Die Anteile der Bodenemissionen liegen im Vergleich dazu bei den Rindermastsystemen bei etwa 15-18 %. Für die Ermittlung

der THG-Emissionen aus dem Boden nach IPCC (2006a) sind im Wesentlichen direkte N-Einträge über Mineral- und Wirtschaftsdünger, Kot- und Harnausscheidungen auf der Weide, Ernterückstände und biologische N-Fixierung sowie indirekte N-Einträge infolge von N-Verlusten (gasförmig, Auswaschung) entscheidend. In diesem Zusammenhang fällt auf, dass der N-Gehalt von Wirtschaftsdüngern in den Richtlinien für sachgerechte Düngung (BMLFUW 2006) bei Schafen und Lämmern, in Relation zur Körpermasse, höher ist als bei den Rindern. Dies könnte ein Grund für den höheren Anteil der Bodenemissionen bei den Lämmermastbetrieben sein. Da es über den N-Fluss einen Zusammenhang zwischen den Bereichen Wirtschaftsdünger und Boden gibt, sollten diese beiden Emissionsquellen auch einer gemeinsamen Betrachtung unterzogen werden. Speziell die Kot- und Harnausscheidungen auf der Weide spielen hier eine Rolle, da bei der Berechnung der direkten N_2O -Emissionen nach IPCC (2006, 2006a) die Ausscheidungen der Tiere auf der Weide mit einem höheren Emissionsfaktor bewertet werden als der N-Eintrag über Mineral- und Wirtschaftsdünger. Weidehaltung hat also einen positiven Effekt im Bereich Wirtschaftsdünger, führt aber zu etwas höheren Emissionen aus dem Boden. Kombiniert man beide Emissionsquellen so ist der relative Anteil bei Modellbetrieben mit höherem Weideanteil geringer. Weidehaltung wirkt sich also in Summe positiv aus. Da die N_2O -Emissionen aus dem Boden vom gesamten N-Eintrag abhängen, spielt hier die Art des Wirtschaftsdüngers eine nicht so entscheidende Rolle wie bei den Emissionen aus dem Bereich Wirtschaftsdünger. Kleinere Unterschiede ergeben sich durch den etwas höheren N-Gehalt der Gülle im Vergleich mit Tiefstreumist.

Bei den THG-Emissionen infolge von Treibstoff- und Stromverbrauch zeigen sich im Vergleich der Modellbetriebe Anteile zwischen rund 7,5 % und 12,5 %. Zur Emissionsquelle Stromverbrauch muss in diesem Zusammenhang erwähnt werden, dass aufgrund fehlender Literaturquellen bei allen Modellbetrieben nur ein pauschaler Stromverbrauch je Tier und Jahr auf Basis der Angaben von Öhlinger et al. (2008) abgeschätzt wurde, um diese Emissionsquelle nicht ganz zu vernachlässigen. In der Praxis wird es beim Stromverbrauch je nach Betrieb gewisse Unterschiede geben. Da der Stromverbrauch aber nur einen Anteil von etwa 1-2 % an den gesamten THG-Emissionen hat, können die Auswirkungen für das Gesamtsystem als gering angesehen werden. In Zusammenhang mit dem Treibstoffverbrauch führen vor allem der Futtermittelimport sowie die Futtermittelverarbeitung zu Unterschieden zwischen den Produktionssystemen. Der Import von Futtermitteln ist mit einem erhöhten Kraftstoffverbrauch für den Transport und daher auch mit vermehrten THG-Emissionen verbunden. Beispielsweise führt im Modellbetrieb Stiermast-Intensiv allein der Transport des importierten Sojaextraktionsschrots zu einem Treibstoffverbrauch von rund 15 l. Dies entspricht etwa 83 % des Treibstoffverbrauchs für Transporttätigkeiten. Der Einsatz von regional erzeugten Futtermitteln bringt hier also Vorteile mit sich. Eiweißfuttermittel wie Soja- und Rapsextraktionsschrot oder Trackenschlempe sind Nebenprodukte der Öl- oder Bioethanol-Erzeugung und sind daher auch mit einer industriellen Verarbeitung und in weiterer Folge mit Treibstoffverbrauch und THG-Emissionen verbunden. Diese Zusammenhänge erklären auch den etwas höheren Anteil an den THG-Emissionen bei den Modellbetrieben Stiermast-Intensiv und Lämmermast-Intensiv.

Bei den THG-Emissionen in Verbindung mit der Bereitstellung von Mineraldüngern und PSM zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Modellbetrieben. Einen wesentlichen Grund dafür stellt ein unterschiedlicher Krafftuttermittelanteil in den Rationen dar, da der Einsatz von Mineraldüngern und PSM speziell im Ackerbau eine wichtige Rolle spielt. Produktionssysteme mit hohen Krafftuttermitteln in der Ration,

wie die intensive Stiermast oder die intensive Lämmermast, zeigen hier die höchsten Anteile an den THG-Emissionen (6,3 % bzw. 9 %). Die Modellbetriebe Ochsen- und Jungrindermast sind im Vergleich dazu durch einen sehr geringen Kraffuttereinsatz gekennzeichnet und zeigen daher bei dieser Emissionsquelle nur Anteile von unter 1 %.

Landnutzungsänderung als Quelle für THG-Emissionen wurde nur für importierten Sojaextraktionsschrot aus Brasilien berücksichtigt. Daher spielt diese Emissionsquelle vor allem bei der intensiven Stiermast (7,1 % Anteil) eine wichtige Rolle. Es sollte auch berücksichtigt werden, dass aufgrund des hohen Preises für importierten Sojaextraktionsschrot heute vermehrt auf heimische Eiweißalternativen gesetzt wird (Wiedner, persönliche Mitteilung, 07.07.2011). In Bezug auf die THG-Emissionen infolge von Landnutzungsänderungen hat dieser Trend eine positive Auswirkung. Auch die Art des Sojaextraktionsschrots spielt für die THG-Emissionen infolge von Landnutzungsänderungen eine Rolle. Hörtenhuber et al. (2011) geben für gentechnikfrei zertifizierten Sojaextraktionsschrot deutlich niedrigere Emissionsfaktoren an. In der Stiermast wird hingegen gemäß Wiedner (persönliche Mitteilung, 07.07.2011) sehr häufig genetisch veränderter Sojaextraktionsschrot eingesetzt.

Vergleiche mit anderen Studien:

Vergleiche mit anderen Studien sind relativ schwierig, da in der vorliegenden Arbeit eine spezifische Analyse von in Österreich typischen Rind- und Lammfleischproduktionssystemen vorgenommen wurde, wozu keine vergleichbaren (nationalen) publizierten Untersuchungen vorhanden sind. Internationale Studien beschäftigen sich zudem häufig mit dem Vergleich von verschiedenen Tierarten wie Rindern, Schweinen und Geflügel. Bei Untersuchungen, die sich speziell mit der Rinder- oder Lämmermast beschäftigen, muss auch berücksichtigt werden, dass sich in anderen Ländern die Mastsysteme, Fütterungsstrategien, Futtergrundlagen, Rassen, Mastendmassen, etc. zum Teil stark von den österreichischen Verhältnissen unterscheiden. Des Weiteren können auch die genaue Festlegung der Systemgrenzen sowie die betrachtete Einheit den Vergleich mit anderen Studien erschweren. De Vries und de Boer (2010) vergleichen in ihrer Arbeit 16 Studien, die sich mit den Umweltwirkungen der Produktion von Milch, Eiern, Schweine-, Hühner- oder Rindfleisch beschäftigen. Dabei werden unter anderem auch die Ergebnisse der Studien in Bezug auf die Klimawirkung verglichen. Für Rindfleisch zeigen die Studien THG-Emissionen von 14 bis 32 kg CO₂-eq je kg essbares Produkt sowie 75 bis 170 kg CO₂-eq je kg Protein. Die THG-Emissionen der vorliegenden Rinder-Modellbetriebe bewegen sich im Vergleich dazu zwischen etwa 16 und 28 kg CO₂-eq je kg Muskelfleisch bzw. 72 und 126 kg CO₂-eq je kg Protein. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass de Vries und de Boer (2010) für den Vergleich der Studien Umrechnungsfaktoren von 0,43 kg essbares Produkt je kg Lebendmasse sowie 0,19 kg Protein je kg essbares Produkt unterstellen. Diese Werte stimmen nicht ganz mit den in der vorliegenden Arbeit unterstellten Relationen zwischen Lebendmasse, Muskelfleischanteil und Proteingehalt überein. Ein besserer Vergleich ist daher möglich, wenn sowohl die von de Vries und de Boer (2010) angegebenen THG-Emissionen, als auch jene der vorliegenden Arbeit auf ein kg Lebendmasse umgerechnet werden. Für die von de Vries und de Boer (2010) angeführten Studien ergeben sich dabei THG-Emissionen von etwa 6 bis 14 kg CO₂-eq je kg Lebendmasse. Rechnet man zum Vergleich die THG-Emissionen der vorliegenden Rindermastbetriebe auf ein kg Lebendmasse um, so ergeben sich Werte zwischen 6,2 kg CO₂-eq (Stier-Wirtschaftsmast) und 10,1 kg CO₂-eq (Ochsenmast). Die Ergebnisse sind also durchaus vergleichbar, wobei sich die österreichischen Produktionssysteme eher in der unteren Hälfte der angegebenen Vergleichswerte bewegen.

De Vries und de Boer (2010) weisen zudem darauf hin, dass in den angegebenen Studien Landnutzungsänderungen als Emissionsquellen noch nicht berücksichtigt wurden.

Casey und Holden (2006) beschäftigen sich mit den THG-Emissionen der Rindfleischproduktion in Irland. Dabei werden verschiedene Mutterkuh-Systeme verglichen, wobei auch zwischen konventioneller und biologischer Wirtschaftsweise unterschieden wird. Je kg Lebendmasse geben die Autoren THG-Emissionen von 11,1 kg CO₂-eq bei biologischer Produktion und 13,0 kg CO₂-eq bei konventioneller Produktion an. Nimmt man im Vergleich dazu den Modellbetrieb Jungrindermast und rechnet die Ergebnisse auf ein kg Lebendmasse um ergibt sich mit 8,3 kg CO₂-eq ein etwas niedrigerer Wert. Verge et al. (2008) geben für kanadische Rindfleisch-Erzeugungssysteme THG-Emissionen von durchschnittlich 10,37 kg CO₂-eq je kg Lebendmasse an. Die österreichischen Systeme liegen hier knapp darunter (6,2-10,1 kg CO₂-eq). Je ha geben Casey und Holden (2006) für irische Mutterkuhbetriebe 2302 kg CO₂-eq bei biologischer Produktion und 5346 kg CO₂-eq bei konventioneller Produktion an. Vergleicht man dies mit dem Modellbetrieb Jungrindermast, liegt dieser mit rund 3473 kg CO₂-eq je ha in einem mittleren Bereich.

Ledgard et al. (2011) beschäftigen sich in ihrer Studie mit der neuseeländischen Lammfleischproduktion und zwar aus Sicht einer exportierenden Nation. D.h. sie beziehen neben der landwirtschaftlichen Produktion auch die Verarbeitung, den Export nach Großbritannien sowie die Bereiche Einzelhandel, Konsum und Abfall in ihre Berechnungen mit ein. Die Autoren geben dabei an, dass etwa 80 % der THG-Emissionen dem Bereich der landwirtschaftlichen Produktion, 3 % der Verarbeitung, 5 % dem Versand und 12 % dem Bereich Handel, Konsum und Abfall zugeordnet werden können. Für die landwirtschaftliche Produktion geben Ledgard et al. (2011) THG-Emissionen von 8,6 kg CO₂-eq je kg Lebendmasse an. Im Vergleich dazu errechnen sich bei den vorliegenden Lämmermastbetrieben 9,05 kg CO₂-eq (intensiv) bzw. 9,59 kg CO₂-eq (Weide) je kg Lebendmasse. Die Werte liegen hier also auf einem ähnlichen Niveau. Wie auch weiter oben schon einmal kurz angesprochen, ist in diesem Zusammenhang zu berücksichtigen, dass Ledgard et al. (2011) auch die Allokation von THG auf Koppelprodukte der Lammfleischproduktion (z.B. Wolle, Blut, Innereien, etc.) mit einbeziehen. Laut Angaben der Autoren können in Neuseeland auch die Nebenprodukte gewinnbringend vermarktet werden (ca. 20 % der Erträge). Dementsprechend können diesen Produkten auch THG-Emissionen zugerechnet werden. Insgesamt geben Ledgard et al. (2011) für neuseeländisches Lammfleisch, welches nach Großbritannien exportiert und dort verbraucht wird, THG-Emissionen von durchschnittlich 19 kg CO₂-eq an. Rechnet man hiervon 80 % für die landwirtschaftliche Produktion, so ergeben sich 15,2 kg CO₂-eq je kg Lammfleisch. Hier zeigt sich eine große Diskrepanz zu den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit. Für die beiden Lämmermastbetriebe ergeben sich nämlich THG-Emissionen von rund 35-37 kg CO₂-eq je kg Muskelfleisch. Leider geht aus den Angaben von Ledgard et al. (2011) nicht genau hervor, wie die Umrechnung der THG-Emissionen zwischen den Einheiten kg Lebendmasse und kg Lammfleisch erfolgt. Daher ist es auch schwierig die Gründe für die großen Unterschiede bei den Ergebnissen je kg Fleisch zu finden, vor allem da die Ergebnisse je kg Lebendmasse ähnlich sind.

Ein interessanter Vergleich ist auch in Zusammenhang mit der enterogenen Fermentation möglich. Gemäß Hörtenhuber (persönliche Mitteilung, 18.08.2011) werden beispielsweise in der österreichischen nationalen Luftschadstoffinventur (OLI) folgende verdauungsbedingte Methanemissionswerte für die einzelnen Tierkategorien heran-

gezogen. Für Mastrinder unter 1 Jahr wird für konventionelle Betriebe mit 33,2 kg CH₄ pro Jahr und für Biobetriebe mit 28,36 kg CH₄ pro Jahr gerechnet. Bei Mastrindern über einem Jahr wird mit 65,7 kg CH₄ pro Jahr (Konv.) bzw. 59,48 kg CH₄ pro Jahr (Bio) gerechnet. Diese Werte wurden für österreichische Durchschnittsbedingungen in der Rindermast abgeleitet. Legt man diese Werte auf die Modellbetriebe Stiermast-Intensiv und Stier-Wirtschaftsmast um und geht von einer konventionellen Produktion aus, so errechnen sich verdauungsbedingte Emissionen von 46,2 kg CH₄ pro Jahr (Intensiv) und 49,3 kg CH₄ pro Jahr (Wirtschaftsmast). Im Vergleich dazu ergeben die eigenen Berechnungen 57,03 kg CH₄ pro Jahr für die intensive Stiermast und 47,79 kg CH₄ pro Jahr für die Stier-Wirtschaftsmast. Für ein 10 Monate altes Jungrind errechnen sich, bei Verwendung der Werte aus der österreichischen Luftschadstoffinventur, 27,7 kg CH₄ pro Jahr (Konv.) bzw. 23,6 kg CH₄ pro Jahr (Bio). Für eine Mutterkuh werden 95,44 kg CH₄ pro Jahr (Konv. & Bio) angegeben. Im Vergleich dazu ergeben die eigenen Berechnungen für den Modellbetrieb Jungrindermast mit 24,1 kg CH₄ pro Jahr für das Jungrind und 83,9 kg CH₄ pro Jahr für die Mutterkuh ähnliche Werte. Die Altkuh liegt mit 86,96 kg CH₄ pro Jahr annähernd im Bereich der Mutterkuh. Bei Lämmern und Schafen wird in der österreichischen Luftschadstoffinventur einheitlich mit durchschnittlich 8,0 kg CH₄ pro Jahr gerechnet. Berücksichtigt man eine Mastdauer von etwa 4 Monaten und eine Zwischenlammzeit von rund 9 Monaten errechnen sich ca. 3,6 kg CH₄ pro Jahr für das Lamm. Die eigenen Berechnungen ergeben im Vergleich dazu beim Modellbetrieb Lämmermast-Intensiv 2,43 kg CH₄ pro Jahr für ein Lamm und 12,55 kg CH₄ pro Jahr für ein Mutterschaf. Der Vergleich mit den Werten der österreichischen nationalen Luftschadstoffinventur zeigt, dass die Größenordnungen recht gut zusammen passen. Die Unterschiede bei den Werten erklären sich dadurch, dass in der österreichischen Luftschadstoffinventur mit Durchschnittswerten für die Rindermast gerechnet wird, während in der vorliegenden Arbeit die verdauungsbedingten Methanemissionen für jeden Modellbetrieb entsprechend der gewählten Rationszusammensetzung berechnet wurden.

6.2 Minderungsmaßnahmen

In Bezug auf mögliche Maßnahmen zur Minderung der THG-Emissionen wurde schon in der Literaturübersicht auf wichtige Ansatzpunkte hingewiesen. Da die Ausarbeitung von Minderungsstrategien ein eigenes umfangreiches Themengebiet darstellt, ist eine umfassende Betrachtung von Minderungsmaßnahmen im Zuge dieser Arbeit nicht möglich. Daher sollen im Folgenden nur einige Ansatzpunkte in Bezug auf die vorliegenden Modellbetriebe kurz diskutiert werden.

Grundsätzlich besteht überall dort, wo THG-Emissionen verursacht werden auch ein mehr oder weniger großes Potential für Minderungsmaßnahmen. Beschäftigt man sich mit Minderungsstrategien, sollte man sich auch mit der Frage auseinandersetzen, welche Maßnahmen in der praktischen Umsetzung am meisten Erfolg versprechen. Die größten Potentiale in diesem Zusammenhang finden sich wohl bei Strategien, die neben den positiven Wirkungen für die Umwelt auch weitere Vorteile für den bäuerlichen Betrieb mit sich bringen. Die Steigerung der Effizienz in der landwirtschaftlichen Produktion, wie dies zum Beispiel auch von Flessa (2010) oder Phetteplace et al. (2001) diskutiert wird, stellt eine solche Möglichkeit dar.

Als Beispiel dafür kann in Bezug auf die vorliegenden Modellbetriebe die Zwischenkalbezeit (ZKZ) der Mutterkühe bei der Jungrinder- oder Einstellerproduktion angeführt werden. Laut Hager et al. (2010) ist die Anzahl der aufgezogenen Kälber pro

Mutterkuh und Jahr (Aufzuchtquote) von großer wirtschaftlicher Bedeutung für die Mutterkuhhaltung, da der Erlös aus dem Einsteller- bzw. Jungrinderverkauf die entscheidende Einnahmequelle darstellt. Neben der Vermeidung von Kälberverlusten (Stallklima, Hygiene, Management) steht vor allem die Zwischenkalbezeit in einem engen Zusammenhang mit der Aufzuchtquote. Optimal wäre eine Abkalbung pro Jahr, also eine Zwischenkalbezeit von 365 Tagen. Nach Hager et al. (2010) liegt die Zwischenkalbezeit von Mutterkühen im österreichweiten Schnitt derzeit bei etwa 400 Tagen. Durch Verbesserungen beim Herdenmanagement, der Fütterung sowie bei der Brunstbeobachtung könnte die Zwischenkalbezeit gesenkt und damit die Effizienz der Mutterkuhhaltung gesteigert werden. Dies hätte aber nicht nur wirtschaftlich positive Auswirkungen, sondern auch im Hinblick auf die THG-Emissionen, da die

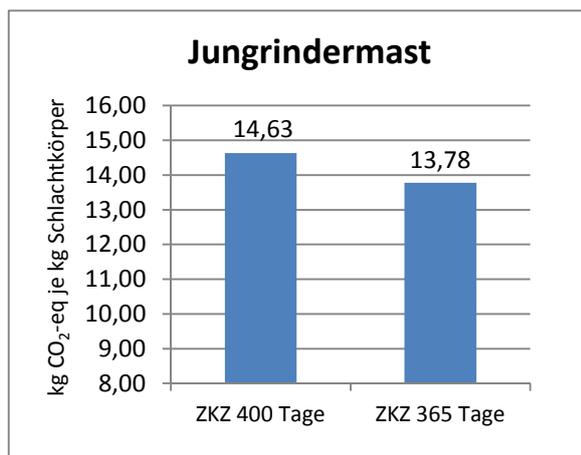


Abbildung 8: Auswirkung der ZKZ auf die THG-Emissionen in der Jungrindermast

während der Zwischenkalbezeit anfallenden Emissionen von Mutterkuh und Jungrind dem erzeugten Produkt zugeordnet werden. Eine verkürzte Zwischenkalbezeit führt zu verringerten THG-Emissionen je Mutterkuh und Zwischenkalbezeit und damit auch bezogen auf die Produkteinheit. Nach eigenen Berechnungen würden sich beispielsweise beim Modellbetrieb Jungrindermast die THG-Emissionen je kg Schlachtkörper um knapp 1 kg CO₂-eq reduzieren, wenn die Zwischenkalbezeit auf 365 Tage verkürzt werden könnte (siehe Abbildung 8). Dies entspricht einer Verminderung der THG-Emissionen um etwa 6 %. Ähnliches gilt für die Kalbinnen- und Ochsenmast. Hier würde eine Zwischenkalbezeit von 365 Tagen in der vorgelagerten Einstellerproduktion zu einer Reduzierung der THG-Emissionen um 0,65 kg CO₂-eq je kg Schlachtkörper führen. Weitere Beispiele, die mit einer effizienteren Produktion und gleichzeitig mit positiven Auswirkungen in Bezug auf die THG-Emissionen in Verbindung stehen, finden sich in allen Modellbetrieben. Beispiele dafür sind die Verringerung von Aufzuchtverlusten oder die Vermeidung von Leistungseinbrüchen durch optimierte Fütterung und Rationsgestaltung, sowie verbesserte Haltungs- und Hygienebedingungen.

Eine bedarfsgemäße Fütterung sowie eine hohe Grundfutterqualität spielen ebenso eine wichtige Rolle, wie dies auch von Hörtenhuber et al. (2011) sowie Hörtenhuber und Zollitsch (2011) für die Milcherzeugung angeführt wird. Die enterogene Fermentation stellt die größte Quelle für THG-Emissionen in der Wiederkäuerhaltung dar. Da die betriebseigene Futtergrundlage ein entscheidender Faktor für die Wahl der Fütterungsstrategie ist, sind die Möglichkeiten zur Minderung der verdauungsbedingten Emissionen begrenzt. Eine hohe Grundfutterqualität hat aber auch hier in mehrerlei Hinsicht eine positive Wirkung. Einerseits wird dadurch wiederum die Effizienz der Produktion gesteigert, da das eingesetzte Futter von den Tieren besser verwertet wird. Andererseits zeigen sich auch positive Effekte in Bezug auf die THG-Emissionen. Eine gute Grundfutterqualität ist mit einer höheren Verdaulichkeit verbunden und damit auch mit verringerten verdauungsbedingten Emissionen. Des Weiteren kann ein größerer Teil des Nährstoffbedarfs aus dem Grundfutter gedeckt werden, wodurch weniger Kraftfutter zugekauft werden muss. Dies hat zwar weniger in Bezug auf die enterogene Fermentation eine positive Wirkung, sondern vielmehr in Verbindung mit Transport und Treibstoffverbrauch. Durch die Abstimmung der Ration

auf den Bedarf der Tiere werden auch weniger Nährstoffe verschwendet. Dies beeinflusst wiederum den N-Fluss und damit die N₂O-Emissionen.

Weitere Minderungspotentiale ergeben sich beispielsweise durch die Verringerung des Mineraldüngereinsatzes, wie dies auch von Flessa (2010), Hermansen und Kristensen (2011) oder Hörtenhuber und Zollitsch (2011) angeführt wird. Die Reduzierung des Mineraldüngereinsatzes ist sehr wichtig, da die Bereitstellung von mineralischen Düngemitteln mit großen THG-Emissionen verbunden ist. In diesem Zusammenhang kann die Luftstickstofffixierung durch den Anbau von Leguminosen, wie dies vor allem in der biologischen Produktion praktiziert wird, als positiv bewertet werden. Auch die von Amon (1997) angeführte Substitution mineralischer Stickstoffdünger aufgrund der verbesserten N-Wirkung des Flüssigmists durch Biomethanisierung kann in diesem Zusammenhang genannt werden. Die Verwertung von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen ermöglicht überdies eine Substitution fossiler Energieträger und somit die Einsparung von THG-Emissionen. Die Verwendung von regional erzeugten Futtermitteln kann als weitere wichtige Maßnahme bezeichnet werden. Wie auch Hörtenhuber und Zollitsch (2011) anführen, kann dadurch einerseits der Treibstoffverbrauch durch Transporttätigkeiten verringert werden, andererseits kann vermehrt auf den Import von kritischen Eiweißfuttermitteln wie Sojaextraktionsschrot aus Brasilien verzichtet werden. Somit können auch THG-Emissionen infolge Landnutzungsänderungen eingespart werden. Beim Modellbetrieb Stiermast-Intensiv könnten beispielsweise durch den Ersatz von Sojaextraktionsschrot aus Brasilien durch heimische Eiweißfuttermittel die THG-Emissionen um mehr als 8 % reduziert werden.

In Zusammenhang mit dem Wirtschaftsdünger finden sich neben der Biomethanisierung auch Minderungspotentiale durch einen Umstieg von Gülle- auf Festmistsysteme. Gemäß IPCC (2006) ist der Methankonversionsfaktor bei Gülle (15 %) deutlich höher als bei Festmist (2%). Bei Güllesystemen wird also wesentlich mehr CH₄ gebildet als bei Festmistsystemen. So würde zum Beispiel beim Modellbetrieb Stiermast-Intensiv ein Umstieg auf ein Festmistsystem zu einer Reduzierung der THG-Emissionen um etwa 1,3 kg CO₂-eq je kg Schlachtkörper führen (siehe Abbildung 9). Dies entspricht einer Verminderung der THG-Emissionen um rund 11 %.

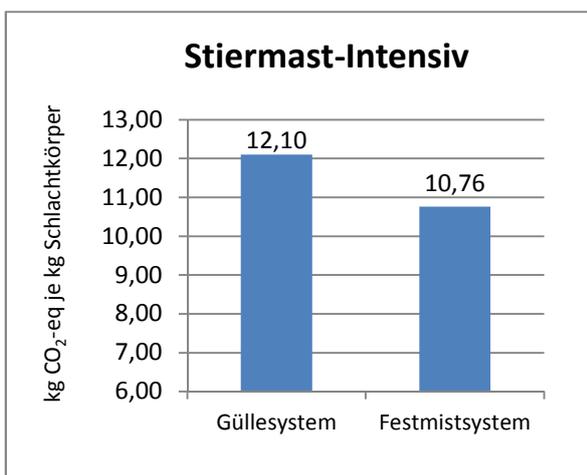


Abbildung 9: Auswirkungen des WD-Systems auf die THG-Emissionen in der Stiermast

Bei der Altkuhmast würde sich sogar eine Reduzierung um etwa 15 % oder 2,26 kg CO₂-eq je kg Schlachtkörper ergeben. Für einen Umstieg auf Festmistsysteme sind allerdings Änderungen im Haltungssystem erforderlich. Ein reiner Umbau von bestehenden Systemen ist aus wirtschaftlichen Gründen oftmals schwer möglich. Allerdings sollten bei Neubauten oder Stallerweiterungen Strohsysteme als Alternative zu Vollspaltenböden in Betracht gezogen werden, da Einstreusysteme auch in Bezug auf die Tiergesundheit sowie eine tierfreundliche Haltung positive Effekte zeigen. Gemäß Müllleder et al. (2008) sprechen sowohl gesundheitliche als auch ethologischen Aspekte für die Haltung von Mastrindern auf Stroh.

Im Bereich der Emissionen aus dem landwirtschaftlich genutzten Boden führt zum Beispiel Flessa (2010) die Steigerung der N-Effizienz als entscheidenden Punkt für die Minderung von N₂O-Emissionen an. N-Überschüsse sowie N-Verluste sollten dafür so gut wie möglich vermieden werden. Bodenuntersuchungen können beispielsweise helfen, die Düngung optimal auf den Pflanzenbestand abzustimmen. Gemäß BMLFUW (2006) sind Bodenuntersuchungen ein wichtiges Instrument für die Erstellung von Düngeempfehlungen und somit für die Steuerung der Nährstoffzufuhr. Der richtige Düngezeitpunkt sowie eine bodennahe Applikation können gasförmige N-Verluste reduzieren. Nach Amon et al. (2007) ergeben sich sowohl durch die Wirtschaftsdüngerausbringung bei vorteilhaften Witterungsbedingungen als auch durch eine emissionsarme Ausbringungstechnik, wie z.B. die Anwendung von Schleppschlauchverteilern bei Gülle, Reduktionspotentiale für NH₃-N-Verluste. Neben den Lachgasemissionen spielt der Boden auch in Bezug auf die Freisetzung bzw. Akkumulation von CO₂ im Humus eine Rolle. Wie schon in der Literaturübersicht beschrieben, geben Hörtenhuber und Zollitsch (2009) eine jährliche Humus-Kohlenstoffanreicherung von 402 kg CO₂ pro ha für biologisch wirtschaftende Betriebe bzw. eine Humus-Kohlenstofffreisetzung von 202 kg CO₂ je ha für konventionelle Betriebe an. Verstärkte Maßnahmen zur Humusakkumulation, wie sie in der biologischen Landwirtschaft üblich sind, können also relativ große Mengen an CO₂ im Boden binden. Bei den vorliegenden Modellbetrieben wurde davon ausgegangen, dass zumindest gewisse Maßnahmen gegen Humusfreisetzung getroffen werden. Daher wurde ein Fließgleichgewicht zwischen CO₂-Bindung und CO₂-Freisetzung angenommen. Nimmt man die oben angeführten Zahlen als Ausgangspunkt, könnten also durch spezielle Maßnahmen zur Humusakkumulation etwa 400 kg CO₂ gebunden werden. Vergleicht man dies mit den THG-Emissionen je ha für die einzelnen Modellbetriebe, würde sich eine Reduzierung der Emissionswerte um etwa 5-20 % ergeben. Auch hier können neben der Minderung von THG-Emissionen durch die aktive Humuswirtschaft weitere positive Effekte wie Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit und damit Erhöhung der Erträge und Futterqualität erreicht werden.

Bei der Altkuhmast ergibt sich ein Aspekt, der in Zusammenhang mit der menschlichen Ernährung eine Rolle spielt. Durch die Kuhmast wird gemäß Habermann et al. (1999) nicht nur die Schlachtleistung, sondern auch die Fleischqualität verbessert. Die Autoren gehen davon aus, dass insbesondere die wertvollen Fleischstücke von gemästeten Altkühen auch zur Verwendung als Frischfleisch geeignet sind. D.h. es ergibt sich hier ein gewisses Potential zur Substitution von Frischfleisch aus anderen Mastsystemen. Eine etwas verringerte Anzahl von Mastrindern führt in weiterer Folge auch zu geringeren THG-Emissionen.

Wie aus einigen der angeführten Beispiele ersichtlich wird, gibt es verschiedenste Maßnahmen die neben der Verminderung von THG-Emissionen auch weitere positive Aspekte mit sich bringen. Ein Problem in Zusammenhang mit der Umsetzung von Maßnahmen zur Reduzierung von THG-Emissionen besteht vielleicht auch darin, dass der Nutzen für den Betrieb oft nicht unmittelbar sichtbar ist. Das Potential für die praktische Umsetzung ist daher aus meiner Sicht bei jenen Minderungsstrategien am größten, die einen zusätzlichen Nutzen für den Betrieb mit sich bringen. Denn im Sinne einer nachhaltigen Landwirtschaft ist es wichtig, dass sowohl wirtschaftliche als auch soziale und ökologische Kriterien berücksichtigt werden.

6.3 Tierische Produkte für die menschliche Ernährung

Tierische Produkte werden in erster Linie als Proteinquelle für die menschliche Ernährung erzeugt (Hörtenhuber und Zollitsch 2011). In Zusammenhang mit den THG-Emissionen je kg Protein weisen diese Autoren auch auf die geringere Effizienz der Rindfleischerzeugung im Vergleich mit anderen tierischen Produktionssystemen wie der Milch-, Eier-, Hühner- oder Schweinefleischerzeugung, vor allem aber im Vergleich mit der Produktion pflanzlicher Lebensmittel wie Kartoffeln oder Brotgetreide hin. Auch Cook (1977) beschäftigte sich mit der Effizienz von Tierarten bei der Futtermittelverwertung in Bezug auf die produzierte Energie in Lebensmitteln. Auch er kam zum Schluss, dass Rind- und Lammfleisch hier eine geringere Effizienz aufweisen. Cook (1977) führt in seiner Arbeit auch den Aspekt der direkten Nahrungskonkurrenz zwischen Mensch und Tier durch die Verfütterung von Kraftfuttermitteln an. Schweine wandeln demnach im Vergleich mit den Rindern pflanzliche Energie zwar effizienter in Fleisch-Energie um, benötigen dafür aber Futtermittel, die auch für die menschliche Ernährung tauglich wären. Auch Gill et al. (2009) führen an, dass ein Großteil der Futtermittel in üblichen Schweine- oder Geflügelrationen für die menschliche Ernährung geeignet wäre. Anders ausgedrückt könnte man auch sagen, dass in konzentratbasierten tierischen Produktionssystemen vorwiegend eine Umwandlung von einem Lebensmittel in ein anderes erfolgt, während grundfutterbasierte Systeme tatsächlich neue Lebensmittel erzeugen. Dieser Aspekt gilt natürlich nicht nur im Vergleich der Tierarten untereinander, sondern auch in Bezug auf die Rationsgestaltung innerhalb einzelner Rind- bzw. Lammfleisch-Erzeugungssysteme. Bei Produktionssystemen mit hoher Fütterungsintensität, wie der intensiven Stiermast, findet sich ein deutlich höherer Kraftfutteranteil in der Ration als beispielsweise bei der herkömmlichen Ochsenmast. In diesem Zusammenhang wäre es auch interessant, die THG-Emissionen der einzelnen Produktionssysteme auf die rein für die menschliche Ernährung zur Verfügung stehende verdauliche Proteinmenge oder auf die umsetzbare Energie zu beziehen. Um hier exakte Ergebnisse zu erhalten, müsste man zwar Nährstoffbilanzen ermitteln, vereinfacht kann man aber auch die Rohproteinmenge in den eingesetzten Kraftfuttermitteln der im erzeugten Fleisch gegenüberstellen. Beim Modellbetrieb Stiermast-Intensiv werden beispielsweise je Stier (Mast inkl. Aufzucht) etwa 310 kg Rohprotein über Kraftfuttermittel verfüttert. Das Muskelfleisch liefert hingegen nur etwa 60 kg Rohprotein. Korrekterweise müsste hier natürlich auch noch die höhere Qualität des Fleisches mit höherer Verdaulichkeit und biologischer Wertigkeit berücksichtigt werden. Aus Sicht der menschlichen Ernährung kommt es aber immerhin zu einer Verringerung der Proteinmenge. Im Vergleich dazu werden bei der Modellvariante Ochsenmast ab Kalb nur etwa 75 kg Rohprotein pro Ochse (Mast inkl. Aufzucht) über Kraftfuttermittel verfüttert. Das Muskelfleisch des Ochsen liefert rund 52 kg Rohprotein. Die Differenz dieser beiden Werte ist also deutlich geringer als bei der intensiven Stiermast. Die große Stärke der Wiederkäuer, nämlich die Umwandlung von schwer verdaulichen und für die menschliche Ernährung nicht geeigneten Futtermitteln in hochwertige Lebensmittel, kommt also nur bei grundfutterbasierter Rationsgestaltung voll zum Tragen. In Zusammenhang mit den THG-Emissionen sollte man diesen Aspekt auch in die Bewertung der einzelnen Produktionssysteme mit einbeziehen. Denn in Bezug auf die Versorgung der Menschen mit Nährstoffen fallen die THG-Emissionen von kraftfutterbasierten Mastsystemen stärker ins Gewicht. Dieser Aspekt gewinnt vor allem dann an Relevanz wenn durch die Futtermittelerzeugung zu wenig Flächen für die Produktion von pflanzlichen Lebensmitteln zur Verfügung stehen. Dies ist in den westlichen Ländern heute vielleicht noch nicht der Fall, global gesehen ist die Sicherstellung der menschlichen Ernäh-

rung aber ein zunehmendes Problem (Gill et al. 2009). In Hinblick auf die globale Ernährungssicherheit gewinnt daher die Fähigkeit der Wiederkäuer zur Umwandlung von für den Mensch nicht verwertbaren Futtermitteln in Lebensmittel vermehrt an Bedeutung, da weltweit etwa 3,4 Mrd. ha Weideland und nur 1,5 Mrd. ha Ackerland zur Verfügung stehen (Gill et al. 2009). Darüber hinaus ergibt sich genau hier ein enger Zusammenhang mit dem Klimawandel, denn eine Veränderung des Klimas hat natürlich auch große Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen. Es zeigt sich auf jeden Fall, dass in Bezug auf die Haltung von Wiederkäuern eine im Wesentlichen auf Grundfuttermittel aufbauende Rationsgestaltung mit begrenztem Kraffuttereinsatz sinnvoll ist. Minderungspotentiale für THG-Emissionen finden sich also auch beim Ernährungsverhalten der Menschen, wie dies auch von Hörtenhuber und Zollitsch (2011) angeführt wird. Für Konsumempfehlungen sollten aber aus meiner Sicht neben den THG-Emissionen noch weitere ökologische sowie auch ökonomische und soziale Nachhaltigkeitskriterien berücksichtigt werden. Denn die Konsumenten und Konsumentinnen nehmen über ihr Ernährungsverhalten nicht nur darauf Einfluss welche Produkte erzeugt werden, sondern auch wie diese produziert werden.

6.4 Schlussfolgerungen

Unterschiede zwischen den betrachteten Systemen der Rind- und Lammfleisch-Erzeugung finden sich sowohl in Bezug auf die Höhe ihrer gesamten THG-Emissionen als auch bei den einzelnen Emissionsquellen. Bezogen auf die verschiedenen Produkteinheiten zeigt sich, dass die Lämmermastbetriebe höhere THG-Emissionen aufweisen als die Rindermastsysteme. Wichtige Gründe dafür sind in der geringeren Schlachtausbeute und im niedrigeren Fleischanteil der Lämmer zu finden. Die niedrigsten Emissionswerte finden sich im Gegensatz dazu bei den beiden Stiermastsystemen. Gründe für das gute Abschneiden der Stiermast sind die hohe Wachstumsintensität mit guter Futtermittelverwertung sowie die hohe Schlachtausbeute und der hohe Muskelfleischanteil. Auch der Anteil der Muttertiere an den THG-Emissionen stellt im Vergleich der Modellbetriebe einen wichtigen Einflussfaktor dar. Die Mutterkuhhaltung hat in diesem Zusammenhang einen Nachteil, da bei diesem System die THG-Emissionen des Muttertiers größtenteils dem Fleisch der Jungtiere zugerechnet werden müssen. Werden hingegen Kälber aus der Milchviehhaltung für die Mast verwendet, kann ein Großteil der Emissionen des Muttertiers der Milchproduktion zugeordnet werden. Dieser Zusammenhang gilt natürlich auch für die Mutterschafhaltung. Wie groß dieser Einflussfaktor ist, zeigt sich, wenn für die Modellbetriebe Ochsen- bzw. Kalbinnenmast Modellvarianten mit Mast ab Kalb gerechnet werden. Die Ochsen befinden sich dann plötzlich etwa auf dem Niveau der intensiven Stiermast, die Kalbinnen zeigen sogar die niedrigsten Emissionen aller Modellbetriebe. Aus dem Vergleich zwischen Ochsenmast ab Kalb und intensiver Stiermast lässt sich auch ableiten, dass extensivere Systeme die höheren verdauungsbedingten Emissionen durch Vorteile bei den anderen Emissionsquellen weitgehend ausgleichen können.

Bezogen auf einen ha landwirtschaftlicher Nutzfläche zeigt sich ein völlig anderes Bild: Hier haben jene Systeme einen Vorteil, die extensivere Flächen nutzen. Dies führt zu niedrigeren Besatzdichten und damit zu geringeren THG-Emissionen je ha. Bei den Rindermastsystemen finden sich daher die niedrigsten Emissionswerte bei der Ochsen- und Jungrindermast, die höchsten Werte sind hingegen bei der Altkuhmast und der intensiven Stiermast zu finden. Am besten schneiden allerdings die beiden Lämmermastbetriebe ab. Dies hängt im Wesentlichen damit zusammen, dass

unabhängig von der Fütterungsintensität während der Mast, die Mutterschafe in der leeren und niedertragenden Phase auf sehr extensiven Standorten gehalten werden können.

Deutliche Unterschiede zeigen sich auch bei den einzelnen Emissionsquellen. Die enterogene Fermentation hat zwar bei allen Modellbetrieben den größten Anteil an den THG-Emissionen, die Spannweite bewegt sich allerdings zwischen etwa 42 und 69 %. Auch der landwirtschaftlich genutzte Boden tritt mit Anteilen von etwa 15 bis 27 % als wichtige Emissionsquelle hervor. Bei den verdauungsbedingten Emissionen haben intensivere Systeme mit höherem Krafftutteranteil einen Vorteil, da aufgrund der leichter verdaulichen Ration weniger Methan in den Vormägen gebildet wird. Daneben spielt auch hier der Anteil des Muttertiers eine wichtige Rolle. Extensivere Systeme mit vermehrter Weidehaltung zeigen im Gegensatz dazu vor allem in den Bereichen Wirtschaftsdünger, Treibstoffverbrauch, Bereitstellung von Mineraldünger und PSM sowie Landnutzungsänderungen geringere THG-Emissionen.

Großes Potential für die praktische Umsetzung von Minderungsstrategien findet sich bei Maßnahmen, die neben einer positiven Umweltwirkung auch weitere Vorteile für den Betrieb mit sich bringen. Die Steigerung der Effizienz in der landwirtschaftlichen Produktion kann in diesem Zusammenhang genannt werden. Eine hohe Grundfutterqualität und eine bedarfsgemäße Fütterung sind in Bezug auf die verdauungsbedingten Emissionen sowie für die Erhöhung der N-Effizienz sehr wichtig. Minderungsmaßnahmen ergeben sich auch durch die Reduzierung des Mineraldüngereinsatzes. Der effiziente Einsatz von Wirtschaftsdüngern, die Erhöhung der N-Wirkung von Wirtschaftsdüngern durch Biomethanisierung oder der Anbau von Leguminosen zur Luftstickstofffixierung können in diesem Zusammenhang genannt werden. Biomethanisierung ermöglicht zudem die Substitution fossiler Energieträger. Weitere Minderungspotentiale ergeben sich durch den Umstieg von Gülle- auf Festmistsysteme, die Verwendung von regional erzeugten Futtermitteln und den Verzicht auf Futtermittel, die mit Landnutzungsänderungen in Verbindung stehen. Im Bereich des landwirtschaftlich genutzten Boden ergeben sich Minderungspotentiale durch Maßnahmen zur Steigerung der N-Effizienz sowie zur Humus-Kohlenstoffanreicherung.

Weiterführende Arbeiten sind nötig, um eine zentrale Frage der Zukunftsfähigkeit der tierischen Produktion zu bewerten: Wie sind die einzelnen Produktionssysteme zu konzipieren, damit sie möglichst geringe Mengen an Treibhausgasemissionen verursachen? Dabei würde sich eine weitere Aufschlüsselung der einzelnen Produktionssysteme in verschiedene Modellvarianten anbieten. Auch eine Betrachtung der Unterschiede zwischen biologischer und konventioneller Wirtschaftsweise in jeweils unterschiedlichen Ausprägungen wäre sinnvoll. Solche Arbeiten sollten sich auch noch detaillierter mit möglichen Minderungsstrategien auseinandersetzen und konkrete Auswirkungen von Maßnahmen analysieren. Ein weiterer Ansatzpunkt für zukünftige Untersuchungen könnte der weiter oben angesprochene Aspekt der menschlichen Ernährung sein. Dabei wäre zu überlegen, die THG-Emissionen der einzelnen Produktionssysteme auf eine Einheit zu beziehen, welche die für die menschliche Ernährung zusätzlich bereitgestellte, verdauliche Proteinmenge oder Menge an Brutto-Energie abbildet.

7 Zusammenfassung

Um Strategien zur Reduktion von Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft entwickeln zu können, müssen die verschiedenen Produktionssysteme hinsichtlich ihrer Treibhausgasemissionen analysiert werden. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Treibhausgasemissionen von in Österreich typischen Rind- und Lammfleisch-Erzeugungssystemen mit Hilfe von Modellrechnungen umfassend darzustellen. Dafür wurden die Produktionssysteme intensive Stiermast, Stier-Wirtschaftsmast, Ochsenmast, Kalbinnenmast, Jungrindermast, Altkuhmast sowie intensive und weidebasierte Lämmermast untersucht.

Die Produktionssysteme intensive Stiermast, Kalbinnenmast, Altkuhmast und intensive Lämmermast weisen eine relativ hohe Fütterungsintensität auf. Bei der Stier-Wirtschaftsmast und der weisebasierten Lämmerast sind zeitweise begrenzte Phasen mit reduzierter Fütterungsintensität vorhanden. Die Produktionssysteme Ochsenmast und Jungrindermast weisen hingegen, speziell in Bezug auf die Kraftfuttermengen in der Ration, eine größtenteils niedrige Fütterungsintensität auf. Als vorgelegertes tierisches Produktionssystem wurde bei den beiden Stiermastsystemen die Kälberaufzucht, bei Ochsen und Kalbinnen die Einstellerproduktion unterstellt.

Bezogen auf verschiedene Produkteinheiten (je kg Schlachtkörper, je kg Muskelfleisch, etc.) zeigen die Lämmermastsysteme höhere Treibhausgasemissionen als die Rindermastsysteme. Wichtige Gründe dafür sind die niedrigere Schlachtausbeute und der geringere Fleischanteil der Lämmer. Die niedrigsten Treibhausgasemissionen finden sich bei den Stiermastsystemen. Diese zeichnen sich durch eine hohe Wachstumsintensität sowie einer guten Schlachtausbeute mit hohem Fleischanteil aus. Allerdings spielt auch der Anteil der Muttertiere an den Treibhausgasemissionen eine wichtige Rolle. Erfolgt eine Kälberaufzucht in der Milchviehhaltung ergibt sich einen Vorteil gegenüber der Mutterkuhhaltung, da die THG-Emissionen der Milchkuh zu einem großen Teil der Milchproduktion zugerechnet werden. Geht man von einem gleichen Aufzuchtssystem aus, bewegen sich die Treibhausgasemissionen der Ochsen-, Kalbinnen- und Stiermast auf einem ähnlichen Niveau. Für die Treibhausgasemissionen je ha Nutzfläche spielt die Besatzdichte eine entscheidende Rolle. Daher schneiden hier jene Systeme am besten ab, die auch extensivere Standorte nutzen. Die enterogene Fermentation tritt bei allen Systemen als größte Emissionsquelle hervor. Systeme mit hoher Fütterungsintensität zeigen hier, aufgrund der leichter verdaulichen Ration, niedrigere Anteile. Extensivere Systeme zeigen dafür niedrigere Anteile bei den Treibhausgasemissionen aus den Bereichen Wirtschaftsdünger, Treibstoffverbrauch, Mineraldünger- und PSM-Einsatz sowie Landnutzungsänderungen.

Aus dem Vergleich der Produktionssysteme bzw. deren konkreter Ausgestaltung wurden Minderungsmaßnahmen zur Reduzierung von THG-Emissionen abgeleitet. Diese beinhalten unter anderem eine Steigerung der Effizienz in der landwirtschaftlichen Produktion, eine hohe Grundfutterqualität, die Substitution importierter durch regional erzeugte Futtermittel, die Reduzierung des Mineraldüngereinsatzes, die Biomethanisierung der Wirtschaftsdünger oder den Umstieg von Gülle- auf Festmist-systeme.

8 Literaturverzeichnis

- Agrana (2011): ActiProt – Eiweißfutter. <http://www.actiprot.at> besucht am 2011-12-30
- AMA (2011): Nährwerttabelle. <http://www.ama-marketing.at/fleisch-und-fleischwaren/rind/ernaehrung/naehrwerttabelle/> besucht am 2011-10-16
- Amon T. (1997): Reduktionspotentiale für klimarelevante Spurengase durch dezentrale Biomethanisierung in der Landwirtschaft. Herausgeber, Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Abt. I/4, Wien
- Amon B. (2006): Emissionen umwelt- und klimarelevanter Gase aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung. Habilitationsschrift, Universität für Bodenkultur, Wien
- Amon B., Fröhlich M., Weißensteiner R., Zablatnik B., Amon T. (2007): Tierhaltung und Wirtschaftsdüngermanagement in Österreich. Endbericht GZ LE 1.3.2/0066-II/1/2005, Universität für Bodenkultur, Wien
- Anderl M., Gangl M., Gugele B., Poupa S., Pazdernik K., Schodl B. (2008): Bundesländer Luftschadstoff-Inventur 1990-2006 – Regionalisierung der nationalen Emissionsdaten auf Grundlage von EU-Berichtspflichten. Herausgeber, Umweltbundesamt GmbH, Wien
- Anderl M., Bednar W., Böhmer S., Gössl M., Gugele B., Ibesich N., Jöbstl R., Kuschel V., Lampert C., Muik B., Pazdernik K., Poupa S., Schachermayer E., Schneider J., Seuss K., Sporer M., Stranner G., Storch A., Weiss P., Wiesenberger H., Winter R., Zethner G., Zechmeister A. (2010): Klimaschutzbericht 2010. Herausgeber, Umweltbundesamt GmbH, Wien
- Baumung R., Fürst-Waltl B., Willam A. (2006). Entwicklung nationaler Zuchtprogramme für Schafrassen in Österreich. Projektabschlussbericht, Institut für Nutztierwissenschaften, Universität für Bodenkultur, Wien
- Bellof G. (2008): Leistungsgerechte Fütterung von Schafen bei angepasstem Kraftfuttereinsatz. In: Bericht zur 5. Fachtagung für Schafhaltung, Herausgeber, Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 1-6
- Beyzai S.H. (1996): Lämmermast auf der Weide. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien
- Blakely D. (2009): Cull Cow Body and Carcass Composition. <http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/beef/facts/05-075.htm> besucht am 2011-08-29
- BMLFUW (2006): Richtlinien für die Sachgerechte Düngung. 6. Auflage, Herausgeber, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien
- Buchgraber K. und Gindl G. (2004): Zeitgemäße Grünlandbewirtschaftung. 2., völlig neu bearbeitete Auflage, Leopold Stocker Verlag, Graz

- Buchgraber K., Pötsch E.M., Bohner A., Häusler J., Ringdorfer F., Pöllinger A., Resch R., Leithold A., Huber R., Rathbauer J. (2011): Nutzung und Erhaltung extensiver Grünlandstandorte in den Berggebieten. Abschlussbericht NUBE, Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein
- Casey J.W. und Holden N.M. (2006): Greenhouse Gas Emissions from Conventional, Agri-Environmental Scheme, and Organic Irish Suckler-Beef Units. In: Journal of Environmental Quality 35 (2006), 231-239
- Colombani P. (2011): SwissFIR - Schweizer Nährwertdatenbank - Online Version. <http://nwdb.ethz.ch:8080/nwdb/request?query=ProductList&xml=MessageData&xml=MetaData&xsl=ListProducts&catId=3&subCatId=3.1&lan=de&range=20-39&pageKey=ListProducts> besucht am 2011-10-16
- De Vries M. und de Boer I.J.M. (2010): Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. In: Livestock Science 128 (2010), 1-11
- DLG (1995): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- DLG-Futterwerttabellen (1997): Futterwerttabellen Wiederkäuer. 7., erweiterte und überarbeitete Auflage, DLG-Verlags-GmbH Frankfurt am Main, 33-137
- Flessa H. (2010): Lachgasemissionen landwirtschaftlich genutzter Böden – Stand des Wissens. In: KTBL-Schrift 483, Emissionen landwirtschaftlich genutzter Böden, Herausgeber, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt, 103-108
- Frickh J.J., Baumung R., Luger K., Steinwider A. (2002): Einfluss der Kategorie (Stiere, Ochsen, Kalbinnen) und des Krafftutterniveaus (Fütterungsintensität) auf der Basis von Gras- und Maissilage auf die Schlachtleistung und Fleischqualität. In: Bericht zur 29. Viehwirtschaftlichen Fachtagung, Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein
- Gill M., Smith P., Wilkinson J.M. (2009): Mitigating climate change: the role of domestic livestock. In: Animal (2010), 4:3, 323-333
- Grassmann C. (2010): Tiereinkauf in der Stiermast. http://www.agrarnet.info/fotoservice/index.php?id=2500%2C1563392%2C1298022IMG_4WARD_SETPOS%25%25IMG_4WARD_SETPOS%25%2C%2C besucht am 2011-04-03
- Greimel M., Handler F., Blumauer E. (2002): Arbeitszeitbedarf in der österreichischen Landwirtschaft. Herausgeber, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Irdning und Bundesanstalt für Landtechnik, Wieselburg
- Habermann W., Luger K., Frickh J., Zollitsch W., Lettner F. (2000): Lohnt sich die Ausmast von Altkühen? Untersuchungen zur Fütterungsintensität, Fleischbeschaffenheit und Wirtschaftlichkeit. In: Die Bodenkultur 51 (1) 2000, Wien
- Habermann W. und Wöllinger R. (2003): Erzeugungs- und Qualitätshinweise für Jungtiere. 1. Auflage, Herausgeber, ARGE Rind, Linz

- Haenel H.D., Freibauer A., Rösemann C., Poddey E., Gensior A., Eurich-Menden B., Döhler H. (2010): Emissionen landwirtschaftlich genutzter Böden im Rahmen der deutschen Klimaberichterstattung. In: KTBL-Schrift 483, Emissionen landwirtschaftlich genutzter Böden, Herausgeber: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt, 11-25
- Hager A. (2007): Arbeitskreis Mutterkuhhaltung Oberösterreich. Bericht und Auswertung aus der Arbeitskreisberatung 2007. Landwirtschaftskammer OÖ, Beratungsstelle für Rinderproduktion, Linz
- Hager A., Pfuner S., Tamtögl M. (2010): Biologische Kennzahlen. In: Mutterkuh- und Ochsenhaltung 2010. Ergebnisse und Konsequenzen der Betriebszweigauswertung aus den Arbeitskreisen Mutterkuh- und Ochsenhaltung. Herausgeber, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 15 - 17
- Hanselmann D. (2005): Fütterungsstrategien in der Bullenmast und ihre Einflüsse auf die Mast- und Schlachtleistung. Diplomarbeit, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt, Nürtingen-Geislingen
- Häusler J., Velik M., Kitzer R., Eingang D. (2011): Extensive Grünlandnutzung mit Mutterkühen. Endbericht März 2011. http://www.raumberg-gumpenstein.at/filearchive/fodok_1_9243_12_2011_abschlussbericht_mutterkuh_grabnerhof.pdf besucht am 2011-07-15
- Hermansen J.E. und Kristensen T. (2011): Management options to reduce the carbon footprint of livestock products. <http://www.animalfrontiers.org/2011/Vol1/007.pdf> besucht am 2011-09-26
- Hörtenhuber S. (2008): Treibhausgasemissionen aus der Milchproduktion in Abhängigkeit von Standort und Wirtschaftsweise - Ergebnisse für österreichische Modellbetriebe. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien
- Hörtenhuber S. und Zollitsch W. (2009): Treibhausgasemissionen aus der Milchviehhaltung – Zur Bedeutung der Systemgrenzen. In: Bericht zur 36. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2009, Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, 137-144
- Hörtenhuber S., Lindenthal T., Amon B., Markut T., Kirner L., Zollitsch W. (2010): Greenhouse gas emissions from selected Austrian dairy production systems - model calculations considering the effects of land use change. In: Renewable Agriculture and Food Systems 2010, 25: 316-329
- Hörtenhuber S., Lindenthal T., Zollitsch W. (2011): Reduction of greenhouse gas emissions from feed supply chains by utilizing regionally produced protein sources: the case of Austrian dairy production. In: Journal of the Science of Food and Agriculture, 91: 1118–1127
- Hörtenhuber S. und Zollitsch W. (2011): Wie sieht es mit den Treibhausgasen in der Landwirtschaft aus? In: Bericht zur 17. Wintertagung 2011, Herausgeber, Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 27-28
- Hülsbergen K.J. und Küstermann B. (2007): Ökologischer Landbau – Beitrag zum Klimaschutz. In: Tagungsband zu Öko-Landbau-Tag 2007, Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising-Weihenstephan

IPCC (2006): Chapter 10 – Emissions from Livestock and Manure Management. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf besucht am 2011-05-12

IPCC (2006a): Chapter 11 – N₂O Emissions from Managed Soils, and CO₂ Emissions from Lime and Urea Application http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf besucht am 2011-08-09

IPCC (2007): Climate Change 2007 – Working Group I – The Physical Science Basis http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html besucht am 2011-11-02

Kalcher L., Sturmlechner F., Fürst C., Mayerhofer M. (2009): Die österreichische Rinderzucht 2009. Herausgeber, Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter, Wien, 58 – 123

Kirchgeßner M., Roth F., Schwarz F., Stangl G. (2008): Tierernährung. 12., neu überarbeitete Auflage, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main

Knaus W. (2010): Vorlesungsunterlagen Kleinwiederkäuerkunde. Universität für Bodenkultur, Wien

Kryvoruchko V. (2004): Methanbildungspotential von Wirtschaftsdüngern aus der Rinderhaltung und Wirkung der Abdeckung und anaeroben Behandlung auf klimarelevante Emissionen bei der Lagerung von Milchflüssigmist. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien

Ledgard S.F., Liewering M., Coup D., O'Brien B. (2011): Carbon footprinting of New Zealand lamb from the perspective of an exporting nation. <http://www.animalfrontiers.org/2011/Vol1/008.pdf> besucht am 2011-09-26

LfL (2011): Gruber Tabelle zur Fütterung in der Rindermast. Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan

Mülleider C., Absmanner E., Kahrer E., Zeiner H., Stanek C., Troxler J. (2008): Alternative Haltungssysteme für die Rindermast unter österreichischen Verhältnissen unter besonderer Berücksichtigung von Betonspaltenböden mit Gummiauflagen. Endbericht zum Forschungsprojekt 1447, Eigenverlag Institut für Tierhaltung und Tierchutz, Wien

Murauer (2004): Einfluss der Art des Stärketrägers auf die Mast- und Schlachtleistung von Fleckviehtieren. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien

ÖAG-Futterwerttabellen (2006): Futterwerttabellen 2006 für das Grundfutter im Alpenraum. ÖAG-Sonderbeilage, Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau, Irnding

Öhlinger C., Dell G., Egger C. (2008): Stromsparen in der Landwirtschaft. Herausgeber: O.Ö. Energiesparverband, Linz

ÖKL-Richtwerte (2011): Kraftstoffverbrauch in der Land- und Forstwirtschaft. <http://www.oekl.at/richtwerte/kraftstoffverbrauch> besucht am 2011-04-05

ÖPUL (2007): Sonderrichtlinie des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) für das Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft – Anhänge. http://www.netzwerk-naturschutz-le.at/naturschutz/downloads/srl_OePUL_2007_Anhaenge%20.pdf besucht am 2011-04-23

Patten L.E., Hodgen J.M., Stelzleni A.M., Calkin C.R., Johnson D.D., Gwartney B.L. (2008): Chemical properties of cow and beef muscles: Benchmarking the differences and similarities. <http://jas.fass.org/content/early/2008/03/28/jas.2007-0478.citation> besucht am 2011-08-30

Phetteplace H.W., Johnson D.E., Seidl A.F. (2001): Greenhouse gas emissions from simulated beef and dairy livestock systems in the United States. In: Nutrient Cycling in Agroecosystems 60, Kluwer Academic Publishers, Printed in the Netherlands, 99-102

Pölz W. (2010): Lebenszyklusanalyse – Wie funktioniert das? Vorlesungsunterlagen, Universität für Bodenkultur, Wien

Ringdorfer F. (1993): Einfluß steigender Mengen von Maissilage bzw. Grassilage in der Lämmermast auf die Mastleistung und die Schlachtkörperqualität von Bergschaf-lämmern. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien

Ringdorfer F., Gruber L., Pöckl E. (2008): Effizienz der Fleischproduktion von Schafen in Abhängigkeit von Rasse und Grundfutterqualität. In: Bericht zur 5. Fachtagung für Schafhaltung, Herausgeber, Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 27 – 30

Ringdorfer F., Gasteiner J., Deutz A. (2009): Schafhaltung heute. Leopold Stocker Verlag, Graz

Ringdorfer F. (2010): Lammfleischerzeugung – was sind die optimalen Produktionsbedingungen? In: Bericht zur 6. Fachtagung für Schafhaltung, Herausgeber, Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 11 – 20

Sima D. (2007): Kumulierter Energieaufwand in der ökologischen Grundfutterproduktion. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien

Smith P., Martino D., Cai Z., Gwary D., Janzen H., Kumar P., Mc Carl B., Ogle S., O'Mara F., Rice C., Scholes B., Sirotenko O., Howden M., Mc Allister Tim, Pan G., Romanenkov V., Schneider U., Towprayoon S., Wattenbach M., Smith J. (2008): Greenhouse gas mitigation in agriculture. In: Philosophical Transactions of the Royal Society B (2008) 363, 789-813

Soliva C. R. (2006): Dokumentation der Berechnungsgrundlage von Methan aus der Verdauung und dem Hofdünger landwirtschaftlicher Nutztiere. <http://www.bafu.admin.ch/climatereporting/00545/01913/index.html?download=NHZLpZeg7t,Inp6l0NTU042l2Z6ln1ad1lZn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCEd31.gmym162epYbg2cJjKbNoKSn6A--&lang=en> besucht am 2011-05-11

Statistik Austria (2008): Feldfruchternte 2008 – Endgültige Ergebnisse. Herausgeber, Statistik Austria Bundesanstalt Statistik Österreich, Wien

- Statistik Austria (2010): Feldfruchternte 2010 – Endgültige Ergebnisse. Herausgeber, Statistik Austria Bundesanstalt Statistik Österreich, Wien
- Statistik Austria (2010a): Lebend & Schlachtgewichte – Jahresergebnis 2010. Herausgeber, Statistik Austria Bundesanstalt Statistik Österreich, Wien,
- Steinwider A., Gruber L., Steinwender R., Guggenberger T., Greimel M., Schauer A. (1996): Einfluß der Fütterungsintensität und der Lebendmasse zum Zeitpunkt der Schlachtung auf die Mast in Schlachtleistung von Fleckvieh-Kalbinnen. In: Die Bodenkultur 47 (1) 1996, Wien
- Steinwider A. (2003): Qualitäts-Rindermast im Grünland. Mutterkuhhaltung und Jungrinder, Ochsen-, Kalbinnen- und Bullenmast. Leopold Stocker Verlag, Graz
- Steinwider A. und Habermann W. (2004): Kuhhausmast. ÖAG-Sonderbeilage, Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau, Irdning
- Steinwider A., Habermann W., Wöllinger R. (2006): Qualitätskalbinnenmast – Produktionshinweise – Information für Interessenten und Einsteiger. Herausgeber, ARGE Rind, Linz
- Steinwider A., Wöllinger R., Kicker O., Gebetsroither H. (2007): Bio-Kalbinnen- und Ochsenmast. ÖAG-Sonderbeilage, Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau, Irdning
- Umweltbundesamt (2010): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2010 – Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2008. http://www.umweltbundesamt.de/uba-infomedien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3957 besucht am 2011-05-02
- Veit M. (2009): Einfluss der Milchleistung auf die Lebendmasse-Zunahme von Lämmern der Rasse Merinolandschaf und Bergschaf. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien
- Velik M., Steinwider A., Frickh J.J., Ibi G., Kolbe-Römer A. (2008): Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Genetik auf Schlachtleistung und Fleischqualität von Jungrindern aus der Mutterkuhhaltung. In: Züchtungskunde, 80, Eugen Ulmer KG, Stuttgart, 378-388
- Velik M. (2010): Mutterkuhhaltung: Jungrinderproduktion am Beispiel Schule Hohenlehen. http://versuche.lako.at/pdf/tierhaltung//mutterkuhfuetterung_hohenlehen_zwbericht_2010.pdf besucht am 2011-04-15
- Verge X.P.C., Dyer J.A., Desjardins R.L., Worth D. (2008): Greenhouse gas emissions from the Canadian beef industry. In: Agricultural Systems 98 (2008), 126-134
- Wagner-Alt C. (2002): CH₄- und N₂O-Emissionen aus der Lagerung von Milchviehflüssigmist und Reduzierungsmöglichkeiten. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien
- Wiedner G. und Habermann W. (2002): Erfolgreiche Stiermast durch optimale Rationsgestaltung. ÖAG-Sonderbeilage, Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau, Irdning

Wiedner (2010): Optimales Fütterungsmanagement mit Mais- und Grassilage. <http://www.lk-noe.at/fotoservice/index.php?id=2500%2C1563408%2C%2C%2CbnBmX3NldF9wb3NbaGl0c109MQ%3D%3D> besucht am 2011-07-07

Würzner H. (2011): Informationen zur Verwendung von importierter Soja bzw. Sojaextraktionsschrot als Futtermittel. <http://www.ages.at/landwirtschaft/ernaehrungssicherheit/gvo/soja-futtermittel/> besucht am 2011-04-05

Zollitsch W. (2010): Vorlesungsunterlagen Kleintierkunde. Universität für Bodenkultur, Wien