Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Nutztierwissenschaften

Untersuchung der Lebensmittel-Konversionseffizienz in der Milcherzeugung in Hinblick auf die Nahrungskonkurrenz

Masterarbeit

Vorgelegt von

Hannes Klocker

Betreuer:

Ao. Univ. Prof. Dr. Werner Zollitsch

DI Paul Ertl

Dr. Stefan Hörtenhuber

Wien, Juni 2014

Danksagung

Mein besonderer Dank geht an meinen Hauptbetreuer Herrn Ao. Univ. Prof. Dr. Werner Zollitsch, der mir mit seiner freundlichen und kollegialen Art bei der Erstellung der Arbeit eine große Hilfe war und mir wertvolle Inputs gab.

Besonders bedanke ich mich bei DI Paul Ertl, der mir bei den statistischen Auswertungen sehr behilflich war und mir auch in allen anderen Belangen der Arbeit mit Rat und Tat zur Seite stand.

Weiters bedanke ich mich recht herzlich bei Herrn Dr. Stefan Hörtenhuber, der mir die Daten für die vorliegende Arbeit bereitstellte und für jegliche Fragen bezüglich der Datengrundlage stets verfügbar war.

Nicht zuetzt möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mich im Laufe meiner Studienkarriere stets unterstützt haben.

Kurzfassung

Das Ziel der vorliegenden Masterarbeit war es, Futtermittelkomponenten hinsichtlich ihrer potenziellen Essbarkeit zu charakterisieren und darauf aufbauend in Hinblick auf eine mögliche Nahrungskonkurrenz eine Aussage über einen entstehenden Zuwachs oder Verlust an Lebensmitteln in typischen österreichischen Milchproduktionssystemen zu treffen.

Die Praktikabilität eines dafür definierten Parameters, der "Lebensmittel-Konversionseffizienz", wurde in der Bewertung der Milcherzeugung auf konkreten Betrieben erprobt.

Es zeigte sich, dass in Abhängigkeit der Produktionsintensität in verschiedenen Regionen Österreichs (Betriebsgruppen mit jeweils 5 Betrieben) unterschiedliche Ergebnisse der Lebensmittel-Konversionseffizienz erzielt wurden. Betriebe, die in Gunstlagen produzierten, wiesen eine niedrigere Lebensmittel Konversionseffizienz für Energie sowie für Eiweiß auf als Betriebe mit stark grünlandbasierten Rationen. Allerdings variierten die Ergebnisse auch innerhalb der einzelnen Betriebsgruppen deutlich, was auf eine stark betriebsindividuelle Abhängigkeit des Paramters Lebensmittel-Konversioneffizienz schließen lässt.

Darüber hinaus sollten ausgewählte Einflussfaktoren auf die Lebensmittel-Konversionseffizienz untersucht werden. Dabei stellte sich heraus, dass der Kraftfutteraufwand (kg/kg ECM) als Indikator der Lebensmittel-Konversionseffizienz besser geeignet ist, als der Indikator beanspruchte Ackerfläche je kg ECM. Des weiteren wirkte sich auch die Zusammensetzung der Kraftfuttermischungen auf das Ergebnis der Lebensmittel-Konversionseffizienz aus.

Abstract

The aim of this master's thesis was to define an indicator for the potentially edible fraction of feedstuffs that are fed to lactating cows. In light of a possible competition between (human) food and feed, the approach followed herein is to characterise whether the incorporation of a certain feedstuff into diets of dairy cows leads to an increase or a decrease in human edible gross energy (GE) and protein. This evaluation was performed for farms representing different typical Austrian dairy production systems, thereby investigating the practicability of the suggested parameter "food conversion efficiency".

It was shown that the obtained results differed between groups of farms in different Austrian regions, particularly depending on the production intensity. Farms which produced milk in favoured areas, tended to have a lower food conversion efficiency for (human edible) gross energy and protein, whereas farms that based their production on grazing and forages obtained the highest food conversion efficiency. However, there was also a considerable variation within the groups of farms, which indicates a strong dependence of the food conversion efficency on farm-individual management of the production system. Moreover, selected parameters and their impact on the food conversion efficency were analysed. The amount of concentrates fed per kg of ECM was more suitable to serve as an indicator for the food conversion efficiency than the parameter "arable land required per kg of ECM". Furthermore, the composition of the concentrate mixtures fed to cows influenced the resulting food conversion efficiency.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Fragestellung 1
1.1. Globale Milchproduktion und Ernährungssicherheit 2
1.2. Zielsetzung und Fragestellung 4

2. Literaturübersicht 5
2.1. Die Fütterung der Milchkuh im Wandel der Zeit 5
2.1.1. Anforderungen an eine Milchkuh-Ration im Hochleistungsbereich 6
2.2. Milcherzeugung in Österreich 7
2.2.1. Grünland zur Grundfutterproduktion in Österreich 8
2.3. Wissenschaftliche Arbeiten zum Thema Lebensmittel-Konversionseffizienz 9
2.4. Lebensmittel und Futtermittel im gesetzlichen Kontext 14
2.5. Übersicht über die Verarbeitung von Lebensmitteln pflanzlichen Ursprungs 15
2.5.1. Getreide und Mais 16
2.5.2. Sojabohne 17
2.5.3. Sojamilch und Tofu 18
2.5.4. Sojakonzentrat und Sojaisolat 19
2.5.5. Rapsprotein in der Humanernährung 20
2.5.6. Sonnenblumenmehl 21
2.5.7. Erbsen 21

3. Material und Methoden 23
3.1. Datengrundlage 23
3.2. Festlegung der essbaren Fraktion von einzelnen Futtermitteln 25
3.2.1. Weizen und Roggen 25
3.2.2. Weizenkleie 26
3.2.3. Gerste 26
3.2.4. Körnermais 26
3.2.5. Maissilage 27
3.2.6. Sojabohne 29
3.2.7. Sojaextraktionsschrot 29
3.2.8. Sojakuchen 30
3.2.9. Sonnenblumenextraktionsschrot 31
3.2.10. Sonnenblumenkuchen 31
3.2.11. Rapsextraktionsschrot 32
3.2.12. Rapskuchen 32
3.2.13. Erbsen 33
3.3. Festlegung der essbaren Fraktion der Lebendmasse von Schlachttieren und deren Protein- und Energiegehalt 34
3.4. Energie- und Proteingehalt der Milch 35
3.5. Bilanzierung der Lebensmittelflüsse, Lebensmittel-Konversionseffizienz 35
3.6. Statistische Auswertung 37
3.6.1. Verwendetes Merkmalsmodell 37

4. Ergebnisse und Diskussion 39
4.1. Ermittlung des essbaren Anteils von Futtermittelkomponenten 39

4.2. Bilanzierung der Lebensmittelflüsse und einzelbetriebliche Berechnung der Lebensmittel-Konversionseffizienz 41
4.2.1. LKE-Protein 44
4.2.2. LKE-Energie 46
4.3. Lebensmittel-Konversionseffizienz in typischen österreichischen Produktionssystemen 47
4.4. Beziehungen zwischen LKE und betrieblichen Kennzahlen 50
4.5. Einfluss des Kraftfutteraufwandes auf die LKE 52
4.5.1. Einfluss des Kraftfutteraufwandes auf die LKE-Protein 52
4.5.2. Einfluss des Kraftfutteraufwandes auf die LKE-Energie 54
4.6. Zusammenhang zwischen Ackerflächen-Bedarf und LKE 55
4.6.1. LKE-Protein in Abhängigkeit von der beanspruchten Ackerfläche 56
4.6.2. LKE-Energie in Abhängigkeit von der beanspruchten Ackerfläche 57
4.7. Zusammenhang zwischen Grünlandflächen-Bedarf und LKE 57
4.7.1. LKE-Protein in Abhängigkeit von der beanspruchten Grünlandfläche . 59
4.7.2. LKE-Energie in Abhängigkeit der beanspruchten Grünlandfläche 60
5. Schlussfolgerungen 61
Zusammenfassung 63
Literaturverzeichnis 65

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verwendete Rationskomponenten, um den Nahrungsmitteleinsatz in der Fütterung zu schätzen, verändert nach BALDWIN et al. (1992); ..10

Tabelle 2: Gegenüberstellung der Rationen von OLTJEN & BECKETT (1996) und WILKINSON (2011) 13

Tabelle 3: Charakterisierung der Betriebe aus dem Projekt „Nachhaltige Milch“(HÖRTENHUBER et al., 2013). 24

Tabelle 4: Erwartungsbereich des essbaren Anteils von Futtermitteln (eigene Berechnungen) 33

Tabelle 5: Gegenüberstellung der essbaren Fraktion mit Literaturwerten.....40

Tabelle 6: Mittelwerte und Standardabweichungen für LKE, essbarer Anteil der KF-Mischung und KF-Aufwand.....48

Tabelle 7: Korrelationskoeffizienten nach Pearson bei mittlerer Lebensmitteltauglichkeit der Futtermittel 51

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verlauf der Laktationsleistung zwischen 1950 und 2012 (ZAR, 2012). 1

Abbildung 2: Verteilung der Grünlandflächen in Österreich....8

Abbildung 3: Definition der untersuchten Produktionssysteme nach A-Milchquote und BHK-Gruppe (HÖRTENHUBER et al., 2013). 23

Abbildung 4: Einzelbetriebliche Lebensmittel-Konversionseffizienzen für Protein bei unterschiedlichen Bewertungsvarianten 44

Abbildung 5: Einzelbetriebliche Lebensmittel-Konversionseffizienzen für Energie bei unterschiedlichen Bewertungsvarianten 46

Abbildung 6: Lebensmittel-Konversionseffizienz des Proteins in Abhängigkeit vom KF-Aufwand 52

Abbildung 7: Gegenüberstellung der Verteilung der Ausgangsdaten und des Modells der LKE Pmittel 53

Abbildung 8: Lebensmittel-Konversionseffizienz der Energie in Abhängigkeit vom KF-Aufwand 54

Abbildung 9: LKE-Protein in Abhängigkeit von der beanspruchten Ackerfläche 56

Abbildung 10: LKE-Energie in Abhängigkeit von der beanspruchten Ackerfläche 57

Abbildung 11: LKE-Protein in Abhängigkeit von der beanspruchten Grünlandfläche 59

Abbildung 12: LKE-Energie in Abhängigkeit von der beanspruchten Grünlandfläche 60

Abkürzungsverzeichnis

BHK	Berghöfe-Kataster
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
ECM	Energiekorrigierte Milch
GVE	Großvieheinheiten
KF	Kraftfutter
LKE	Lebensmittel-Konversionseffizienz
LM	Lebendmasse
NEL	Nettoenergielaktation
N-frei	stickstofffrei
nXP	Nutzbares Rohprotein
TM	Trockenmasse

1. Einleitung und Fragestellung

Der Wiederkäuer als Raufutterverzehrer ist in der Lage aus Futtermitteln mit geringer Nährstoffdichte, die vom Menschen nicht verwertet werden können, hochwertige Lebensmittel wie Milch und Fleisch zu produzieren. War die Milchleistung ursprünglich gerade hoch genug um ein Kalb zu ernähren, so haben sich die Leistungen der modernen Milchkühe im Verlauf der letzten 60 Jahre alleine in Österreich von 2.998 auf über 7.148 kg mehr als verdoppelt (ZAR, 2012). Zu einem gewissen Anteil ist diese Leistungssteigerung natürlich auf die besseren Haltungsbedingungen und die bessere Fütterung zurückzuführen. Der Hauptgrund liegt jedoch wohl in der gezielten Zucht und Selektion, welche in der heutigen Form erst in den sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts durch die künstliche Besamung und die Nutzung komplexer mathematisch-statistischer Methoden für die Zuchtwertschätzung ermöglicht wurde.

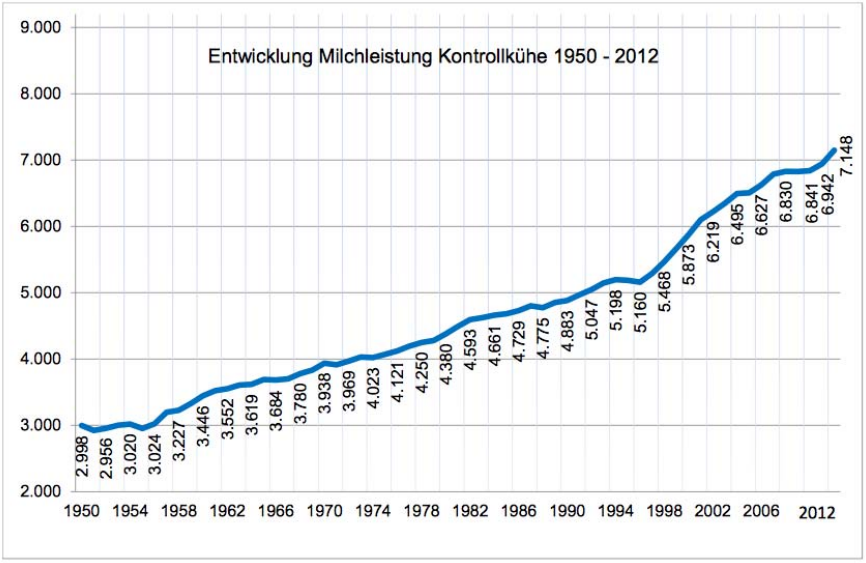

Abbildung 1: Verlauf der Laktationsleistung zwischen 1950 und 2012 (ZAR, 2012).

Die reine Fütterung von rohfaserreichen Grobfuttermitteln wie Gras, Heu und Silage konnte diesen Anforderungen nicht mehr gerecht werden. Daraus hat sich die Notwendigkeit ergeben, die Rationen durch Kraftfutter zu ergänzen. Diese Entwicklung wurde unterstützt durch die Herstellung von mineralischen Düngern und Pestiziden, geringen Transportkosten, sowie internationalen

Handelsmöglichkeiten, wodurch der Einsatz von Getreide und Eiweißpflanzen in der Wiederkäuerfütterung erst profitabel gemacht wurde (KNAUS, 2013). Somit finden sich in den Milchkuhrationen vermehrt Komponenten wieder, die aus ernährungsphysiologischer Sicht auch für den Menschen eine Nahrungsquelle darstellen könnten. Schätzungen ergaben, dass global gesehen 9 % des Getreideaufkommens an Milchkühe verfüttert werden. Der gesamte Nutztiersektor verbraucht ca. ein Drittel des weltweiten Getreideaufkommens (CAST, 1999; FAO, 2009). Dieser Umstand sorgt aus dem Blickwinkel der Ernährungssicherheit zunehmend für Kritik. Die FAO (2011) schätzte für Produktionssysteme in intensiv produzierenden Ländern ein Protein-Output/Input-Verhältnis von unter bzw. nahe 1. Demzufolge verbraucht der Nutztiersektor in den jeweiligen Ländern mehr für den Menschen verwertbares Protein, als er selbst produziert. Wird die selbe Berechnung auf die Lebensmittel-Energie angewandt, so ergibt sich ein noch drastischerer Verlust als beim Protein (FAO, 2009). Laut der FAO (2011) werden nur 12 % der Weltproduktion an Milch in Systemen produziert, die kaum in Nahrungskonkurrenz zum Menschen stehen. 88 % des Milchaufkommens werden in sogenannten „gemischten Systemen“ erzeugt, wo neben Grundfuttermitteln vermehrt Konzentratfuttermittel zum Einsatz kommen.

1.1. Globale Milchproduktion und Ernährungssicherheit

Tierische Erzeugnisse tragen dann am meisten zur allgemeinen Nahrungsmittel-Verfügbarkeit bei, wenn sie dort erzeugt werden wo kein Ackerbau möglich ist bzw. Ressourcen genutzt werden, welche vom Menschen nicht direkt verwertet werden können. Werden tierische Erzeugnisse wie Milch unter intensiven Bedingungen erzeugt, so verwerten die Tiere zunehmend Eiweiße und Kohlenhydrate, welche bereits dem Menschen als solche zur Verfügung stehen würden. Unter solchen Bedingungen spricht man von einer Verminderung der Nahrungsbilanz. Konkret bedeutet dies, dass durch die Fütterung von potenziellen Nahrungsmitteln für den Menschen und die damit verbundenen

Transformationsverluste letztlich weniger (tierische) Lebensmittel zur Verfügung stehen, als wenn die verfütterten, potenziellen Lebensmittel direkt der menschlichen Ernährung zugeführt würden (FAO, 2011). Wie im vorigen Abschnitt bereits erwähnt wurde, werden lediglich 12 % des Milchaufkommens in Systemen produziert, welche nicht in Nahrungskonkurrenz zum Menschen stehen. Da dies mit einer nachhaltigen Lebensmittel-Bereitstellung unvereinbar ist, schlägt die FAO (2011) vor, einerseits mehr tierisches Eiweiß in Systemen mit niedrigerer Produktionsintensität, welche auf Weidewirtschaft oder der Integration von Tierhaltung und Ackerbau basieren zu produzieren und andererseits mehr Nebenprodukte in der Fütterung einzusetzen. Angesichts der Tatsache, dass 70 % der weltweit 4,9 Milliarden ha an Agrarland aus permanentem Grasland bestehen (FAOSTAT, 2011), dürfte die grünlandbasierte Milchproduktion tatsächlich noch einiges an ungenutztem Potenzial zu bieten haben. Da die Weltbevölkerung bis 2050 auf 9,6 Milliarden Menschen ansteigen wird (UNITED NATIONS, 2013) und gleichzeitig aufgrund des Wachstums von Ballungszentren die weltweite landwirtschaftliche Nutzfläche zunehmend weniger wird, wird die derzeitige Praxis der Wiederkäuerfütterung überdacht werden müssen.

Gleichzeitig aber ist der weltweite Milchkonsum aufgrund des zunehmenden Wohlstandes im Begriff weiter anzusteigen (FAO, 2013). In den kommenden 10 Jahren ist laut OECD/FAO (2011) mit einem Anstieg der Nachfrage nach Milchprodukten um 22 % zu rechnen. Besonders in Entwicklungsländern scheinen mehr und mehr Menschen Milchprodukte in ihren Ernährungsplan aufzunehmen. So ist der jährliche Pro-Kopf-Milchkonsum in China zwischen 1987 und 2007 von 4,5 kg auf 28,7 kg gestiegen. Im Vergleich dazu werden in den EU-27 im Durchschnitt über 200 kg Milch pro Person und Jahr konsumiert.

In der Zukunft wird es also eine Herausforderung sein, weniger potenzielle Lebensmittel in der Fütterung laktierender Tiere einzusetzen, aber gleichzeitig mehr Milch aus Grünland zu produzieren.

1.2. Zielsetzung und Fragestellung

Das Ziel dieser Masterarbeit ist es, Futtermittelkomponenten hinsichtlich ihrer potenziellen Essbarkeit zu charakterisieren und darauf aufbauend eine Aussage über einen in typischen österreichischen Milchproduktionssystemen entstehenden Zuwachs oder Verlust an Lebensmitteln in Hinblick auf eine mögliche Nahrungskonkurrenz zu treffen. Die Praktikabilität eines dafür definierten Parameters, der "Lebensmittel-Konversionseffizienz", soll in der Bewertung der Milcherzeugung auf konkreten Betrieben erprobt werden. Darüber hinaus sollen ausgewählte Einflussfaktoren auf die Lebensmittel-Konversionseffizienz untersucht werden.
Es wird beabsichtigt folgende Fragestellungen zu beantworten:

- Wie lässt sich die essbare Fraktion von Futtermittelkomponenten ermitteln?
- Wie gestaltet sich die Lebensmittel-Konversionseffizienz (LKE) in der Milcherzeugung auf österreichischen Praxisbetrieben?
- Welche Faktoren wirken sich auf die LKE aus?

2. Literaturübersicht

2.1. Die Fütterung der Milchkuh im Wandel der Zeit

Die Domestizierung wilder Tiere war ein Meilenstein in der Geschichte der Menschheit. Die Wiederkäuer spielten dabei eine wichtige Rolle, da sie in der Lage sind rohfaserhaltige Pflanzen in hochwertige tierische Lebensmittel umzuwandeln (KNAUS, 2013).

In den vergangenen sechs Jahrzehnten hat die Wiederkäuerernährung gravierende Änderungen erfahren. Während die Milchleistung beispielsweise in Amerika in den letzten 25 Jahren um 50 % angestiegen ist, konnte im Vergleich dazu die TM-Aufnahme der Kühe lediglich um 25 % gesteigert werden. Daraus ergab sich die Notwendigkeit die Energie- und Proteindichte der Rationen durch den Einsatz von Ackerkulturen wie Mais, Getreide und Soja in der Fütterung anzuheben (EASTRIDGE, 2006). SCHWARZ (2011) schlägt in dieselbe Kerbe und stellt fest, dass das hohe genetische Leistungspotential der modernen Milchkühe aufgrund hoher physiologischer Belastungen besondere Anforderungen an die Fütterung stellt und einen kompletten Verzicht auf Kraftfuttermittel kaum zulässt. Bis in die 1950er Jahre wurde jedoch daran gezweifelt, dass es möglich wäre, Rindern hohe Mengen an Kraftfutter zu verabreichen. Die Tatsache, dass die Kosten je Nettoenergie-Einheit für Kraftfutter damals niedriger waren als für Grundfutter, bewegte die Wissenschaft dazu, mit dem Kraftfuttereinsatz verbundene Verdauungsprobleme bei Milchkühen zu lösen (VAN SOEST, 1994).

Die Fütterung der Kühe hat sich also von der grünlandbasierten Weidehaltung weg in Richtung intensive Stallfütterung entwickelt.

Eine große Herausforderung in der Fütterung von Hochleistungskühen besteht im optimalen Gleichgewicht zwischen schnell fermentierbaren Kohlenhydraten und strukturwirksamer Rohfaser. Eine etwaige Unterversorgung mit strukturierter Rohfaser senkt den pH-Wert im Pansen und erhöht das Risiko für subklinische Pansenazidosen (ZEBELI et al., 2012). Andererseits stellt die energetische Unterversorgung für das Tier ein Risiko dar, an einer subklinischen Ketose zu erkranken. GASTEINER (2003) spricht aus diesem Grund von einer Gratwanderung zwischen subklinischer Azidose

und Ketose. Meist bleiben diese Probleme nicht ohne Folgeerkrankungen und Klauen- und Fruchtbarkeitsprobleme, sowie schlechte Eutergesundheit werden damit in Verbindung gebracht (MARTENS, 2012). Die logische Folge ist der verfrühte Abgang der Kuh. Die durchschnittliche Laktationszahl hat sich laut der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter (ADR, 2011) von 4 bis 5 Laktationen vor fünfzig Jahren auf 2,5 Laktationen ab dem Jahr 2000 verringert. HAIGER (2005) stellt die Hochleistungszucht in Frage und spricht von einem ökologischen Unsinn, wenn Wiederkäuer gezüchtet werden, die ohne Kraftfutter nicht mehr existieren können. Diese würden in Kraftfuttermangelzeiten notgedrungen zum Nahrungskonkurrenten des Menschen werden.
Im folgenden Abschnitt soll die Ration einer Hochleistungskuh anhand eines Beispiels näher betrachtet werden.

2.1.1. Anforderungen an eine Milchkuh-Ration im Hochleistungsbereich

Hochleistende Milchkühe haben aufgrund des hohen Nährstoff- und Energieumsatzes eine sehr intensive Stoffwechseltätigkeit. Da zur Bildung von einem kg Milch 400 – 500 l Blut das Euter durchströmen, sind bei Hochleistungstieren täglich bis zu 20.000 l und mehr erforderlich. Aufgrund dieser physiologischen Belastungen stellen laktierende Kühe besondere Anforderungen an die Fütterung und sind auf eine angemessene Versorgung mit Nährstoffen, Energie und Wasser angewiesen (SCHWARZ, 2011).
Eine Milchkuh mit 650 kg Lebendmasse hat einen Erhaltungsbedarf von 37,7 MJ NEL ($0{,}293 \times 650^{0{,}75}$). Zusätzlich benötigt sie dafür 450 g im Dünndarm nutzbares Rohprotein. Für die Leistung kommen pro kg fettkorrigierter Milch (4 % Fett, 3,4 % Milcheiweiß) 3,3 MJ NEL und 85 g nXP (nutzbares Rohprotein) dazu (KOHL-PARISINI & ZEBELI, 2012). Geht man davon aus, dass die Kuh 50 l Milch gibt, dann ergibt sich ein Gesamtbedarf von 200 MJ NEL an Energie und 4250 g an nutzbarem Rohprotein (nXP). Da der Futteraufnahme physiologische Grenzen gesetzt sind, ist dieser Bedarf alleine durch den Einsatz von Grundfutter keinesfalls zu bestreiten und es muss Kraftfutter zugefüttert werden. Die maximale tägliche Futteraufnahme in der

Laktation beträgt laut GRUBER et al. (2001) zwischen 3 und 4 % der Lebendmasse des Tieres. Wird von einer optimalen Futteraufnahme von 4 % der LM ausgegangen, würde die Beispielkuh also 26 kg Trockenmasse pro Tag aufnehmen können. Auch EASTRIDGE (2006) traut Kühen mit einer Laktatationsleistung von 12500 kg eine TM-Aufnahme von 25 - 27 kg zu. Bei einer TM-Aufnahme von 26 kg ergibt sich eine erforderliche Energiedichte der Ration von 7,7 MJ NEL pro kg Trockenmasse und einem Gehalt an nutzbarem Rohprotein (nXP) von 163 g pro kg Trockenmasse. Die Deckung des Energiebedarfes ist bei einer unterstellten Energiedichte des Grundfutters von 6 MJ NEL pro kg TM und bei einem Grundfutter- Kraftfutterverhältnis von 50 : 50 kaum möglich; die Energiedichte des Kraftfutters müsste hierfür 8 MJ NEL pro kg TM überschreiten. Die LFL-BAYERN (2010) ermittelte für verschiedene Milchleistungsfutter der Energiestufe > 3 eine Energiedichte von ca. 7 MJ NEL. Es ist also anzunehmen, dass ein höherer Kraftfutteranteil als 50 % nötig ist. STEINWIDDER & GRUBER (2002) sprechen ab einer Milchleistung von 10.000 kg und einem Kraftfuttereinsatz von 50 % der Ration bereits von der Grenze der wiederkäuergerechten Fütterung. Erschwerend kommt hinzu, dass durch den Kraftfuttereinsatz die Grundfutteraufnahme verringert wird. SCHWARZ (2008) geht davon aus, dass im Höchstleistungsbereich pro kg Kraftfutter-TM bis zu 0,9 kg TM Grundfutter verdrängt werden, während die Grundfutterverdrängung im unteren Leistungsbereich bei Kraftfuttergaben bis zu 4 kg TM kaum eine Rolle spielt.

2.2. Milcherzeugung in Österreich

Im Jahr 2012 wurden in Österreich jährlich etwa 3.382.076 Tonnen Milch produziert. Die Qualität der Rohmilch befand sich nach wie vor auf einem hohen Niveau (BMLFUW, 2013).

Der Milcherzeugerpreis lag 2012 im österreichischen Durchschnitt bei 0,3395 Euro je kg Milch (4,2 % Fett und 3,4 % Eiweiß, ohne MwSt.). Die Zucht der Milchrinder ist in den Landestierzuchtgesetzen geregelt und wird von den Tierzuchtverbänden organisiert. In Österreich werden vorwiegend Rinder mit kombinierter Nutzungsrichtung (Milch und Fleisch) gezüchtet. Österreichweit

werden 76 % der Milchkühe der Leistungskontrolle unterzogen, dies entspricht einer Anzahl von 401.263 Milchkühen. Die Laktationsleistung der Kontrollkühe stieg im Jahr 2012 um 206 kg (3 %) auf 7.148 kg je Kuh. Neben der Verbesserung der Milchleistung und Fleischleistung wird in den Zuchtprogrammen insbesondere auch auf Merkmale wie Langlebigkeit und Fruchtbarkeit geachtet (BMLFUW, 2013).

Neben der Milchproduktion in den Tallagen Österreichs wird auch in höheren Lagen Milch produziert. Im Sommer werden über 280.000 GVE auf Almen aufgetrieben. Davon sind 268.400 Rinder und Mutterkühe und über 52.000 Milchkühe (BMLFUW, 2013). Aufgrund dieser Tatsache tragen die Almen einen nicht unwesentlichen Teil zur Lebensmittelerzeugung bei. So wurden beispielsweise im Jahr 2002 von 55.500 gealpten Milchkühen 61.000 Tonnen Milch auf Österreichs Almen produziert. Dies entsprach einem Anteil von 2,3 % der Gesamtmilchproduktion Österreichs. Bedenkt man, dass dieses Volumen innerhalb von 100 Standardtagen produziert wurde, ist dies kein so geringer Prozentsatz (GREIF & RIEMERTH, 2006).

2.2.1. Grünland zur Grundfutterproduktion in Österreich

Etwa 55 % der Agrarfläche Österreichs bestehen aus permanentem Grünland.

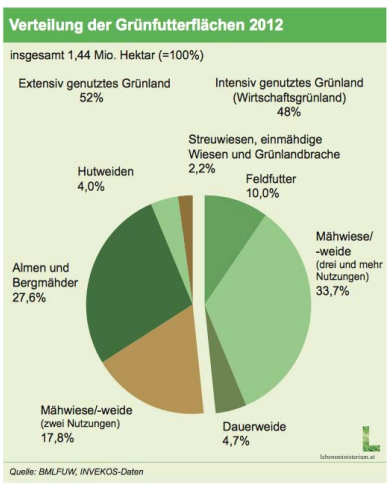

Abbildung 2: Verteilung der Grünlandflächen in Österreich

Dem Grünen Bericht (BMLFUW, 2013) zufolge, hatte Österreich im Jahr 2012 eine Grünlandfläche von 1,31 Millionen ha. 42 % davon waren normal ertragsfähiges Grünland, während 58 % als extensiv genutztes Grünland bewirtschaftet wurden. Zu den 1,31 Millionen ha kamen noch 163.000 ha Feldfutterflächen dazu, welche ebenso der Grundfutterproduktion dienten. Das Grünland erfüllt neben der für den Landwirt essenziellen Bereitstellung von wertvollem Grundfutter nachweislich eine Vielzahl an ökologischen Funktionen und besitzt eine besondere Bedeutung für die Landschafts-, Habitat- und Artenvielfalt in Österreich. Durch das nach wie vor

hohe Preisniveau bei Kraftfutter und Energie stand das wirtschaftseigene Grundfutter wieder verstärkt im Interesse der Grünlandbauern. Die Qualität des Grundfutters war jedoch noch verbesserungswürdig. Dies wurde mittels zahlreicher Aktivitäten von Seiten der Beratung, Forschung und Lehre gezielt behandelt.

Zu späte Nutzungszeitpunkte, Futterverschmutzung und Konservierungsfehler wurden als Hauptursachen für schlechte Grundfutterqualitäten genannt. In der Folge führten diese Qualitätseinbußen zu verminderten Leistungen oder mussten, so weit dies möglich war, durch teure Zukauffuttermittel ausgeglichen werden. Neben der Witterung waren Probleme mit der Futterqualität auch auf futterbaulich minderwertige Pflanzen zurückzuführen (BMLFUW, 2013).

2.3. Wissenschaftliche Arbeiten zum Thema Lebensmittel-Konversionseffizienz

Die Thematik der Nahrungskonkurrenz tierischer Produktionssysteme wurde bereits in den neunziger Jahren von OLTJEN & BECKETT (1996) aufgegriffen. Zunächst merkten die Autoren an, dass entgegen der durch verschiedene pseudowissenschaftliche Arbeiten verbreiteten Meinung, die Tierproduktion in ferner Zukunft sehr wohl einen großen Beitrag zur Ernährungssicherheit leisten würde. Dies jedoch nur, wenn alle Ressourcen effizient eingesetzt und kombiniert werden. In der Arbeit stellten sich OLTJEN & BECKETT (1996) die Frage, wie es um den Nettobeitrag zur Nahrungsbereitstellung in der tierischen Produktion und im speziellen der Wiederkäuerfütterung bestellt war. Die Autoren gingen davon aus, dass sich der beste Indikator zur Darstellung der Produktionseffizienz von Nahrungsmitteln aus dem Verhältnis zwischen Nahrungsmittel-Output aus der Produktion und Nahrungsmittel-Input in der Fütterung ergab. Die dabei angewendete Formel lautete wie folgt:

„Return on human edible inputs (%) = $\frac{Human\ edible\ outputs}{Human\ edible\ inputs}$ x 100“

Formel 1: Berechnung der Nahrungsmittelbilanz in Prozent (OLTJEN & BECKETT, 1996)

Konkret wurden zwei Strategien der Milchproduktion miteinander hinsichtlich ihres Beitrags zur Ernährungssicherung verglichen. Die Ration „Dairy I“ basierte stark auf Nebenprodukten, während die Ration „Dairy II“ eine typische Ration für kalifornische Produktionsbedingungen darstellte. Die erzielbare Leistung wurde mit 8.601 kg Milch mit einer Laktationsdauer von 305 Tagen für beide Rationen gleich angenommen. In Tabelle 1 sind die jeweilig verwendeten Rationskomponenten aufgeschlüsselt.

Tabelle 1: Verwendete Rationskomponenten, um den Nahrungsmitteleinsatz in der Fütterung zu schätzen, verändert nach BALDWIN et al. (1992);

Futtermittel	Ration „Dairy I“ (%)	Ration „Dairy II“ (%)
Maissilage	35,2	20
Luzerne-Heu	33,8	30
Gerste	9,3	/
Körnermais	/	37
Baumwollsamen	9,3	/
Weizenkleie	7,7	/
Baumwollsaatschrot	4,4	/
Sojaextraktionsschrot	/	10
Mineralstoffmischung etc.	0,3	3

Bezüglich der Bewertung der Maissilage ist anzumerken, dass OLTJEN & BECKETT (1996) von der Annahme ausgingen, dass 45 % der Trockenmasse der Maissilage theoretisch der Humanernährung zugeführt werden könnten. Die Autoren waren sich jedoch bewusst, dass aufgrund von klimatischen Bedingungen nicht an jedem Standort von einer möglichen vollkommenen Abreife des Maises ausgegangen werden konnte. Somit würde die genannte Einschätzung der Ration „Dairy I“ an Grenzertragsstandorten zu einer Unterschätzung der Nahrungsmittelbilanz führen, da der Mais nicht das gewünschte Reifestadium für die Produktion von Körnermais erreichen würde. Geht man davon aus, dass an Grenzertragsstandorten nur 16 % der TM essbar sind, so würde sich die Nahrungsmittelbilanz von 133 % auf 230 %

(verdauliche Energie) steigern. Würde man die Maissilage als nicht essbar einstufen, würde die Nahrungsmittelbilanz sogar auf einen Ertrag an verdaulicher Energie von 380 % ansteigen.
Des weiteren wurde angenommen, dass Gersten- und Maiskörner zu 100 % vom Menschen verzehrbar sind. Wobei sich die Nahrungsbilanz unter Beachtung des Umstandes, dass 20 – 40 % des Kornes während der Verarbeitung als Nebenprodukte aus der Humanernährung ausscheiden würden, weiter verbessert hätte. Dies wurde anhand einer dritten Ration (Dairy III) mit denselben Komponenten, wie in der Ration „Dairy II“ aufgezeigt.
Welche Annahmen am ehesten der Realität entsprechen, darüber wurde von OLTJEN & BECKETT (1996) keine wertende Aussage getroffen. Um aufzuzeigen, wie stark sich unter gleichen Ausgangsbedingungen der Nettoertrag an für den Menschen verdaulicher Energie und verdaulichem Protein beeinflussen lässt, wurden jedoch bewusst zwei sehr gegensätzliche Modellrationen ausgewählt.

Unabhängig von der Arbeit von OLTJEN & BECKETT (1996) griff WILKINSON (2011) das Thema unter dem Aspekt der Effizienz der Futterverwertung neu auf. Eine Futterverwertungsrate von < 1 bedeutet, dass die Nahrungsbilanz positiv ist. Es werden dabei mehr für den Menschen verwertbare Energie und verwertbares Protein produziert, als in der Fütterung eingesetzt werden. Umgekehrt stellt eine Futterverwertungsrate von > 1 eine negative Nahrungsmittelbilanz dar.
Um die Futterverwertungsrate ermitteln zu können, definierte WILKINSON (2011) für verschiedene Futtermittel essbare Fraktionen; Getreide und Hülsenfrüchten wurde dabei eine essbare Fraktion von 80 % zugewiesen. 20 % würden also als Nebenprodukte der Nahrungsmittelproduktion der Tierernährung zufließen. Jedoch variiert die Mehlausbeute von Brotgetreide zwischen Weißmehl und Vollkornmehl zwischen 0,70 und 1. Darüber hinaus wurde berücksichtigt, dass in Großbritannien 20 % von Getreide-Nebenprodukten in die Humanernährung fließen. Bezüglich der essbaren Fraktion von Sojaschrot und anderen Ölsaat-Schroten legte sich WILKINSON (2011) auf einen Anteil von 80 % potenziell essbar und 20 % nicht für die menschliche Ernährung nutzbar fest. Die Maissilage stufte er als nicht essbar

ein, da die Maishybriden, welche für Maissilage verwendet werden, nicht zur Lebensmittelerzeugung herangezogen werden können. Weiters ging WILKINSON (2011) von einer Weideperiode von 175 Tagen aus. Die Modellkuh leistete 6.500 kg Milch in der Laktation und erhielt ca. 1.800 kg Kraftfutter. Der Autor errechnete eine Verwertungsrate von 0,47 für essbare Energie und 0,71 für essbares Protein. Dies entspricht nach OLTJEN & BECKETT (1996) einer Nahrungsmittelbilanz von 213 % und 141 % für Energie und Protein.

WILKINSON (2011) vertritt den Standpunkt, dass es das klare Ziel eines Produktionssystems sein muss, mehr für den Menschen verdauliche Energie und verdauliches Protein zu produzieren, als in der Fütterung eingesetzt wird. Tabelle 2 zeigt eine Gegenüberstellung der Rationen und der Bewertungsschlüssel, welche den Forschungsarbeiten von OLTJEN & BECKETT (1996) und WILKINSON (2011) als Grundlage dienten. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Ergebnisse der Verwertungseffizienz von WILKINSON (2011) durch Bildung des Kehrwerts auf den selben Nenner gebracht, wie jene von OLTJEN & BECKETT (1996).

Tabelle 2: Gegenüberstellung der Rationen von OLTJEN & BECKETT (1996) und WILKINSON (2011)

Publikation		Futtermittel	Anteil an Ration (%)	Essbare Fraktion (% d. TM)	Output (kg Milch/Laktation)	Ertrag essbare Energie (%)	Ertrag essbares Protein (%)
WILKINSON (2011)[1]		Weide	31	0	6.500	213	141
		Grassilage/Heu	44	0			
		Maissilage		0[2]			
		Getreide	5	80[3] (65-98)			
		Getreide-Nebenprodukte	3,75	20			
		Sojaextraktionsschrot	1,75	80			
		Rapsextraktionsschrot	8,75	20			
		Andere Ölsaatschrote	1,25	20			
		Andere Nebenprodukte	4,25	20			
		Mineralstoffmischung + Vitamine	0,25	0			
BALDWIN[4] et al. (1992), OLTJEN & BECKETT (1996)	"Nebenprodukt-ration"	Luzerneheu	33,80	0	8.601	128	275
		Maissilage	35,20	45			
		Gerste	9,30	100			
		Baumwollsaat	9,30	0			
		Weizenkleie	7,70	0			
		Baumwollsaatschrot	4,40	0			
		Mineralstoffmischung etc.	0,30	0			
	"Kalifornische Ration"	Luzerneheu	30	0		57	96
		Maissilage	20	45			
		Körnermais	37	100			
		Sojaextraktionsschrot	10	100[5] | 60			
		Mineralstoffmischung etc.	3	0			

[1] 308 Tage Laktation, 56 Tage Trockenstehphase, 182 Tage Kalbin (25 % Kalbin/Laktation), 190 Tage Stallhaltung, 175 Tage Weidehaltung
[2] Als nicht essbar eingestuft, da eine andere Sorte angebaut werden müsste
[3] Die Gesamtmenge an Brotgetreide, die am Ende als Mehl zum Verkauf stehen kann hängt vom Anteil an Weißmehl<Halbweißmehl<Ruchmehl<Vollkornmehl ab
[4] 305 Tage Laktation, 60 Tage Trockenstehphase, 255 Tage Kalbin (35 % Kalbin/Laktation), ganzjährige Stallhaltung, Schlachtkuh berücksichtigt (983 MJ DE)
[5] getrennte Essbarkeit nach Energie (100) und Protein (60), begründet durch Prozessertrag

2.4. Lebensmittel und Futtermittel im gesetzlichen Kontext

Dieser Abschnitt soll einen Überblick über die gesetzliche Definition von Lebens- und Futtermitteln, sowie über gesetzlich festgelegte Qualitätsvoraussetzungen von Futtermitteln und Lebensmitteln schaffen. Dabei soll geklärt werden, wann beispielsweise ein nicht den qualitativen Anforderungen entsprechendes Lebensmittel als Futtermittel verwendet werden kann, bzw. wann dies aufgrund der Überschreitung von Höchstwerten nicht möglich ist.

Die allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit werden auf EU-Ebene von der Verordnung (EG) 178/2002 geregelt (EUROPÄISCHES PARLAMENT UND EUROPÄISCHER RAT, 2002). Darüber hinaus werden in dieser Verordnung auch die Anforderungen an Futtermittel, welche für Tiere, die der Lebensmittelgewinnung dienen, definiert. In der Begründung der Verordnung heißt es folgendermaßen:
„Um Lebensmittelsicherheit gewährleisten zu können, müssen alle Aspekte der Lebensmittelherstellungskette als Kontinuum betrachtet werden, und zwar von — einschließlich — der Primärproduktion und der Futtermittelproduktion bis hin — einschließlich — zum Verkauf bzw. zur Abgabe der Lebensmittel an den Verbraucher, da jedes Glied dieser Kette eine potenzielle Auswirkung auf die Lebensmittelsicherheit haben kann.“

Der Begriff Futtermittel wird von der Verordnung (EG) 178/2002 folgendermaßen definiert:
„Futtermittel sind Stoffe oder Erzeugnisse, auch Zusatzstoffe, verarbeitet, teilweise verarbeitet oder unverarbeitet, die zur oralen Tierfütterung bestimmt sind.“

Die Herstellung, Verarbeitung und der Transport von Futtermitteln werden ebenfalls berücksichtigt, da eine eventuelle Kontamination von Futtermitteln

eine mittelbare und unmittelbare Auswirkung auf die Lebensmittelsicherheit haben kann.
Bezüglich der Mykotoxinbelastung des Getreides sind die Höchstwerte für Futtermittel geringfügig höher angesetzt als für Lebensmittel. Getreideprodukte für die Humanernährung dürfen beispielsweise einen Höchstgehalt von 2 Mikrogramm Aflatoxin B1 je kg nicht überschreiten, während Ergänzungsfuttermittel einen Höchstgehalt von 5 Mikrogramm je kg aufweisen dürfen. Bis auf das Aflatoxin B1 gibt es für den Futtermittelbereich in Bezug auf Mykotoxine keine Höchstwerte sondern lediglich Richtwerte. Die Richtwerte für Zearalenon, Deoxynivalenol und Ochratoxin A gestalten sich von der Größenordnung her jedoch ähnlich wie bei Aflatoxin B1 und liegen meist um ca. eine Zehnerpotenz höher als die Höchstwerte von für die Humanernährung bestimmtem Getreide (AGES 2010; CHELI et al. 2013)

Die allgemeinen Bestimmungen für die Futtermittelhygiene werden auf EU-Ebene von der Verordnung (EG) 183/2005 geregelt (EUROPÄISCHES PARLAMENT UND EUROPÄISCHER RAT, 2005). Demnach muss der Futtermittelunternehmer dafür Sorge tragen, dass von dem Futtermittel keine Gefahr für Mensch und Tier ausgeht. Der Futtermittelproduzent muss ein Verfahren einrichten und durchführen, welches auf den HACCP-Grundsätzen (Hazard Analysis and Critical Control Points) beruht.

2.5. Übersicht über die Verarbeitung von Lebensmitteln pflanzlichen Ursprungs

In diesem Abschnitt soll eine Übersicht über die typischen Herstellungsweisen von Erzeugnissen für die Humanernährung aus Getreide, Körnerleguminosen und Ölsaaten gegeben werden. Es wird bewusst jeweils nur kurz auf typische Prozesse eingegangen, um den Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht zu sprengen. Die Beschreibung der Prozesse zielt dabei bewusst auf quantitative Merkmale ab und dient als Grundstein für die Abschätzung von potenziell essbaren Anteilen.

2.5.1. Getreide und Mais

Moderne Weizen- und Roggenmühlen setzen sich aus mehreren sogenannten Walzenstühlen zusammen. Das gereinigte Getreidekorn durchläuft demnach mehrere Passagen, also mehrere Walzenstühle. Zunächst werden die Körner aufgebrochen um die Schale vom Mehlkörper zu trennen. Danach durchlaufen die Körner mehrere Mahlvorgänge, bei denen verschieden große Kornteile entstehen. Diese werden nachfolgend jeweils nach ihrer Größe im sogenannten Plansichter sortiert. Das bereits angefallene Mehl wird herausgesiebt und der restliche Kornanteil läuft zur nächsten Walze. Dieser Prozess wiederholt sich einige Male, bis am Ende nur mehr die Kleie übrig bleibt. Diese soll möglichst wenig Mehl enthalten. Der Ausmahlungsgrad liegt je nach Mehltype zwischen 60 % und 80 %. Vollkornmehl beinhaltet das gesamte gereinigte Getreidekorn, also auch die Schale (JONES, 1958).
Nach ZWINGELBERG (2004) fallen bei einer Mehlausbeute von 78 bis 80 % ca. 1 bis 2 % Nachmehl, ca. 4 % Futtermehl, ca 4 % Grießkleie und ca. 10 bis 12 % grobe Kleie an. Meist werden diese Anteile nicht getrennt gewonnen, sondern mit der Kleie vermischt.

Aus Gerste werden in der Lebensmittelindustrie Graupen gewonnen. Dabei werden grobe und feine Graupen unterschieden. Nach WÖHLBIER & KLING (1983) können aus Gerste entweder 65 % grobe Graupen oder 40 % feine Graupen gewonnen werden. Zusätzlich dazu wurde in der Kriegs- und Nachkriegszeit die Gerste auf Mehlmühlen für Roggen oder Weizen direkt zu Mehl für die Brotbereitung verarbeitet. Nach dem Schälen der Gerste auf den in den Mühlen üblichen Schälmaschinen war eine Gesamtausbeute von 80 – 83 % Mehl vorgeschrieben.

Aus Mais werden in der Mühle Grieße von grober bis feiner Körnung hergestellt, wobei auch etwas Mehl anfällt. Die Grieße sind meist Ausgangsprodukte für bestimmte Speisen (Polenta) und Nahrungsmittel (Flocken, Snacks) oder werden in anderen Industriezweigen (Brauerei, Brennerei) weiterverarbeitet, können aber auch zu Mehl aufgelöst werden. Der Schalenanteil des Maiskornes bewegt sich zwischen 4 und 8 %. Darüber

hinaus findet Mais auch in der Stärkeindustrie Verwendung. Mit 84 – 85 % TM enthält er in der Trockensubstanz 71 bis 72 % Stärke, 4 bis 4,5 % Öl und 8,5 bis 9,5 % Rohprotein, der Rest besteht aus Zellulose und Pentosanen (zusammen 10 %), Mineralstoffen (2 %) und N-freien Extraktstoffen (2 bis 3 %). Die geschlossene Prozessführung ergibt bei 99 bis 99,5 % Gesamtausbeute 66 % Stärke und 33 % Nebenerzeugnisse (11,5 % Fasern, 6,5 % Quellwasser, 5 % Kleber, 4 % entölte Keime, 3 % Öl, 3 % Maisbruch). Die Ausbeute an Stärke beträgt 90 bis 93 %, der Rest findet sich in den Schalen (Stärkegehalt 20 bis 25 %) und im Kleber wieder (STOLP, 2004).

2.5.2. Sojabohne

Der Sojaextraktionsschrot als Teil der Sojabohne gilt weltweit als die meistgenutzte Proteinquelle in der Tierernährung. Der Grund dafür liegt neben dem hohen Gehalt an Eiweiß (40 % bis 49 %) an dessen hoher Verdaulichkeit. Für Monogastriden spielt auch die günstige Zusammensetzung der Aminosäuren eine große Rolle. Das Profil der Aminosäuren trifft den Bedarf von Schweinen und Geflügel wie kein anderes Futtermittel (CROMWELL, 2012).

Vor der Verwendung als Futtermittel wird jedoch zumeist das Öl von der Pflanze getrennt. Dies geschieht entweder durch Pressen oder chemische Extraktion. Das Öl wird in der Humanernährung als Speiseöl verwendet.

Darüber hinaus gibt es eine Reihe weiterer Lebensmittel, die aus der Sojabohne gewonnen werden. Sie dienen als teilweiser oder kompletter Ersatz von tierischem Protein, beispielsweise bei veganer Ernährungsweise (LIN et al., 2000).

Noch vor 50 Jahren war die treibende Kraft des Sojaanbaus die Speiseölherstellung. Heute hingegen hat die Nachfrage nach Tierfutter diese Funktion längst übernommen. Die Nachfrage nach Sojaextraktionsschrot in der Tierernährung stieg zwischen 1961 und 2001 von ca. 18 Millionen Tonnen auf 120 Millionen Tonnen (FAO, 2006).

In der Humanernährung dienen entfettete Sojaflocken als Ausgangsmaterial für die Herstellung fast aller proteinreichen Sojaprodukte. Nach erfolgter Konditionierung werden die Bohnen sogenannten Riffelwalzen zugeführt, wo sie auf ca. 3 mm Partikelgröße zerkleinert werden. Während dieses Prozesses lösen sich zugleich die Schalen der Sojabohnen, sie machen etwa 7 % der Bohnen aus.
Die Trennung des Öls von der Proteinfraktion lässt sich nur aus dünnen Sojaflocken vornehmen, darum werden die Partikel einer Flockierwalze zugeführt, welche sie bis auf 0,25 mm zerkleinert. Bei dieser Flockenstärke ergeben sich in der anschließenden Extraktion, die mit einem lipophilen Kohlenwasserstoff vorgenommen wird, Restölgehalte von 0,5 bis 1,0 % in den entfetteten Flocken. Anschließend werden die Flocken erwärmt, wodurch sich das Lösungsmittel verflüchtigt. Gleichzeitig dient dieser Erhitzungsprozess der Inaktivierung natürlicher unerwünschter Stoffe, wie beispielsweise der Trypsininhibitoren und des Urease-Enzyms (ZIEGLITZ, 2004).

Nachfolgend sollen einige von der Sojabohne gewonnene Lebensmittel kurz beschrieben werden.

2.5.3. Sojamilch und Tofu

Sojamilch ist eine wässrige Lösung, die aus der ganzen Sojabohne gewonnen wird. Dabei wird die Bohne in Wasser gequollen und nachfolgend püriert. Anschließend wird die flüssige Phase abgepresst. Um antinutritive Substanzen abzubauen, muss die Milch vor dem Verzehr gekocht werden. Die Sojamilch dient als Basis für die Herstellung verschiedenster Produkte, wie Tofu, Yuba, Sojayoghurt, Soja-Eis, Soja-Käse und fermentierter Sojamilch (SHURTLEFF & AOYAGI, 2013). Nach ZIEGLITZ (2004) gehen während des Pressvorganges 65 % der TM in die Feststoffe und 78 % des Proteins in die Sojamilch über. Die Feststoffe werden in Asien als „Okara“ bezeichnet und können als Lebensmittel oder als Futtermittel dienen. Bei der Extraktion von Sojamilch aus der Sojabohne werden die Bohnen mit Wasser im Verhältnis 1 : 5 bis 1 : 20 gemischt. Der Wasserzusatz orientiert sich dabei am zu

erreichenden Proteingehalt der Sojamilch. Biespielsweise ergibt sich bei einem Verhältnis von 1 : 5 ein Proteingehalt von 4 %, während eine kuhmilchähnliche Sojamilch mit 3,5 % Eiweiß ein Mischungsverhältnis von 1 : 7 verlangt. Sojadrinks werden hingegen mit einem Mischungsverhältnis von 1 : 20 hergestellt und der Proteingehalt liegt bei 1 % (BERK, 1992).

2.5.4. Sojakonzentrat und Sojaisolat

Sojakonzentrate und -isolate werden aus Sojamehl produziert, welches bei der Ölproduktion als Nebenprodukt anfällt. Auch in der Lebensmittelindustrie wird Hexan als Lösungsmittel für die Gewinnung des Sojaöls verwendet.
Nach ZIEGLITZ (2004) werden die entfetteten Sojaflocken bei der Herstellung von Sojakonzentrat mit einem Lösungsmittel (Alkohol, Säuren, Wasser) behandelt. Ein Teil der Kohlenhydrate, Farbstoffe, Geschmackskomponenten und ein geringer Teil der Proteine gehen dann in Lösung. Nach einer Trocknung hat das Sojakonzentrat einen Proteingehalt von 65 %. Man bezeichnet diesen Auswaschungsprozess auch als Entzuckerung. Während des Vorganges gehen etwa 30 bis 40 % der Substanz der entfetteten Sojaflocken in Lösung, wobei etwa 90 bis 95 % des Ausgangsproteins wiedergewonnen werden. 60 bis 70 % der Substanz der entfetteten Sojaflocken bleiben also im Konzentrat enthalten, die restlichen 30 bis 40 % sind Tierfutter.
Das Sojaisolat unterscheidet sich vom Sojakonzentrat dadurch, dass bei der Herstellung von Sojakonzentrat hauptsächlich der Zucker gelöst wird, während bei der Produktion von Sojaisolat auch die Faseranteile gelöst werden (ALDEN, 1975). Nach ZIEGLITZ (2004) werden bei der Herstellung von Sojaisolat entfettete Sojaflocken mit einer schwachen Säure behandelt. 30 – 40 % des Gewichtes der entfetteten Sojaflocken werden dabei gewonnen. Die Proteinausbeute liegt bei 50 % und der Rohproteingehalt des Fertigprodukts bei 95 %. Die anfallende Molke wird nach einer Trocknung als Futtermittel verwendet.
Isolate und Konzentrate aus Sojamehl werden zum Teil in der Fleischindustrie als Zusatz zu faschiertem Fleisch gegeben. Dabei kann der

Anteil bis zu 30 % erreichen, ohne die Qualität negativ zu beeinflussen. Zusätzlich dient texturiertes Sojaisolat in der vegetarischen und veganen Ernährung als Fleischersatz (BERK, 1992).

2.5.5. Rapsprotein in der Humanernährung

Eine Studie am Institut National Agronomique Paris-Grignon (BOS et al., 2007) beschäftigte sich mit dem Einsatz von Rapsprotein in der Humanernährung. Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein biologischer Wert des Rapsproteins von 84 % errechnet. BOS et al. (2007) schlussfolgerten, dass zwar die ileale, wahre Verdaulichkeit des Proteins mit 84 % relativ niedrig liegt, der biologische Wert jedoch hoch ist. KRAUSE et al. (2007) stellten der Verwendung von Protein-Isolaten und -Konzentraten eine zunehmende Bedeutung in Aussicht, da durch den Isolations- bzw. Konzentrationsprozess antinutritive Substanzen ausgeschaltet werden können. Die Autoren nennen als mögliche Einsatzbereiche von Rapsprotein-Konzentraten und -Isolaten folgende Lebensmittelerzeugnisse:

Fleisch und Wursterzeugnisse
Backwaren
Speiseerzeugnisse
Desserts, Dressings
Getränke

KRAUSE et al. (2007) schlussfolgern, dass es sich bei den Rapsproteinen aus der Sicht der Ernährungsphysiologie, verglichen mit anderen Pflanzenproteinen, um hochwertige Proteine handelt, deren Wertigkeit allerdings nicht die von tierischen Proteinen erreicht. Aus der Sicht der Technologie zur Gewinnung von Rapsprotein unterstreichen die Autoren, dass diese im Vergleich zur Gewinnung von Sojaprotein etwas aufwendiger ist, da der Anteil an schwerer fällbaren Albuminen im Raps höher ist.

KLOCKEMANN et al. (1997) setzten sich ebenfalls mit der Gewinnung des Proteins aus Raps für die Humanernährung auseinander. Als Ausgangsmaterial für ihre Versuche verwendeten sie gewöhnlichen Raps-Extraktionsschrot mit einem Rohproteingehalt von 32 % der Trockenmasse.

Dabei konnten bis zu 87,5 % des Proteins gewonnen werden. Die Autoren weisen jedoch auf die Variabilität des Proteinertrages hin, welche durch die eingesetzte Technologie maßgeblich beeinflusst wird. In ähnlichen Versuchen wurde die Proteinausbeute mit 33 – 65 % beziffert (GILLBERG & TORNELL 1976, ROHANI & CHEN 1993).

2.5.6. Sonnenblumenmehl

Das Protein aus Sonnenblumenmehl ist neben der Nutzung des Sonnenblumenöls nach PEREZ & VEREIJKEN (2007) interessant für die Humanernährung, da Sonnenblumenkerne geringe Anteile an antinutritiven Stoffen enthalten. SOSULSKI (1979) ermittelte, ausgehend von einem Sonnenblumenmehl mit 53 % Protein, im Sonnenblumenkonzentrat und im Sonnenblumenisolat 69 und 88 % Eiweiß. Bei der Produktion von Sonnenblumenkonzentraten und -isolaten sind je nach angewendeter Methode Proteinausbeuten zwischen 14 und 46 % bzw. 32 bis 37 % erzielbar (SALGADO, et al. 2011a, SALGADO et al. 2011b).

2.5.7. Erbsen

BOYE et al. (2010) sprechen den Hülsenfrüchten eine hohe Bedeutung als Proteinquelle in der Humanernährung zu. Neben Bohnen, Kichererbsen, Linsen finden auch Erbsen Anwendung. Die Autoren zeigen diverse technologische Verfahren auf, um das Protein aus den Hülsenfrüchten zu isolieren. Für die Erbse schlossen BOYE et al. (2010) auf eine Proteinausbeute von ca. 70 %.

Auch PELGROM et al. (2013) berichten von Erbsen-Protein-Isolaten, die als Zusatzstoffe verwendet werden, um die Qualität und Textur von Nahrungsmitteln zu verbessern. Die Proteinausbeute wird ebenso mit ca. 70 % beziffert. In einem Trockenmahlverfahren und anschließender Windsichtung kann die Erbse in zwei Mehlfraktionen aufgeteilt werden. Diese enthalten jeweils größtenteils das Eiweiß und die Stärke.

Erbsen rücken aufgrund ihrer Stärkezusammensetzung neben den klassischen Stärkelieferanten Mais, Weizen und Kartoffeln vermehrt in das Interesse der Industrie (BENECKE et al., 2010).

HOOVER et al. (2010) berichten über durchschnittliche Stärkeausbeuten zwischen 35 und 40 % bei der Anwendung verschiedener technologischer Verfahren zur Stärkegewinnung aus Erbsen.

Darüber hinaus werden Erbsen als entschältes ganzes Korn verzehrt.

3. Material und Methoden

3.1. Datengrundlage

Die Daten, auf welche sich die vorliegende Masterarbeit stützt, wurden von HÖRTENHUBER et al. (2013) zur Verfügung gestellt. Sie stammen aus dem vom BMLFUW geförderten Projekt (Nr. 100783) *„Integrative Bewertung von Merkmalen der ökologischen, ökonomischen und sozial-ethischen Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Produktionssysteme am Beispiel von Milchproduktionssystemen“*. Wenn in den folgenden Zeilen die Bezeichnungen „Projekt“ oder „Projekt Nachhaltige Milch“ gebraucht werden, bezieht sich das auf das obengenannte Projekt.
Aufbauend auf der A-Milchquote und der BHK-Gruppe wurden die Betriebe im Projekt sechs verschiedenen Produktionssystemen zugeordnet. Abbildung 3 zeigt die Einstufung.

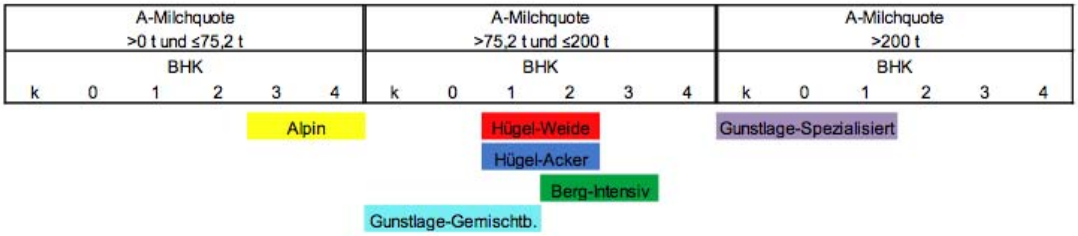

Abbildung 3: Definition der untersuchten Produktionssysteme nach A-Milchquote und BHK-Gruppe (HÖRTENHUBER et al., 2013).

Die Auswahl der Projektbetriebe wurde entsprechend der österreichischen Verteilung von ca. 80 % konventionell und 20 % biologisch wirtschaftenden Milchviehbetrieben getroffen. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Betriebe so gruppiert wurden, dass sich die Produktionssysteme möglichst stark voneinander unterscheiden und die Betriebe innerhalb jeder Gruppe in einem praxisüblichen Maße variieren, jedoch aber nicht zu heterogen sind. Die Datenerhebung wurde zwischen Februar und April 2012 getätigt. Insgesamt nahmen am Projekt 31 Betriebe teil, wovon 24 konventionell und 7 biologisch wirtschafteten. Tabelle 3 stellt einen Überblick über die Projektbetriebe dar.

Tabelle 3: Charakterisierung der Betriebe aus dem Projekt „Nachhaltige Milch“(HÖRTENHUBER et al., 2013).

Gruppe	Wirtschafts-weise		A-Milchquote			BHK-Punkte			Kuhzahl			Haltungssystem Milchkühe		AK-Milch	
	KON	BIO	von	bis	Mittel	von	bis	Mittel	von	bis	Mittel	Laufstall	Anbinde	ja	nein
Alpin	3	2	16 t	103 t	54 t	168	355	279	4	15	9	1	4	1	4
Hügel-Weide	2	3	75 t	154 t	101 t	80	196	134	18	30	20	4	1	3	2
Hügel-Acker	4	1	119 t	243 t	167 t	108	143	118	24	35	32	5	0	3	2
Berg-Intensiv	4	1	81 t	256 t	184 t	93	200	131	15	38	27	5	0	4	1
Gunstlage-Gemischtbetr.	5	0	65 t	229 t	159 t	0	0	0	10	42	27	3	2	1	4
Gunstlage-Spezialisiert	6	0	208 t	428 t	304 t	0	55	9	22	75	50	5	1	3	3

Die Daten sind für diese Masterarbeit insofern geeignet, da in der Auswahl für das Projekt Nachhaltige Milch darauf geachtet wurde, ein möglichst realitätsnahes Bild der österreichischen Milchwirtschaft darzustellen. Dadurch lassen sich Vergleiche zwischen den einzelnen Produktionssystemen anstellen.

Von den im Rahmen des Projektes aufgenommenen Daten zu den Betrieben sind folgende für die vorliegende Arbeit von Relevanz:

- Kuhzahl
- Milchleistung (verkaufte Milch)
- Zusammensetzung der Kraftfutterrationen
- Kraftfutteraufwand je kg ECM (inkl. Nachzucht und Koppelprodukt Fleisch)
- Maissilageaufwand je kg ECM
- Beanspruchte Ackerfläche je Tonne ECM
- Beanspruchte Grünlandfläche je Tonne ECM
- Tier-Zu und –Verkäufe

Zur Milchleistung ist anzumerken, dass bewusst die verkaufte Milch als Berechnungsgrundlage gewählt wurde, da die marktfähige Milch auch die Tränkemilch für Kälber beinhalten kann und diese Milchmenge dann in der Berechnung doppelt berücksichtigt würde.

Der Kraftfutteraufwand wurde nicht um die Anteile bereinigt, welche an die Nachzucht verfüttert wurden bzw. dem Koppelprodukt Fleisch zugeordnet wurden, um möglichst die gesamte Realität der Projektbetriebe abzubilden.

Der Kraftfutteranteil, welcher dem Koppelprodukt Fleisch zugeordnet wurde, wurde beispielsweise zur Mast einer Altkuh oder zu ähnlichen Zwecken, welche nicht unmittelbar der Milchproduktion zugeordnet werden konnten, verwendet.
Ein Betrieb (AL-12-Bio) musste von vornherein aus den Auswertungen ausgeschlossen werden, da dieser durch die hohen Tierverkäufe die Berechnungen verfälscht hätte.

3.2. Festlegung der essbaren Fraktion von einzelnen Futtermitteln

In diesem Abschnitt wird für jede Kraftfutterkomponente, welche auf den 31 Praxisbetrieben verwendet wurde, unter Berücksichtigung typischer Verarbeitungstechnologien und Ausbeutebilanzen, ein Erwartungsbereich für die (potenziell) essbare Fraktion ausgearbeitet. Dieser Erwartungsbereich wird durch einen Minimalwert, einen mittleren Wert und einen Höchstwert abgebildet, welche sich aus unterschiedlichen quantitativen und qualitativen Überlegungen ergeben. Diese fußen hauptsächlich auf den beschriebenen Verfahren in Kapitel 2.5. In manchen Fällen stellt der Maximalwert einen zu erwartenden Wert in Notzeiten dar.

3.2.1. Weizen und Roggen

Wie in Abschnitt 2.5.1 bereits erwähnt, liegt die Schwankungsbreite der Mehlausbeute je nach Feinheit des Mehles zwischen 60 und 100 %. Darum werden folgende Anteile für die essbare Fraktion vorgeschlagen:

Minimalwert	60 %
Mittlerer Wert	80 %
Maximaler Wert	100 %

3.2.2. Weizenkleie

Aufgrund ihres hohen Rohfaseranteils kann die Weizenkleie nicht als vollwertiges Lebensmittel angesehen werden, sondern allenfalls als Ballaststofflieferant. Für die Berechnung wird die essbare Fraktion mit minimal 0 % und maximal 20 % nach WILKINSON (2011) veranschlagt. 10 % wird als mittlerer Wert gewählt.

Minimalwert	0 %
Mittlerer Wert	10 %
Maximaler Wert	20 %

3.2.3. Gerste

Wie in Absatz 2.5.1 dargelegt, liegt der essbare Anteil an Gerste je nach dem erzeugten Endprodukt zwischen 40 und 80 %. Somit werden folgende Faktoren in die Berechnung aufgenommen:

Minimaler Wert	40 %
Mittlerer Wert	65 %
Maximaler Wert	80 %

3.2.4. Körnermais

Maiskörner werden, wie im Absatz 2.5.1 beschrieben, zu Stärke oder Maisgrieß verarbeitet. Bei einem Stärkegehalt von 71 bis 72 % des Maiskornes und einer Ausbeute von 93 % fallen also aus dem geschlossenen Prozes 66 % Stärke an. Berücksichtigt man den Fettgehalt (3%) und das im Kleber enthaltene Protein, so dürfte eine essbare Fraktion von 70 % angemessen sein.
Bei der Produktion von Maisgrieß ist mit einer Ausbeute von 90 % zu rechnen. Ein mittlerer Wert der essbaren Fraktion wird bei 80 % angesetzt.

Minimaler Wert	70 %

Mittlerer Wert	80 %
Maximaler Wert	90 %

3.2.5. Maissilage

OLTJEN & BECKETT (1996) bzw. BALDWIN et al. (1992) haben in ihren Arbeiten bereits abgewogen, wie die essbare Fraktion der Maissilage zu bewerten sein könnte. Dabei schlugen die Autoren abhängig vom Reifestadium der Pflanze zwei Werte vor, 16 % der Trockenmasse zum Zeitpunkt der Silierung oder 45 % der TM bei der Ernte von Körnermais. WILKINSON (2011) bewertete die Maissilage als nicht essbar, mit der Begründung, dass Maissorten, die für die Silage-Erzeugung bestimmt sind, nicht als Lebensmittel gelten.

KLOPFENSTEIN et al. (2012) berichten, dass der Körneranteil von typischen Maishybriden in den USA zum Zeitpunkt der Silierung 50 % der TM beträgt. Der TM-Gehalt der Ganzpflanze zu diesem Zeitpunkt beläuft sich auf 25 bis 30 % und lässt sich in etwa in das Stadium „Teigreife“ einordnen (DLG, 1997). MILLNER et al. (2005) ermittelten in einem Anbauversuch verschiedener Silomais-Hybriden in Neuseeland Körneranteile zwischen 41 und 52 %. Der Trockenmassegehalt der Ganzpflanze variierte dabei zwischen 33 und 38 %.

SPIEKERS & RUTZMOSER (2013) schätzen den Körneranteil der geernteten TM bei Kolbenanteilen von 45 bis 65 % auf 39 bis 57 %.

Nach GROß & PESCHKE (1980) bleibt der Nährstoffgehalt des Maiskolbens ab einem TM-Gehalt von 30 % der Gesamtpflanze konstant; eine Erhöhung der Närstoffkonzentration wird ab diesem Zeitpunkt lediglich durch den steigenden Kolbenanteil bewirkt.

Schlussendlich lässt sich der Körneranteil jedoch auch durch die Häckselhöhe stark beeinflussen (KAUL, 2014).

Ausgehend von der Annahme, dass in Österreich nicht überall optimale Bedingungen für den Maisanbau vorzufinden sind, und dass die Häckselhöhe konstant ist, ist anzunehmen, dass der Körneranteil in Maissilagen, die gegen Ende der Teigreife geerntet werden, bei ca. 40 % liegt.

Für die Berechnung werden drei Werte angenommen, welche verschiedene Erntezeitpunkte widerspiegeln sollen.
Für den Minimalwert wird davon ausgegangen, dass die Silierung in der Milchreife vonstatten geht. In diesem Reifestadium ist mit einem Stärkegehalt der Silage von 12 % zu rechnen (DLG, 1997). Wird davon ausgegangen, dass die Stärke sich hauptsächlich im Korn befindet und in der Restpflanze vernachlässigbar ist, so hat das Korn, bei einem Kornanteil von etwa 25 % (Kolbenanteil ca. 30 %), einen Stärkegehalt von etwa 48 %. Ausgehend davon, dass 93 % der Stärke für die Stärkeherstellung gewonnen werden können, sind dies 11 % der Silage. Unter Berücksichtigung eines Aufschlages von 3 % für das Öl und einen Teil des Klebers wird ein essbarer Anteil von 14 % angenommen.

Für die Abschätzung des mittleren Wertes wird von einer Silage mittlerer Qualität zum Zeitpunkt der Teigreife ausgegangen.
Bei einem Stärkegehalt von 27,7 % der TM (45 – 55 % Kolbenanteil) (DLG, 1997) und einem Körnergehalt von 45 % wird erneut angenommen, dass die gesamte Stärke im Maiskorn enthalten ist. Somit bestehen knapp 62 % des Maiskornes aus Stärke. Dieser Faktor ist im Vergleich zu Körnermais etwas niedriger (siehe Punkt 3.2.4) und berücksichtigt die eventuell noch nicht abgeschlossene Stärkeeinlagerung im Maiskorn. Wie bei Körnermais kann mit einer Stärkeausbeute von 93 % gerechnet werden. Dies ergibt 26 %, zusätzlich wird noch für den Ölanteil und für den Maiskleber ein Aufschlag von 3 % berechnet. Daraus folgt also eine essbare Fraktion der Maissilage von 29 %.

Als Maximalwert werden 45 % der Maissilage vorgeschlagen. Dies entspricht dem von BALDWIN et al. (1992) ermittelten Wert für einen Maisbestand, welcher aufgrund klimatischer Bedingungen zur vollen Abreife gebracht werden könnte.

Minimaler Wert	14 %
Mittlerer Wert	29 %
Maximaler Wert	45 %

3.2.6. Sojabohne

In Abschnitt 2.5.2 wurden die diversen Verarbeitungsmöglichkeiten der Sojabohne dargestellt. Für die Ermittlung der potenziell essbaren Fraktion wurden drei typische Produkte hinsichtlich ihrer Essbarkeit analysiert. Bei der Herstellung von Sojamilch fallen prinzipiell nur die Schalen (ca. 7 %) der Sojabohne ab. Die Feststoffe können ebenfalls gegessen werden und werden als „Okara“ bezeichnet. Somit liegt der Höchstwert der essbaren Fraktion bei 93 %. Wird Sojaisolat oder Sojakonzentrat aus der Bohne hergestellt, so muss zunächst der Schalenanteil abgezogen werden. Wie bereits erwähnt, ergibt die entschälte Bohne 93 % der TM. Von diesen 93 % wird wiederum ein Ölanteil von 19 %-Punkten abgezogen. Als Sojamehl bleibt dann 74 % der Bohne übrig. Von diesen 74 % werden die realisierbaren Proteinausbeuten für Sojakonzentrat und Sojaisolat berechnet. Diese liegen bei ca. 92 % für das Sojakonzentrat und bei 50 % für das Sojaisolat.
Bei einem Rohproteingehalt von 40 % (DLG, 1997) sind somit 37 % und 20 % der Pflanze zuzüglich des Ölgehaltes, also in Summe 56 und 39 % als essbarer Anteil zu veranschlagen.

Minimaler Wert	39 % (Produktion von Sojaisolat)
Mittlerer Wert	56 % (Produktion von Sojakonzentrat)
Maximaler Wert	93 % (Produktion von Sojamilch)

3.2.7. Sojaextraktionsschrot

Im Prinzip ist die Vorgangsweise bei der Ermittlung des essbaren Anteils von Sojaextraktionsschrot dieselbe wie unter dem vorherigen Punkt für Sojaisolat und Sojakonzentrat erläutert wurde. Je nach der Herstellung von Sojaisolat oder Sojakonzentrat variiert die Proteinausbeute zwischen 50 und 92 %. Aus diesem Grund ergibt sich für den Sojaextraktionsschrot ein minimaler Wert von 20 % und ein Maximalwert von 39 %. Als mittlerer Wert wird der Durchschnittswert angenommen.

Minimaler Wert	20 %

Mittlerer Wert	30 %
Maximaler Wert	39 %

3.2.8. Sojakuchen

Nach WÖHLBIER & KLING (1983) enthält Sojakuchen in der Regel noch 7 % Rohfett. Es ist jedoch anzunehmen, dass der Restfettgehalt von Expeller-Kuchen, die aus der Herstellung von Sojaöl in kleinen dezentralen Strukturen herrühren, etwas höher liegt. Tatsächlich haben ZOLLITSCH et al. (1992) im Rahmen eines Fütterungsversuchs mit Schweinen in Österreich im Sojakuchen Restfettgehalte zwischen 7,6 und 9,7 % ermittelt. Dabei lagen die Rohproteingehalte bei 42 %. Da es sehr wahrscheinlich ist, dass die in den Rationen der einzelnen Betriebe eingesetzten Expeller aus solchen Strukturen stammen, wird der Restfettgehalt für die nachfolgenden Berechnungen mit 9 % angesetzt.
Geht man davon aus, dass nicht die vollen 9 % als Sojaöl gewonnen werden können, sondern nur 8 %, dann können von 92 kg entfettetem Sojakuchen (von 100 kg) 92 % des Proteingehaltes für die Herstellung von Sojakonzentrat und 50 % des Proteingehaltes für die Herstellung von Sojaisolat herangezogen werden. Zählt man zu diesen Ergebnissen jeweils die 8 kg Sojaöl wieder dazu, so ergibt sich bei einem Rohproteingehalt von 42 % folgende Situation. In 92 kg entfettetem Sojamehl befinden sich noch 42 kg Rohprotein. Berücksichtigt man die Proteinausbeuten von Sojakonzentrat (92 %) und Sojaisolat (50 %), so ergibt sich eine essbare Fraktion von 47 (39 + 8) und 29 (21 + 8) kg von 100 kg Sojakuchen bzw. 47 und 29 %. Als mittlerer Wert wird wiederum der Durchschnittswert festgesetzt.

Minimaler Wert	29 %
Mittlerer Wert	38 %
Maximaler Wert	47 %

3.2.9. Sonnenblumenextraktionsschrot

Wie unter Punkt 2.5.6 bereits erläutert wurde, liegt die Proteinausbeute von Sonnenblumenkonzentrat zwischen 14 und 46 %. Bei der Herstellung von Sonnenblumenisolat liegt diese zwischen 32 und 37 %. Aus diesen Ergebnissen lässt sich also ableiten, dass das Protein aus dem Sonnenblumenmehl bzw. Sonnenblumenextraktionsschrot innerhalb einer Spanne von 14 und 46 % gewonnen werden kann. Als mittlerer Wert wird ein Faktor von 30 % veranschlagt. Ausgehend von einem Rohproteingehalt von 38 % ergibt dies also folgende Werte:

Minimaler Wert	5 %
Mittlerer Wert	11 %
Maximaler Wert	17 %

3.2.10. Sonnenblumenkuchen

Für den Einsatz von Sonnenblumenkuchen in der Humanernährung wird die selbe Vorgangsweise wie für Sojakuchen unterstellt. Der Großteil des Restfettgehalts kann durch die chemische Extraktion gewonnen werden, dieser wird mit den Werten für Sonnenblumenextraktionsschrot umgerechnet. Da anzunehmen ist, dass Sonnenblumenkuchen zumeist aus ungeschälter Saat stammt, werden für die weitere Berechnung die Gehalte von Sonnenblumenextraktionsschrot aus nicht entschälter Saat angewendet. Der Restfettgehalt im Sonnenblumenkuchen beträgt ca. 10 %. Werden von 100 kg 9 % Öl abgezogen, so erhält man 91 kg Sonnenblumenextraktionsschrot aus nicht entschälter Saat mit 31 % Rohprotein (DLG, 1997). Auf den gesamten Kuchen umgelegt, ergibt dies einen Rohproteingehalt von 28 %. Darauf werden die selben Faktoren angewendet, wie sie unter Punkt 3.2.9 unterstellt wurden und der Ölanteil noch addiert. Demnach ergeben sich folgende Faktoren der essbaren Fraktion:

Minimaler Wert	13 %
Mittlerer Wert	17 %

Maximaler Wert	21 %

3.2.11. Rapsextraktionsschrot

Wie unter Punkt 2.5.5 erläutert wurde, schwankt der Proteinertrag bei der Gewinnung des Rapsproteins für die Humanernährung in einem Bereich zwischen 30 und 87 %. Bei einem Rohproteingehalt von 40 % bewegt sich demnach der essbare Anteil zwischen 12 und 34 %. Als mittlerer Wert wird der Mittelwert zwischen diesen beiden Faktoren herangezogen.

Minimaler Wert	12 %
Mittlerer Wert	23 %
Maximaler Wert	34 %

3.2.12. Rapskuchen

Auch in diesem Fall wird nach demselben Prinzip wie bei Sojakuchen und Sonnenblumenkuchen vorgegangen. Es wird wiederum unterstellt, dass aufgrund einfacher Presstechnik der Rohfettgehalt etwas höher liegt als bei industriellen Produktionsverfahren. Ein Restfettgehalt von 10 % scheint dafür angemessen zu sein. Nach der Futterwerttabelle für Wiederkäuer (DLG, 1997) hat der Rapsexpeller mit 10 % Restfettgehalt einen Rohproteingehalt von 37 %. Es wird angenommen, dass das Öl bis auf einen Restfettgehalt von 2 % gewonnen werden kann. 30, 59 und 87 % Proteinausbeute ergeben summiert mit den 8 % Ölgehalt also folgende Faktoren:

Minimaler Wert	19 %
Mittlerer Wert	30 %
Maximaler Wert	40 %

3.2.13. Erbsen

Neben der Nutzung als ganzes Korn werden auch Proteinkonzentrate und Stärke von der Erbse gewonnen (siehe Abschnitt 2.5.7). Das Protein lässt sich zu 70 % gewinnen, während die Stärkeausbeute zwischen 35 und 40 % liegt. Ausgehend von einem Rohproteingehalt von 25 % und einem Stärkegehalt von 48 % lässt sich daher eine Gesamtausbeute von 18 plus 19 %, also 37 % erreichen. Dabei wurde eine Stärkeausbeute von 38,5 % angenommen. Für die Berechnung des essbaren Anteils wird als minimaler Wert der kombinierte Wert zwischen Stärke- und Proteinausbeute vorgeschlagen. Als Höchstwert dient das gesamte Erbsenkorn abzüglich des Schalenanteils, also ca. 90 %. Als mittlerer Wert dient wiederum der Mittelwert zwischen den beiden Werten (64 %).

Minimaler Wert	37 %
Mittlerer Wert	64 %
Maximaler Wert	90 %

Tabelle 4 zeigt eine Übersicht über den solchermaßen errechneten Erwartungsbereich der Futtermittel, welche als lebensmitteltauglich eingestuft wurden.

Tabelle 4: Erwartungsbereich des essbaren Anteils von Futtermitteln (eigene Berechnungen)

Futtermittel	Min-Wert (%)	Mittl. Wert (%)	Max-Wert (%)
Weizen	60	80	100
Roggen	60	80	100
Weizenkleie	0	10	20
Gerste	40	65	80
Körnermais	70	80	90
Maissilage	14	29	45
Sojabohne	39	56	93
Sojaextraktionsschrot	20	30	39
Sojakuchen	29	38	47
Sonnenblumenextraktionsschrot	5	11	17
Sonnenblumenkuchen	13	17	21
Rapsextraktionsschrot	12	23	34
Rapskuchen	19	30	40
Erbsen	37	64	90

Folgenden Futtermitteln, die ebenfalls in den Rationen der Projektbetriebe zum Einsatz kamen, wird eine essbare Fraktion von 0 % zugewiesen:

- Trockenschnitzel
- Maiskleberfutter
- Trockenschlempe (DDGS)
- Biertreber
- Luzerne-Cobs
- Mineralstoffmischung
- Heu
- Grassilage

Für diese Futtermittel ist aus der aktuellen Forschung und Praxis nach bestem Wissen keine auch nur teilweise Nutzung als Lebensmittel bekannt. Sie erhalten deshalb den Status eines 100 %igen Futtermittels.

3.3. Festlegung der essbaren Fraktion der Lebendmasse von Schlachttieren und deren Protein- und Energiegehalt

Der Anteil an essbarem Fleisch an der Lebendmasse liegt nach DE VRIES & DE BOER (2010) für Mastrinder bei 43 %. Dieser Faktor berücksichtigt einerseits die Schlachtausbeute und andererseits die Diskrepanz zwischen dem Gewicht des Schlachtkörpers und dem effektiv essbaren Fleischanteil. Da es sich in einem Milchproduktionssystem nicht um Mastrinder handelt, sondern unter österreichischen Verhältnissen bestenfalls um Zweinutzungsrassen, muss dieser Wert etwas nach unten korrigiert werden. Die Tatsache, dass sich der Futtermittel-Input und Fleisch-Output an Fleisch für die Berechnungen der vorliegenden Arbeit sowohl auf Kühe, als auch Kalbinnen und Kälber bezieht, verlangt eine differenziertere Betrachtung des essbaren Anteils am Lebendgewicht.

Für Altkühe wurde in Österreich von der AMA (AGRARMARKT AUSTRIA, 2013) im elfjährigen Mittel eine Schlachtausbeute von 49 % ermittelt. Der essbare Fleischanteil am Schlachtkörper liegt bei ca. 71 % (MARSHALL 1994,

BAYERN-GENETIK 2013, VESTERGAARD et al. 2007). Somit liegt der essbare Fleischanteil am Lebendgewicht von Altkühen bei etwa 35 %. Dies deckt sich mit SCHLUMPF (2009), der ebenfalls von einem Fleischanteil von 35 % der Lebendmasse ausgeht.
Bei Kälbern und Kalbinnen liegt die Schlachtausbeute laut AGRARMARKT AUSTRIA (2013) bei 60 bzw. 53 %. Ausgehend von einem ähnlichen Fleischanteil am Schlachtkörper wie bei Kühen, ergibt sich hier ein essbarer Fleischanteil von 43 bzw. 38 % der Lebendmasse. Zusammenfassend liegt der essbare Fleischanteil an der Lebendmasse also in etwa zwischen 35 % bei der Altkuh und 43 % beim Kalb. Somit werden 38 % für die Berechnungen angenommen.

Der Proteingehalt von Rindfleisch wird auf 19 % festgelegt (DE VRIES & DE BOER, 2010). Der Bruttoenergie-Gehalt von Rindfleisch liegt bei 6,48 MJ je kg (BAUER et al., 2007).

3.4. Energie- und Proteingehalt der Milch

Die Rohmilch wurde im Projekt Nachhaltige Milch in eine standardisierte Rohmilch mit einem Fettgehalt von 4 % und einem Eiweißgehalt von 3,4 % umgerechnet (ECM). Somit wird für die Berechnungen der Lebensmittelbilanz der Eiweißgehalt von 3,4 % herangezogen. Die energiekorrigierte Milch hat einen Bruttoenergie-Gehalt von 3,17 MJ. Dieser Wert entspricht der Nettoenergie, welche für die Bereitstellung von einem Liter ECM bei der Rationsberechnung berücksichtigt werden muss (SCHWARZ, 2011).

3.5. Bilanzierung der Lebensmittelflüsse, Lebensmittel-Konversionseffizienz

Die Lebensmittelflüsse werden in Form einer Stalltorbilanz gegenübergestellt. Der Stall ist somit im übertragenen Sinne der Umschlagplatz der Lebensmittel. Diese kommen durch Zukäufe von Vieh und Futtermitteln mit Lebensmittelcharakter in den Stall und verlassen diesen wiederum in Form

von Milch und Fleisch von verkauften Tieren. Dabei werden auch zu Zuchtzwecken gekaufte und verkaufte Tiere in der Berechnung als potenzielle Lebensmittel in Form von Fleisch angesehen.
Die Bilanzierung erfolgt für zwei Merkmale: Einerseits wird die Proteinmenge und andererseits die Brutto-Energiemenge in Form von einerseits potenziell verzehrbaren Futtermitteln und andererseits von Milch und Fleisch betrachtet.
Die Menge an essbarem Protein von Futtermitteln bzw. Produkten ergibt sich aus der Multiplikation des essbaren Anteils mit dem Tabellenwert des Proteingehaltes und der anschließenden Multiplikation mit der absoluten Menge des Futtermittels bzw. des tierischen Produktes. Auf dem selben Wege wird die Energiemenge berechnet, indem der essbare Anteil mit dem Energiegehalt und der absoluten Menge des Futtermittels bzw. des tierischen Produktes multipliziert wird.
Für die Futtermittel stammt der Rohproteingehalt aus der Futterwerttabelle für Wiederkäuer (DLG, 1997), während die Brennwerte der Online-Enzyklopädie *Feedipedia* (INRA; CIRAD; AFZ; FAO, 2014) entnommen wurden.

Für die Charakterisierung von tierischen Produktionssystemen hinsichtlich eines im Produktionsprozess erzielten quantitativen Zuwachses oder Verlustes an Lebensmitteln (d.h. die Lebensmittelbilanz) wird der Indikator "Lebensmittel-Konversionseffizienz" (LKE) vorgeschlagen. Die Berechnung der LKE entspricht im Prinzip jener von BALDWIN et al. (1992) bzw. OLTJEN & BECKETT (1996) und lässt sich vereinfacht folgendermaßen darstellen (der Begriff "Lebensmittel" bezieht sich dabei auf verzehrbares Protein bzw. verzehrbare Brutto-Energie):

$$Lebensmittel - Konversionseffizienz\ (\%) = \frac{Output\ an\ Lebensmitteln}{Input\ an\ Lebensmitteln} * 100$$

Eine LKE unter 100 % ergibt demnach einen Verlust an Lebensmitteln, es wird also mehr potenziell essbares Protein bzw. mehr potenzielle Lebensmittelenergie eingesetzt, als produziert wird. Ein Wert von über 100 % bedeutet hingegen, dass in der Fütterung weniger potenziell essbares Protein bzw. potenzielle Lebensmittelenergie eingesetzt wird, als produziert wird.

3.6. Statistische Auswertung

Vorbereitend auf die statistischen Auswertungen wurden die Lebensmittel-Konversionseffizienzen für Protein und Energie betriebsindividuell in Microsoft Excel berechnet. Anschließend erfolgte die Datenauswertung mit dem Statistikprogramm SAS 9.2.

Zunächst wurden die Pearsonschen Korrelationen zwischen dem Indikator „beanspruchte Ackerfläche pro kg ECM“ aus dem Projekt Nachhaltige Milch und der LKE (für Energie bwz. Protein), sowie den folgenden mit der LKE in Zusammenhang stehenden Größen errechnet:

Milchleistung (Herdendurchschnittsleistung; kg ECM/305-Tage-Laktation)

Beanspruchte Grünlandfläche (ha/t ECM)

Kraftfutteraufwand (kg KF/kg ECM)

3.6.1. Verwendetes Merkmalsmodell

Um den Verlauf der LKE für Protein und Energie zu modellieren, wurde ein Regressionsmodell erstellt. Das Modell basiert auf einer nicht linearen Kausalbeziehung zwischen der abhängigen Variable LKE-Protein bzw. LKE-Energie und der unabhängigen Variable Kraftfutter. Als kategoriale Variable wurde das Produktionssystem hinzugefügt. Dabei wurden die Produktionssysteme "Alpin" und "Berg Intensiv" für die Berechnung aufgrund der ähnlichen Charakteristik zu einer Gruppe ALBI zusammengefasst. Aus dem selben Grund wurden auch die Produktionssysteme "Gunstlage gemischt" und "Gunstlage spezialisiert" zur Gruppe GGGS zusammengefasst. Das Modell lautet wie folgt:

$$Y_{ij} = \mu + PS_i + \beta_1 KF + \beta_2 KF^2 + \beta_3 KF^3 + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} die abhängige Variablen: LKE-Protein, LKE-Energie

μ gemeinsame Konstante für alle Beobachtungswerte

PS_i Fixer Effekt des Produktionssystems (ALBI, GGGS, HA, HW)

β_1 linearer Regressionskoeffizient der LKE auf den Kraftfutteraufwand

KF Kraftfutteraufwand (kg KF/kg ECM)

β_2 quadratischer Regressionskoeffizient der LKE auf den Kraftfutteraufwand

β_3 kubischer Regressionskoeffizient der LKE auf den Kraftfutteraufwand

ε_{ij} Zufallsbedingte Abweichung

Um den Zusammenhang zwischen beanspruchter Ackerfläche bzw. beanspruchter Grünlandfläche und LKE darzustellen, wurde ein weiteres Regressionsmodell erstellt:

$$Y_i = \mu + \beta_1 \mathrm{A} + \varepsilon_i$$

Y_{ij} die abhängigen Variablen: LKE-Protein bzw. LKE-Energie

μ gemeinsame Konstante für alle Beobachtungswerte

β_1 linearer Regressionskoeffizient der LKE auf die beanspruchte Ackerfläche bzw. Grünlandfläche

A beanspruchte Ackerfläche in ha pro Tonne ECM, bzw. beanspruchte Grünlandfläche in ha pro Tonne ECM

ε_i Zufallsbedingte Abweichung

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1. Ermittlung des essbaren Anteils von Futtermittelkomponenten

Die essbaren Fraktionen der einzelnen Futtermittelkomponenten wurden anhand von Literaturdaten erarbeitet (siehe Abschnitte 2.5 und 3.2). Dabei wurden typische Verarbeitungsprozesse von Lebensmitteln quantitativ nachvollzogen und dadurch eine Spanne ermittelt, innerhalb welcher die essbare Fraktion zu erwarten ist. Diese wird durch einen Minimalwert, einen mittleren Wert und einen Maximalwert dargestellt. Dabei ist der mittlere Wert nicht in jedem Fall das arithmetische Mittel aus Minimal- und Maximalwert. Der Grund für dieses Vorgehen war, dass aus den grundlegenden Arbeiten von WILKINSON (2011) und OLTJEN & BECKETT (1996) einerseits nicht für jede Futtermittelkomponente ein entsprechender Wert hervorging bzw. andererseits die für die Festlegung des essbaren Anteils maßgeblichen Faktoren in den genannten Publikationen nicht dokumentiert waren. Tabelle 5 zeigt eine Gegenüberstellung der in der vorliegenden Arbeit ermittelten Faktoren mit den Werten aus der Literatur.

Tabelle 5: Gegenüberstellung der essbaren Fraktion mit Literaturwerten

Futtermittelkomponente	Min-Wert (%)	Mittl. Wert (%)	Max-Wert (%)	WILKINSON (2011)	OLTJEN & BECKETT (1996)
Weizen	60	80	100	80	n. a.
Roggen	60	80	100	80	n. a.
Weizenkleie	0	10	20	20	0
Gerste	40	65	80	80	100
Körnermais	70	80	90	80	100
Maissilage	14	29	45	0	45
Sojabohne	39	56	93	n. a.	n. a.
Sojaextraktionsschrot	20	30	39	80	100/60[6]
Sojakuchen	29	38	47	n. a.	n. a.
Sonnenblumenextr.	5	11	17	20	n. a.
Sonnenblumenkuchen	13	17	21	n. a.	n. a.
Rapsextraktionsschrot	12	23	34	20	n. a.
Rapskuchen	19	30	40	n. a.	n. a.
Erbsen	37	64	90	n. a.	n. a.
n. a. = nicht angegeben					

Vergleicht man die ermittelten Anteile der essbaren Fraktion mit den entsprechenden Werten bei WILKINSON (2011), so liegen diese zumeist innerhalb des hier ermittelten Erwartungsbereichs der essbaren Fraktion. Dies lässt darauf schließen, dass die Vorgangsweise bei der Ermittlung des essbaren Anteils ähnlich gewesen sein dürfte. Die größten Unterschiede gibt es für die Maissilage und den Sojaextraktionsschrot. WILKINSON (2011) stufte die Maissilage als nicht essbar ein. Neben Silomais wird in Österreich auch Körnermais produziert. Insgesamt werden auf 300.000 ha Mais angebaut, 220.000 ha entfallen dabei auf Körnermais (BMLFUW, 2013). An Grenzertragsstandorten des Körnermaises dürften auch körnerreiche Silomaissorten angebaut werden, welche je nach Witterungsbedingungen entweder siliert oder gedroschen werden. Aus diesem Grund wird für die vorliegende Arbeit der Maissilage, ähnlich wie bei OLTJEN & BECKETT (1996), ein teilweiser Lebensmittelcharakter zugesprochen. Dabei wird entsprechend der Qualität zum Erntezeitpunkt eine Spanne von 14 bis 45 % essbarem Anteil unterstellt.

[6] getrennte Bewertung für Energie (100 %) und Protein (60 %)

Der Sojaextraktionsschrot erhielt in den Arbeiten von WILKINSON (2011) und OLTJEN & BECKETT (1996) höhere Werte, als sie unter Berücksichtigung von technologischen Prozessen bei der Verarbeitung des Sojamehls zu Lebensmitteln nachzuvollziehen waren. Deshalb werden in der vorliegenden Arbeit deutlich niedrigere potenziell essbare Anteile für den Sojaextraktionsschrot unterstellt (Tabelle 5).

4.2. Bilanzierung der Lebensmittelflüsse und einzelbetriebliche Berechnung der Lebensmittel-Konversionseffizienz

In diesem Abschnitt soll zunächst die Bilanzierung der Lebensmittelflüsse kritisch reflektiert werden. Im Anschluss daran werden die Ergebnisse der einzelbetrieblichen Berechnung der LKE dargestellt und diskutiert.

In den Arbeiten von WILKINSON (2011) und OLTJEN & BECKETT (1996) wurde die Effizienz der Lebensmittel-Konversion auf Basis einer Kuh für ein Jahr bestimmt. WILKINSON (2011) berücksichtigte bei einer Kuh 308 Tage Laktation, 56 Tage Trockenstehphase und 182 Tage Aufzucht einer Kalbin. In anderen Worten bedeutet dies, dass unter Annahme eines Erstkalbealters der Kalbinnen von 24 Monaten, eine Kuh alle vier Jahre durch eine Kalbin ersetzt wird und das dabei eingesetzte Futter anteilsmäßig in die Ration der Milchkuh mit eingerechnet wurde. Die Altkuh und ein eventuelles Stierkalb werden in diesem System jedoch nicht als Lebensmittel angesehen und bleiben unberücksichtigt. Die Nutzungsdauer der Kühe betrug in den Projektbetrieben im Durchschnitt 4 Jahre und liegt leicht über dem österreichischen Mittel. Derzeit liegt der österreichweite Durchschnitt der Nutzungsdauer von Fleckvieh- und Braunviehkühen bei ca 3,8 Jahren und jener von Holstein Friesian bei 3,5 Jahren (ZAR, 2013).

OLTJEN & BECKETT (1996) bezogen die Schlachtkuh in die Berechnungen mit ein, indem ihr ein Energieertrag von 983 MJ verdaulicher Energie pro Jahr bei einer Nutzungsdauer von 2,8 Jahren zugewiesen wurde. Die Nachzucht wurde auch hierbei anteilsmäßig auf die Nutzungsdauer aufgeteilt. Eine Berücksichtigung der verkauften Stierkälber oder sonstiger aus anderen

Gründen geschlachteter Tiere ist im von OLTJEN & BECKETT (1996) verfolgten Ansatz ebenfalls nicht vorgesehen.
Um dem Rechnung zu tragen und die Spannungsbreite der einzelnen Projektbetriebe zu berücksichtigen, wurde eine von den genannten Autoren abweichende Methode für die Bilanzierung der Lebensmittelflüsse gewählt. Dabei wurden die Lebensmittelinputs sowie –outputs innerhalb eines Jahres (im Durchschnitt von zwei Projektjahren) betrachtet. Durch die Erfassung aller Tierzukäufe und -Verkäufe ergab sich die Möglichkeit die individuelle Dynamik des Erstkalbealters und der Nutzungsdauer von Kühen, sowie den Verkauf von Stierkälbern ohne komplizierte Berechnungen auf einfachem Wege nachzuvollziehen. Zur Vereinfachung des Modells wurden auch zugekaufte und verkaufte Zuchttiere entsprechend ihrem Gewicht als Lebensmitteleingang in das bzw. –ausgang aus dem System bewertet. Ein möglicher Kritikpunkt daran ist, dass die Projektdauer von zwei Jahren, für die die Daten erhoben wurden, nicht ausreichend sein könnte, um beispielsweise vor dem Projektbeginn getätigte Zukäufe von Jungtieren zur Bestandessanierung zu erfassen. Diese würden dann im Verlauf des Projekts zu einem nicht realitätsgetreuen Anstieg der Tierverkäufe bzw. Abgänge führen, die auf der Input-Seite nicht durch entsprechende Zukäufe ausgeglichen würden. Dieser Effekt war bei einem Betrieb (AL-12-Bio) besonders deutlich zu erkennen und aus diesem Grund wurde dieser Betrieb bei den statistischen Analysen nicht berücksichtigt.

In den folgenden Abschnitten werden die einzelbetrieblichen Ergebnisse der Abschätzung der Lebensmittel-Konversionseffizienz für Protein sowie Energie dargestellt. Dabei ist ein Ergebnis von 100 % als neutral anzusehen. Dies bedeutet, dass gleichviel Lebensmittelenergie bzw. –protein in die Milchviehfütterung geflossen sind, wie produziert wurde. Ein Ergebnis unter 100 % bedeutet, dass mehr vom Menschen potenziell verwertbare Energie und Protein in das System eingeflossen sind, als es produziert hat. Jedoch ist zu beachten, dass die biologische Wertigkeit von tierischem Eiweiß höher liegt, als jene von pflanzlichem Eiweiß (FAO, 2009). Somit kann ein Wert unter 100 % zwar mengenmäßig einen Eiweißverlust bedeuten, jedoch kann

durch die höhere Qualität des tierischen Eiweißes noch ein gewisser Ausgleich geschaffen werden, der von der Berechnung unberücksichtigt bleibt. Betriebe mit einem Ergebnis über 100 % schaffen einen Mehrwert, d. h. sie haben mehr Energie und Protein in Form von Lebensmitteln produziert als sie zur Fütterung ihrer Tiere benötigt haben. Jeder Betrieb hat dabei jeweils drei Bilanzen für Protein und Energie. Diese ergeben sich aus den verschiedenen Bewertungsschärfen der Lebensmitteltauglichkeit der eingesetzten Futtermittel (siehe Abschnitt 3.2). Dabei wird zwischen einem Minimumwert (min), einem mittleren Wert (mittel) und einem maximalen Wert (max) unterschieden. Der Minimumwert wurde dabei so gewählt, dass dieser jederzeit realisiert werden könnte. Die mittlere Essbarkeit könnte bei Erhöhung der menschlichen Konsumrate mit moderatem Aufwand erreicht werden. Der maximale Wert hingegen, würde den Verhältnissen in Zeiten von Nahrungsmittelknappheit entsprechen.

4.2.1. LKE-Protein

Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse für die einzelbetriebliche LKE für Protein.

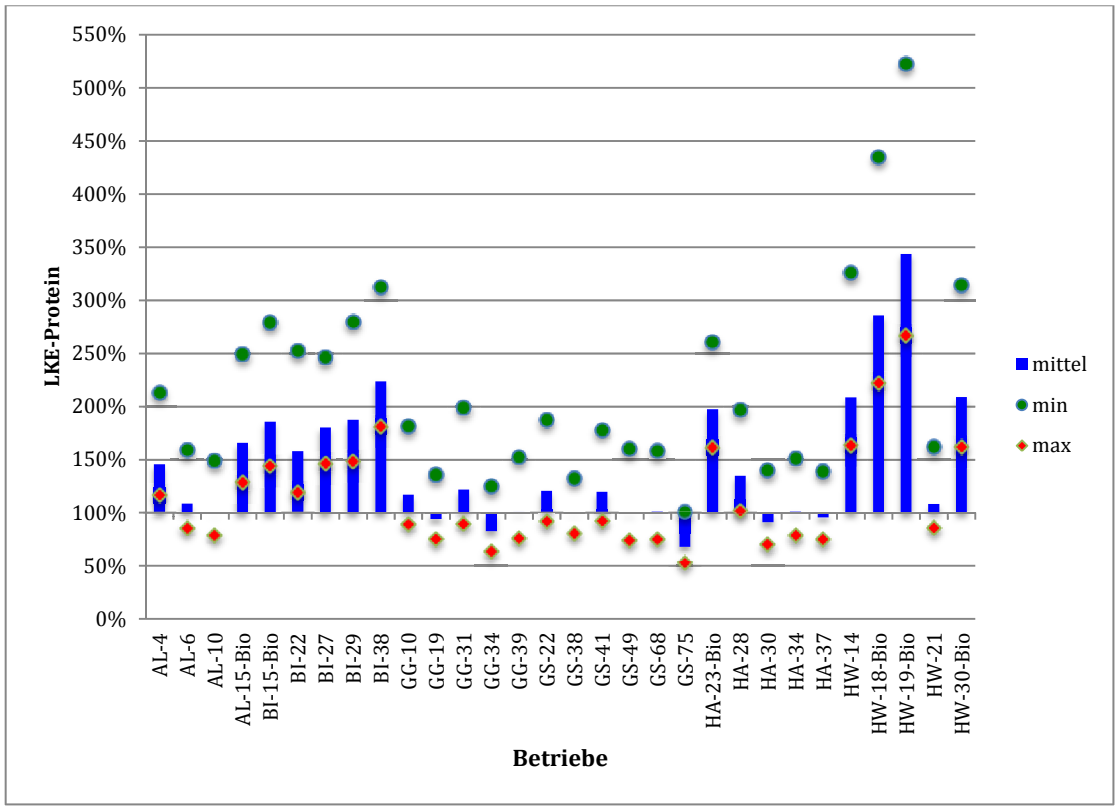

Abbildung 4: Einzelbetriebliche Lebensmittel-Konversionseffizienzen für Protein bei unterschiedlichen Bewertungsvarianten

Bei minimaler Bewertungsschärfe wiesen alle Betriebe eine LKE-Protein über 100 % auf. Am schlechtesten schnitt der Betrieb GS-75 ab. Ein möglicher Grund für dieses Ergebnis ist der hohe Kraftfutteraufwand pro kg ECM von über 400 g/kg (inkl. Nachzucht und Koppelprodukt Fleisch). Das Kilogramm Milch ist bei diesem Betrieb mit ca. 150 g Kraftfutter belastet, welches an die Nachzucht verfüttert wird. Daraus lässt sich schließen, dass dieses Ergebnis auch aus einer intensiven Jungviehaufzucht mit relativ hohem Kraftfuttereinsatz resultiert.

Bei mittlerer und maximaler Bewertungsschärfe und somit mittlerer und maximaler Lebensmitteltauglichkeit der Futtermittel zeigen mehrere Betriebe eine Protein-Konversionseffizienz von knapp 100 % bzw. unter 100 %. Diese Ergebnisse liegen unter den von OLTJEN & BECKETT (1996) und WILKINSON (2011) ermittelten Ergebnissen. Allerdings ist an diesem Punkt auf die abweichende Rationszusammensetzung, die unterschiedliche

Bewertung der Futtermittel, sowie auf Unterschiede in der Berechnungsmethode hinzuweisen (siehe Abschnitte 2.3 und 4.2), aufgrund derer ein exakter Vergleich nicht möglich ist.

Die FAO (2011) ermittelte in Ländern mit konzentrierter und intensiver Produktion unter Berücksichtigung aller tierischen Produktionszweige ein Protein-Output/Input-Verhältnis von unter bzw. nahe 1 (100 %). Hierbei ist jedoch darauf hinzuweisen, dass in der Monogastriden-Ernährung, wie von WILKINSON (2011) dargelegt, im Vergleich zur Wiederkäuerernährung mehr potenziell essbare Futtermittel zum Einsatz kommen und diese Produktionssysteme eine deutlich schlechtere LKE aufweisen würden. Unter Berücksichtigung der LKE der Geflügelfleisch-, Schweinefleisch- und Eierproduktion würde das Gesamtergebnis vermutlich auch in Österreich bei Annahme einer minimalen Essbarkeit der Futtermittel näher bei 100 %, bzw. sogar unter 100 % absinken.

4.2.2. LKE-Energie

Abbildung 5 zeigt die einzelbetriebliche Lebensmittel-Konversionseffizienz für Energie.

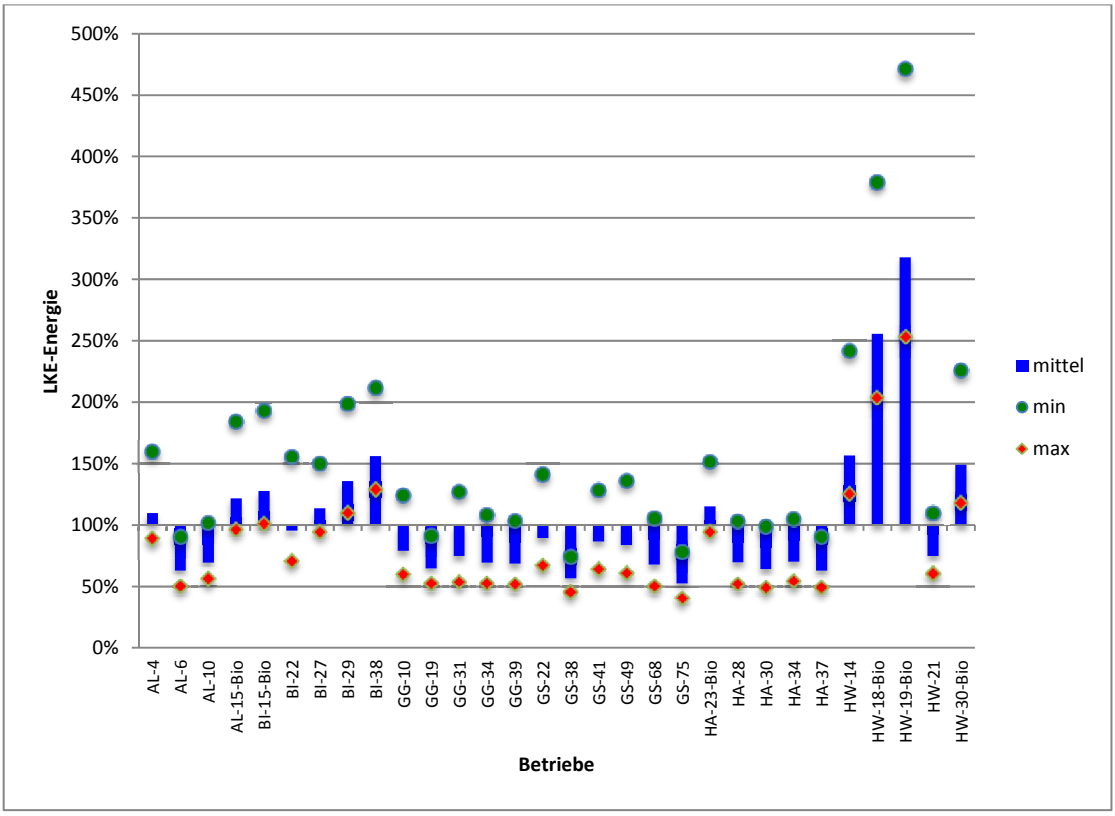

Abbildung 5: Einzelbetriebliche Lebensmittel-Konversionseffizienzen für Energie bei unterschiedlichen Bewertungsvarianten

Diese fiel grundsätzlich niedriger aus, als die Lebensmittel-Konversionseffizienz des Proteins. Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass der Proteinbedarf im Vergleich zum Energiebedarf bis zu einer höheren Milchleistung aus dem Grundfutter gedeckt werden kann (SCHWARZ, 2011) und somit zunächst Energie in Form von Kraftfutter zugesetzt werden muss. Weiters weisen die Energieträger in den Kraftfuttermischungen höhere essbare Anteile auf als die Proteinträger. Beispielsweise liegt die essbare Fraktion von Weizen, Roggen und Mais zwischen 60 und 100 %, während Sojaextraktionsschrot, Rapsschrot nur essbare Fraktionen von 20 bis 40 % aufweisen (Tabelle 5). Zusätzlich wurden auf der Proteinseite einige Nebenprodukte eingesetzt, die als hundertprozentiges Futtermittel eingestuft wurden. Die Tendenz, dass die LKE-Energie niedriger als die LKE-Protein ausfällt, ist auch aus den Ergebnissen von OLTJEN & BECKETT (1996)

ersichtlich. WILKINSON (2011) ist hingegen ein gegenteiliges Bild zu entnehmen. Dabei fiel die Bilanz für das essbare Eiweiß schlechter aus, als für die essbare Energie. Dazu ist jedoch anzumerken, dass von WILKINSON (2011) im Gegensatz zur vorliegenden Arbeit und zu OLTJEN & BECKETT (1996) die Maissilage als nicht essbar eingestuft wurde und somit gänzlich dem Grundfutter zugesprochen wurde. Maissilage hat relativ zum Rohproteingehalt einen Überhang an Energie (DLG, 1997) und somit kommt bei WILKINSON (2011) anteilsmäßig mehr Energie aus dem als nicht essbar angenommenen Teil der Ration.

Der hohe Lebensmittelanteil an den Energieträgern in den Rationen der Projektbetriebe hat also zur Folge, dass bei maximaler Bewertungsschärfe des essbaren Anteils nur mehr wenige Betriebe eine LKE-Energie von über 100 % aufweisen.

4.3. Lebensmittel-Konversionseffizienz in typischen österreichischen Produktionssystemen

Im Rahmen der Arbeit von HÖRTENHUBER et al. (2013) wurden einzelne Betriebe aus ganz Österreich ausgewählt und diese zu Produktionssystem-Gruppen zusammengefasst (siehe dazu Abschnitt 3.1, S. 23). Dabei wurde bewusst versucht eine praxisübliche Variabilität innerhalb der Gruppen darzustellen. Aufgrund der praxisüblichen Variabilität der Projektbetriebe war eine weiterführende statistische Auswertung auf Gruppenebene nicht sinnvoll und es erfolgte eine einfache deskriptive Auswertung. Tabelle 6 zeigt für jedes der sechs Produktionssysteme Mittelwerte und Standardabweichungen (±SD) für die LKE-Protein, LKE-Energie sowie für den essbaren Anteil der Kraftfuttermischungen und für den Kraftfutteraufwand je kg ECM.

Tabelle 6: Mittelwerte und Standardabweichungen für LKE, essbarer Anteil der KF-Mischung und KF-Aufwand

	Alpin	Hügel-Weide	Hügel-Acker	Berg-Intensiv	Gunstlage gemischt	Gunstlage spezialisiert
LKE Protein min, %	193 ± 47	352 ±136	177 ± 52	274 ± 26	159 ± 31	153 ± 32
LKE Protein mittel, %	130 ± 31	231 ± 89	124 ± 44	187 ± 24	103 ± 16	102 ± 19
LKE Protein max, %	102 ± 24	180 ± 68	97 ± 38	148 ± 22	79 ± 11	78 ±14
LKE Energie min, %	134 ± 45	286 ± 141	110 ± 24	182 ± 28	111 ± 15	111 ± 29
LKE Energie mittel, %	91 ± 29	191 ±96	76 ± 22	126 ± 23	71 ± 6	73 ± 16
LKE Energie max, %	73 ± 23	152 ± 76	60 ± 19	101 ± 21	54 ± 3	55 ± 11
Essbarer Anteil KF min, %	35 ± 2	29 ±6	46 ± 8	38 ± 4	39 ± 4	38 ± 11
Essbarer Anteil KF mittel, %	52 ± 2	43 ± 9	61 ± 9	53 ±4	53 ± 4	52 ± 12
Essbarer Anteil KF max, %	64 ± 2	54 ± 11	74 ± 10	66 ± 5	66 ± 5	64 ± 13
KF-Aufwand, kg/kg ECM	0,337 ± 0,084	0,229 ± 0,092	0,292 ± 0,081	0,231 ± 0,037	0,294 ± 0,057	0,338 ± 0,07

Bei Betrachtung der Mittelwerte der LKE lässt sich erkennen, dass die weniger intensiv wirtschaftenden Betriebe in den Gruppen Hügel-Weide (HW) und Berg-Intensiv (BI) höhere Lebensmittel-Konversionseffizienzen aufweisen, als die intensiver produzierenden Betriebe der Gruppen Hügel-Acker (HA), Gunstlage gemischt (GG) und Gunstlage spezialisiert (GS). Die Gruppe Alpin (AL) bildet einen Sonderfall und ist bezüglich der LKE zwischen intensiver und extensiver Wirtschaftsweise einzuordnen. Es ist anzunehmen, dass in höheren Lagen die Grundfutterqualität nicht ausreichend hoch ist und die Ration bereits früher mit Kraftfutter ergänzt werden muss. Diese Annahme wird durch den verhältnismäßig hohen Kraftfutteraufwand (0,337 kg/kg ECM) verstärkt (Tabelle 6).

Bei den essbaren Anteilen der Kraftfuttermischung weist die Gruppe Hügel-Acker den höchsten Wert auf. Hier liegt die essbare Fraktion je nach Bewertungsvariante zwischen 46 und 74 %. Dies dürfte durch den Anbau von Getreidefuttermitteln, welche einen hohen essbaren Anteil aufweisen, auf den hofeigenen Flächen bedingt sein. Die Gruppen AL, GG und GS liegen je nach Bewertungsvariante zwischen 34 und 66 %. Auffälig ist auch hier, dass die Betriebe der Gruppe HW Futtermittel mit deutlich niedrigerem Lebensmittelanteil einsetzen. Hier liegt der essbare Anteil zwischen 29 und 54 %. WILKINSON (2011) ermittelte einen essbaren Anteil der untersuchten Kraftfutterration von 36 %. Im Detail weicht die Bewertung der Essbarkeit der einzelnen Komponenten und auch die Zusammensetzung der Kraftfuttermischung zweifellos stark von den Kraftfuttermischungen der Projektbetriebe ab. Trotzdem liegt die von Wilkinson ermittelte essbare Fraktion in einem ähnlichen Bereich wie die Kraftfuttermischungen unter Berücksichtigung der Bewertungsvariante min. Auch die auf Nebenprodukten basierende Kraftfuttermischung von OLTJEN & BECKETT (1996) wies bei der entsprechenden Bewertung der Essbarkeit eine essbare Fraktion von 30 % auf, während die damalige typische kalifornische Kraftfutterration zu 94 % als essbar eingestuft wurde.

Bezüglich des Kraftfutteraufwandes je kg ECM ist eine mehr oder weniger große Variationsbreite innerhalb der Gruppen zu beobachten. Es zeichnet sich jedoch auch hier das Bild ab, dass intensiver wirtschaftende Betriebe in den Gunstlagen höhere Aufwände an Kraftfutter je kg ECM aufweisen als

extensiver produzierende Betriebe. Letztlich bedingen höhere absolute Kraftfuttermengen je Kuh und Jahr aufgrund der Grundfutterverdrängung höhere Kraftfutteraufwände je kg Milch. Zusätzlich spielt das Gesetz des sinkenden Grenzertrags hier eine Rolle.

Die Gruppe AL weist bei einer durchschnittlichen Milchleistung von 6.500 kg ECM mit 0,337 kg/kg ECM hier, wie bereits angedeutet, einen hohen Kraftfutteraufwand auf. HEISSENHUBER & HOFFMANN (2001) sprechen bei intensiver Milcherzeugung und einer Laktationsleistung von 8.500 kg von einem Kraftfutteraufwand von 0,294 kg/kg ECM. Auch KIRNER (2012) berichtet von Kraftfutteraufwänden zwischen 0,220 und 0,260 kg/kg ECM bei Laktationsleistungen zwischen 7.000 und 9.000 kg.

4.4. Beziehungen zwischen LKE und betrieblichen Kennzahlen

Zur Überprüfung statistischer Zusammenhänge wurden zunächst die Korrelationen zwischen einzelnen Parametern berechnet. Diese sind in Tabelle 7 für die mittlere Bewertungsschärfe dargestellt. Mit der Änderung der Bewertungsschärfe ergaben sich keine nennenswerten Abweichungen in den Korrelationen, bzw. in deren Signifikanz, deshalb gilt die untenstehende Tabelle repräsentativ für alle Bewertungsvarianten (min bis max).

Tabelle 7: Korrelationskoeffizienten nach Pearson bei mittlerer Lebensmitteltauglichkeit der Futtermittel

	LKE-E_{mittel}	LKE-P_{mittel}	Milchleistung	Beansp. Acker-fläche	KF-Aufwand	Beansp. Grünland-fläche
LKE-E_{mittel}	1,00000	0,95654 <,0001	-0,50214 0,0040	-0,52436 0,0025	-0,75433 <,0001	0,67953 <,0001
LKE-P_{mittel}	0,95654 <,0001	1,00000	-0,50853 0,0035	-0,61896 0,0002	-0,81109 <,0001	0,65226 <,0001
Milchleistung	-0,50214 0,0040	-0,50853 0,0035	1,00000	0,23234 0,2085	0,31179 0,0877	-0,62845 0,0002
Beansp. Ackerfläche	-0,52436 0,0025	-0,61896 0,0002	0,23234 0,2085	1,00000	0,61655 0,0002	-0,56871 0,0008
KF-Aufwand	-0,75433 <,0001	-0,81109 <,0001	0,31179 0,0877	0,61655 0,0002	1,00000	-0,35958 0,0469
Beansp. Grünlandfläche	0.67953 <.0001	0.65226 <.0001	-0.62845 0.0002	-0.56871 0.0008	-0.35958 0.0469	1.00000

Die Lebensmittel-Konversionseffizienz steht, in einem engen Zusammenhang zum Kraftfutteraufwand je kg ECM (R = -0,75 und – 0,81). Dies entspricht den Erwartungen.

Außerdem ist zu beobachten, dass die LKE mit der beanspruchten Ackerfläche negativ korreliert, die auch die für das zugekaufte Kraftfutter beanspruchten Ackerflächen beinhaltet.

Der negative Zusammenhang zwischen LKE und Milchleistung überrascht zunächst. Eine höhere Milchleistung ist jedoch mit einem erhöhten Einsatz von Kraftfutter verbunden und ein zunehmender Lebensmittel-Output in Form von Milch ist offenbar nicht in der Lage, den durch die Steigerung des Kraftfuttereinsatzes bedingten, erhöhten Lebensmittel-Input auszugleichen.

Der Parameter beanspruchte Grünlandfläche steht in einem positiven Zusammenhang mit der LKE. Auch dies entspricht den Erwartungen, da Betriebe mit stark Grasland-basierter Produktion – und daher günstigerer LKE – einen höheren Flächenbedarf je kg ECM aufweisen (HÖRTENHUBER et al. 2013, SUTTER et al. 2013).

4.5. Einfluss des Kraftfutteraufwandes auf die LKE

Im Rahmen des Projektes „Nachhaltige Milch“ wurde der Kraftfutteraufwand je kg ECM ermittelt. Dieser ist ein Maß für die Effizienz des Kraftfuttereinsatzes. Um wiederum den gesamten Betriebszweig abzubilden, wurden dabei auch die Kraftfuttermengen mit eingerechnet, die an die Nachzucht verfüttert wurden, sowie diejenigen, welche dem Koppelprodukt Fleisch zugeordnet wurden. In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse aus der Regressionsanalyse für die LKE in Abhängigkeit vom Kraftfutteraufwand getrennt für Protein und Energie dargestellt.

4.5.1. Einfluss des Kraftfutteraufwandes auf die LKE-Protein

Abbildung 6 zeigt die Lebensmittel-Konversionseffizienz des Proteins in Abhängigkeit des Kraftfutteraufwandes je kg ECM.

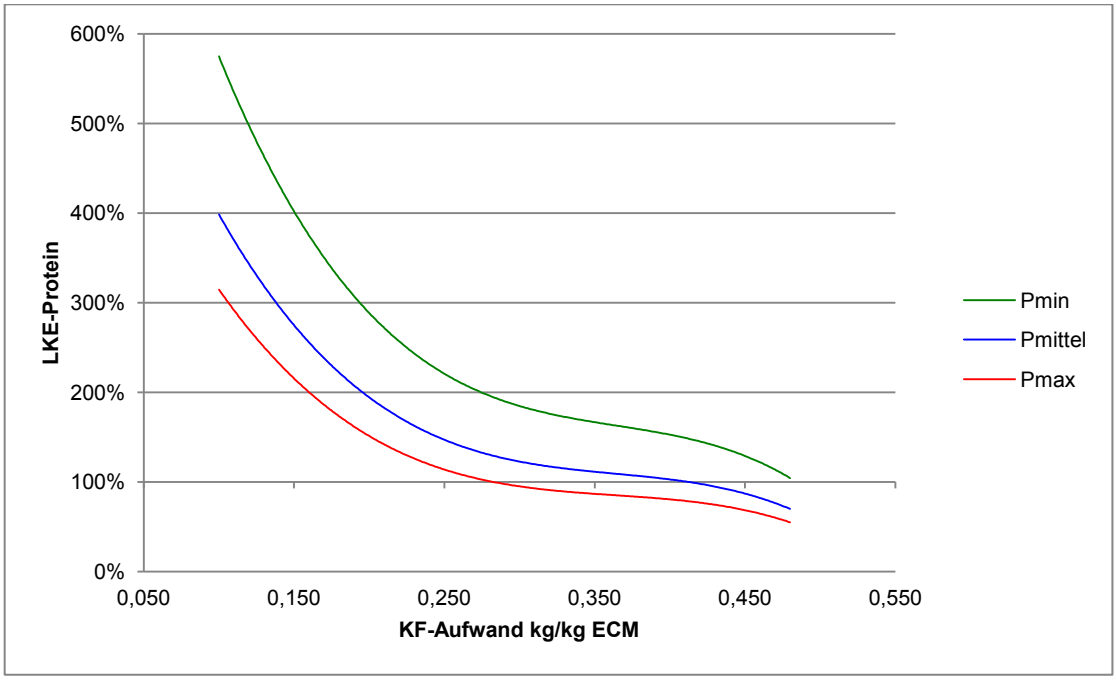

Abbildung 6: Lebensmittel-Konversionseffizienz des Proteins in Abhängigkeit vom KF-Aufwand

Aufgrund der hohen Bestimmtheitsmaße von 0,91 – 0,92 lässt sich ein starker Zusammenhang zwischen dem Kraftfutteraufwand und der LKE ableiten.
Unter Berücksichtigung der Bewertungsvarianten min und mittel sinkt die LKE-Protein erst bei einem hohen Kraftfutteraufwand je kg Milch unter 100 %

ab. Im Fall der Bewertungsvariante max sinkt die LKE-Protein hingegen bereits früher, bei etwa 0,290 kg Kraftfutter je kg Milch, unter 100 % ab.
Der flachere Verlauf der Kurven im Bereich zwischen 0,250 kg und 0,450 kg konnte nicht vollständig geklärt werden. Teilweise kann dieser durch die Tatsache bedingt sein, dass einige Betriebe innerhalb dieser Spanne Kraftfutterrationen einsetzen, welche einen geringeren essbaren Anteil besitzen und die LKE dadurch etwas nach oben verschoben wird. Ab einem Kraftfutteraufwand von 0,450 kg je kg ECM beginnen die Kurven wieder steiler abzufallen. Eine weitere Extrapolation wäre jedoch hier nicht sinnvoll, da ein Betrieb mit 0,470 kg in der Datengrundlage die Obergrenze bildet.

Abbildung 7 zeigt eine Gegenüberstellung der Ausgangsdaten der Projektbetriebe mit dem errechneten Modell.

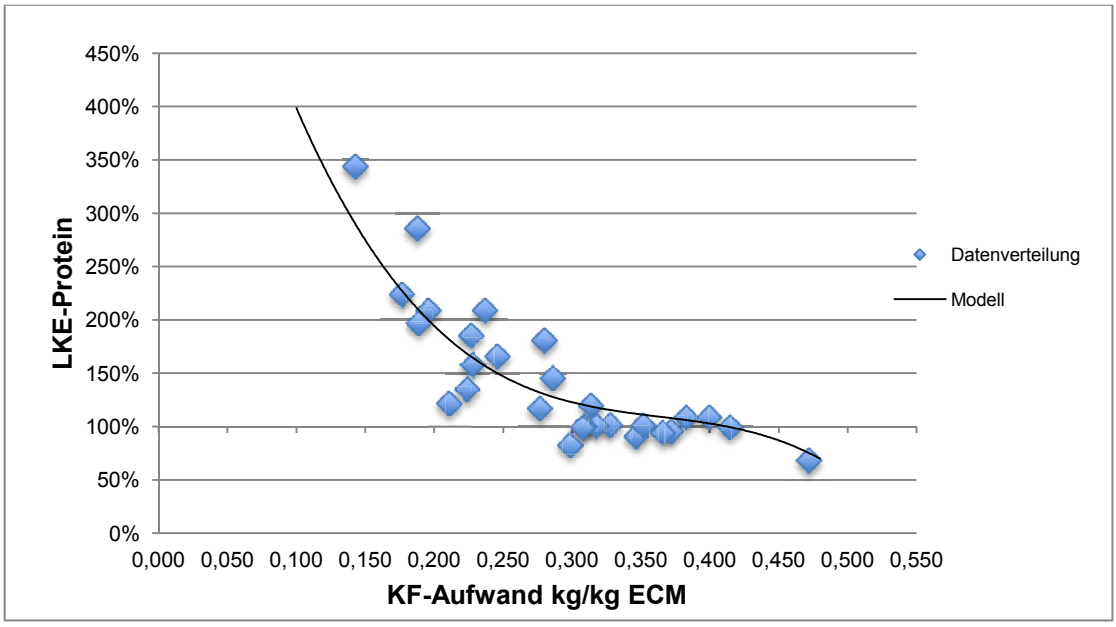

Abbildung 7: Gegenüberstellung der Verteilung der Ausgangsdaten und des Modells der LKE Pmittel

Die Datenverteilung zeigt, dass an den Extremitäten der Kurve weniger Datenpunkte vorhanden sind als im inneren Bereich. Dies erklärt teilweise den steileren Abfall am Kurvenanfang sowie am Kurvenende.

4.5.2. Einfluss des Kraftfutteraufwandes auf die LKE-Energie

Abbildung 8 zeigt die Lebensmittel-Konversionseffizienz der Energie in Abhängigkeit des Kraftfutteraufwandes je kg ECM.

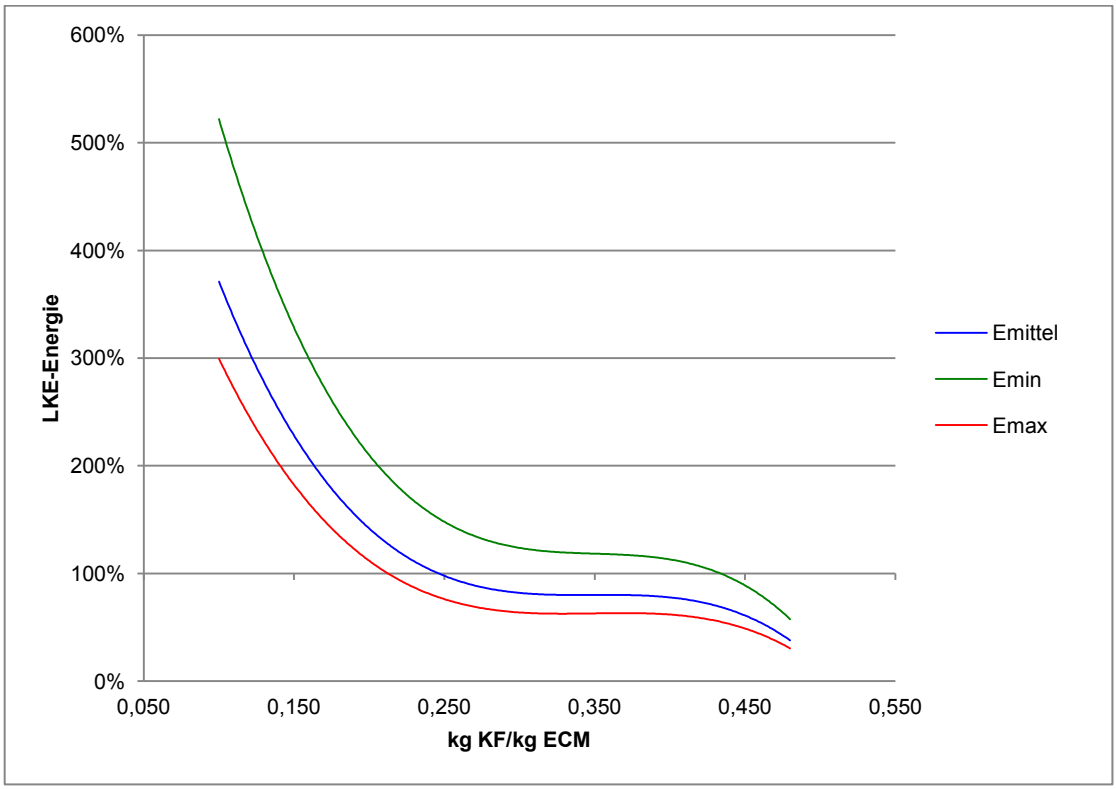

Abbildung 8: Lebensmittel-Konversionseffizienz der Energie in Abhängigkeit vom KF-Aufwand

Das Bestimmtheitsmaß für das Merkmalsmodell liegt mit 0,85 ähnlich hoch, wie bei der LKE-Protein und der Parameter Kraftfutteraufwand je kg ECM kann in Bezug auf die LKE-Energie als aussagekräftig gewertet werden.
Auch hier zeigt sich ein ähnlicher Verlauf der Kurven wie bei der LKE-Protein. Unter Berücksichtigung der Bewertungsvarianten mittel und max sinkt die LKE jedoch schon bei einem Kraftfutteraufwand von 0,250 bzw. 0,230 kg je kg ECM unter 100 % ab. Dies ist der Tatsache zuzuschreiben, dass die essbare Fraktion der Energieträger höher ausfällt, als jene der Proteinträger. Bezüglich des flachen Bereichs zwischen 0,250 und 0,400 gilt hier derselbe Erklärungsansatz wie bei der LKE-Protein.

4.6. Zusammenhang zwischen Ackerflächen-Bedarf und LKE

HÖRTENHUBER et al. (2013) stellten die pro t ECM beanspruchte Ackerfläche als einen Indikator für den Einsatz potenziell lebensmitteltauglicher Futtermittel für die einzelnen Betriebe dar. In der vorliegenden Arbeit wurden alle für zugekaufte Kraftfuttermittel beanspruchten und die betriebseigenen Ackerflächen berücksichtigt, also auch jene, auf denen Silomais und Feldfutter angebaut wurden.

Der Indikator „beanspruchte Ackerfläche je t ECM“ korreliert negativ mit der LKE, sowohl für Protein als auch für Energie. Anhand linearer Regressionsmodelle wurde der Zusammenhang untersucht.

Im Durchschnitt beanspruchten die Projektbetriebe 0,068 ha Ackerfläche je Tonne ECM. Dabei gab es Betriebe, die mit 0,043 ha je Tonne deutlich weniger Ackerfläche beanspruchten, andererseits kamen auch Betriebe vor, die bis zu 0,114 ha je Tonne Milch beanspruchen.

SUTTER et al. (2013) errechneten im Rahmen einer Vergleichsstudie zwischen Stallfütterung und Weidefütterung unter schweizerischen Verhältnissen für eine Stallherde einen Ackerflächenbedarf von 0,032 ha je Tonne ECM, während eine Weide-Herde lediglich 0,014 ha Ackerland je Tonne ECM benötigte.

4.6.1. LKE-Protein in Abhängigkeit von der beanspruchten Ackerfläche

Abbildung 9 zeigt den Zusammenhang zwischen beanspruchter Ackerfläche und der LKE-Protein.

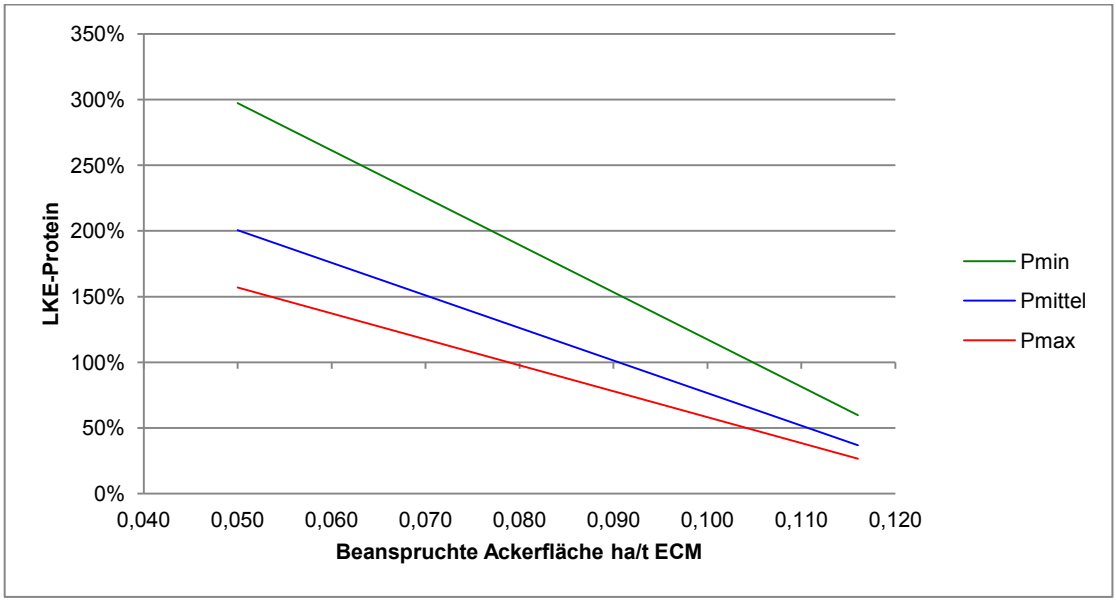

Abbildung 9: LKE-Protein in Abhängigkeit von der beanspruchten Ackerfläche

Mit zunehmender Beanspruchung von Ackerflächen für die Milchproduktion sinkt die Lebensmittel-Konversionseffizienz des Proteins.

Der Indikator „beanspruchte Ackerfläche je Tonne ECM“ beschreibt trotz deutlichem Unterschreiten der Signifikanzgrenze ($P < 0{,}001$) aufgrund der niedrigen Bestimmtheitsmaße von 0,25 bis 0,40 nur einen relativ geringen Anteil der Variabilität der LKE-Protein.

4.6.2. LKE-Energie in Abhängigkeit von der beanspruchten Ackerfläche

Abbildung 10 zeigt den Zusammenhang zwischen beanspruchter Ackerfläche je Tonne ECM und der LKE-Energie.

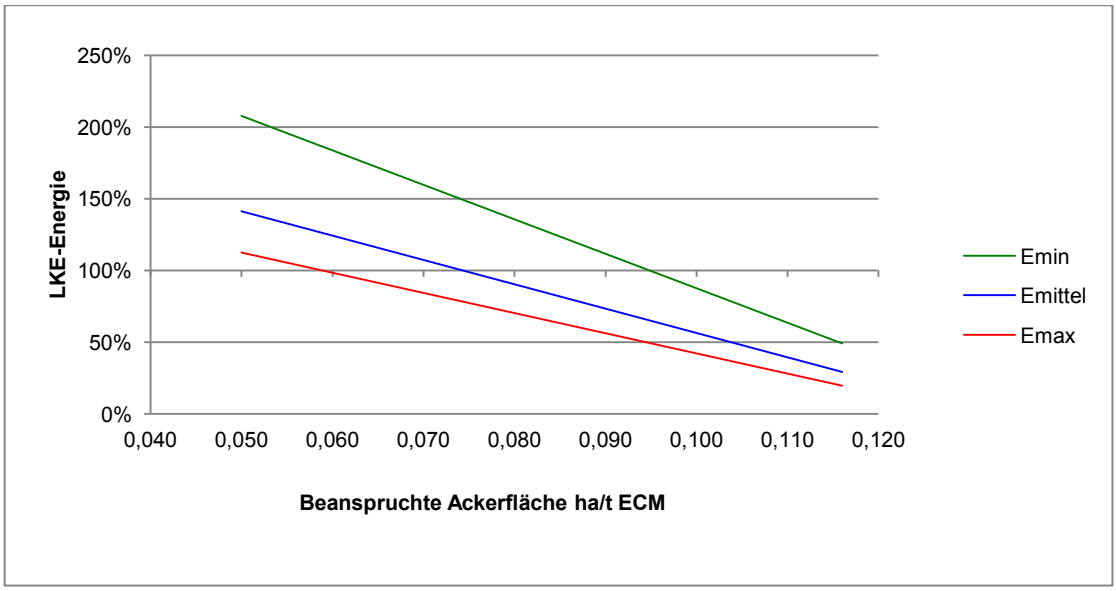

Abbildung 10: LKE-Energie in Abhängigkeit von der beanspruchten Ackerfläche

Wie die LKE-Protein sinkt auch die LKE-Energie mit zunehmender Beanspruchung von Ackerflächen ab.

In Übereinstimmung mit der Beobachtung, dass die LKE-Protein im Generellen höher ausfällt, als die LKE-Energie lässt sich auch hier beobachten, dass die LKE-Energie bei steigendem Anspruch an Ackerflächen in allen drei Varianten früher unter 100 % fällt, als die LKE-Protein.

Auch hier fallen die Bestimmtheitsmaße trotz deutlichem Unterschreiten der Signifikanzgrenze (P = 0,008 – 0,010) mit 0,20 – 0,24 relativ niedrig aus.

4.7. Zusammenhang zwischen Grünlandflächen-Bedarf und LKE

Im Rahmen der Erhebungen zum Projekt „Nachhaltige Milch“ wurde auch die beanspruchte Grünlandfläche je Tonne Milch berechnet. Somit konnte diese mit der LKE anhand eines einfachen linearen Regressionsmodells in Beziehung gesetzt werden. Wie unter Abschnitt 4.4 bereits dargelegt wurde, steht die beanspruchte Grünlandfläche in einem positiven Zusammenhang mit der LKE. Dies bedeutet, dass beispielsweise Low-Input-Betriebe auf

absoluten Grünlandstandorten mehr Milch aus Gras produzieren als nach dem Prinzip des „High ouput“ produzierende Betriebe und gleichzeitig weniger Ackerflächen beanspruchen und somit bei der LKE ein besseres Ergebnis erzielen. SUTTER et al. (2013) stellten anhand eines Vergleichs zwischen Stallfütterung und weidebasierter Fütterung fest, dass die Weidefütterung zwar insgesamt mehr landwirtschaftliche Nutzfläche je Tonne Milch beansprucht, jedoch sich die Produktion vom Ackerland auf das Grünland verlagert und derartige Produktionssysteme somit weniger in Konkurrenz zur menschlichen Ernährung stehen.

Im Durchschnitt setzten die Projektbetriebe 0,117 ha Grünland je Tonne ECM ein. Die Spannweite erstreckte sich zwischen 0,020 und 0,285 ha je Tonne ECM. SUTTER et al. (2013) ermittelten für einen weidebasiert produzierenden Betrieb eine Grünlandflächen-Beanspruchung von 0,116 ha je Tonne ECM. Ein auf Stallfütterung basierender Betrieb beanspruchte dabei hingegen nur 0,058 ha Grünland je Tonne ECM.

4.7.1. LKE-Protein in Abhängigkeit von der beanspruchten Grünlandfläche

Abbildung 11 zeigt die LKE-Protein in Abhängigkeit von der beanspruchten Grünlandfläche.

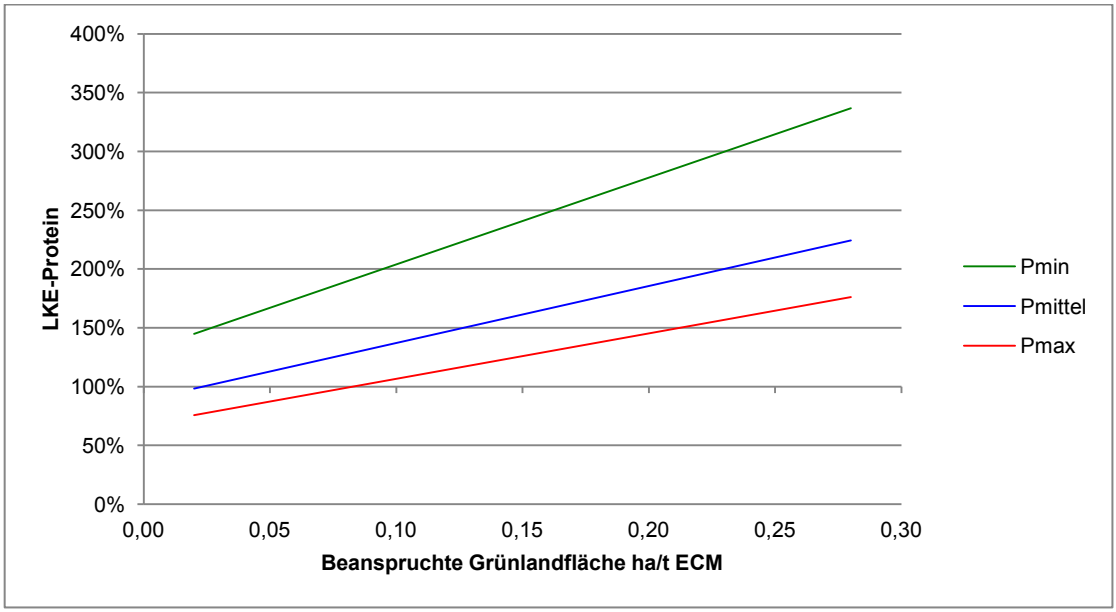

Abbildung 11: LKE-Protein in Abhängigkeit von der beanspruchten Grünlandfläche

Bei deutlichem Unterschreiten der Signifikanzgrenze ($P < 0{,}001$) liegen die Bestimmtheitsmaße mit 0,41 – 0,42 im niedrigen bis mittleren Bereich.

Auch hier zeigt sich wiederum, dass die LKE-Protein nur in den Bewertungsvarianten mittel und maximal unter 100 % absinkt. Dies stimmt wiederum mit der Beobachtung überein, dass die Proteinträger in den Kraftfuttermischungen einen niedrigeren essbaren Anteil aufweisen und sich somit ein niedrigerer Anteil an Grünlandfutter in der Ration weniger stark auswirkt als bei der Energie.

4.7.2. LKE-Energie in Abhängigkeit der beanspruchten Grünlandfläche

Abbildung 12 zeigt die LKE-Energie in Abhängigkeit der beanspruchten Grünlandfläche je Tonne ECM.

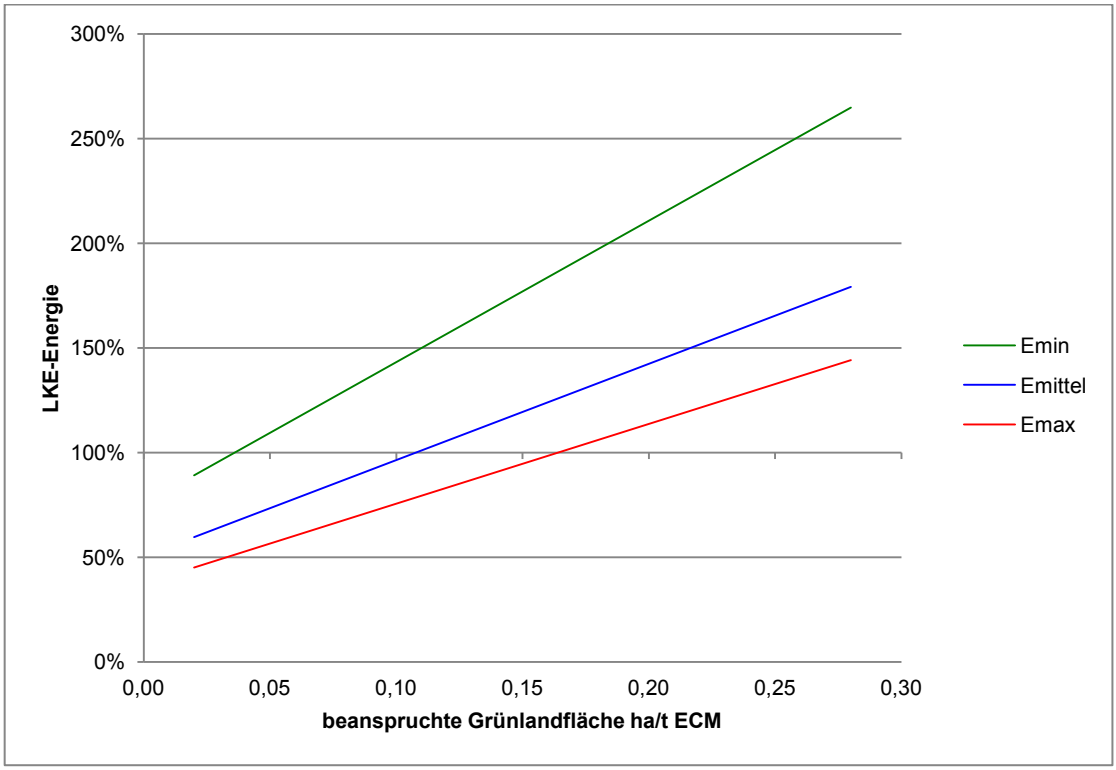

Abbildung 12: LKE-Energie in Abhängigkeit von der beanspruchten Grünlandfläche

Wie für LKE-Protein wird die Signifikanzgrenze deutlich unterschritten ($P < 0,001$) und die Bestimmtheitsmaße liegen nur geringfügig höher (0,42 – 0,44). Wie bereits im vorhergehenden Abschnitt 4.7.1 vorgegriffen wurde, fällt die LKE-Energie bei niedriger Beanspruchung von Grünlandflächen je Tonne ECM stärker negativ aus, als die LKE-Protein.

5. Schlussfolgerungen

Da die essbaren Anteile an Futtermitteln in verschiedenen Kulturen und Ländern, in Abhängigkeit vom gesellschaftlichen Wohlstand und damit von der Ernährungssituation (zwischen Lebensmittelüberschuss und -mangel) sehr unterschiedlich sein können, gibt es keinen präzisen und generalisierbaren Wert, der die Lebensmitteltauglichkeit eines Futtermittels charakterisieren kann. Aus diesem Grund wurde in der vorliegenden Arbeit unter Nachvollziehung lebensmitteltechnologischer Prozesse eine Spanne der potenziell essbaren Fraktionen ermittelt.

Hinsichtlich der Lebensmittel-Konversionseffizienz hat sich gezeigt, dass in Österreich in Abhängigkeit des Standorts der milcherzeugenden Betriebe und somit in Abhängigkeit der Produktionsintensität verschiedene Ergebnisse erzielt werden. Im Durchschnitt weisen Produktionssysteme auf Grünlandstandorten eine höhere Lebensmittel-Konversionseffizienz auf als Produktionssysteme auf ackerfähigen Standorten. Betriebe des Produktionssystems Hügel-Weide (HW) zeigen die höchste Lebensmittel-Konversionseffizienz für Protein und Energie. Betriebe in den Gunstlagen, welche auf eigenen Ackerflächen Futtermittel anbauen und zusätzlich Kraftfutter zukaufen, erzielen niedrigere Lebensmittel-Konversionseffizienzen. Daraus kann geschlossen werden, dass eine grünlandbasierte Milchproduktion in Hinblick auf die Nahrungskonkurrenz (Lebensmittel – Futtermittel) vorteilhaft ist. Es besteht allerdings eine hohe betriebsindividuelle Variabilität: in allen Produktionssystemen weisen Einzelbetriebe eine Lebensmittel-Konversionseffizienz von unter 100 % auf, d.h. diese Betriebe verfüttern mehr für den Menschen verzehrbares Protein und (v.a.) verzehrbare Energie als in Form tierischer Lebensmittel erzeugt wird.

Die Lebensmittel-Konversionseffizienz hängt vor allem vom Aufwand an Kraftfuttermitteln je kg Milch ab. Neben dem Kraftfutteraufwand ist jedoch auch die Zusammensetzung der Kraftfuttermischung entscheidend. Durch die gezielte Verwendung von industriellen Nebenprodukten und Kraftfuttermitteln mit niedrigem essbaren Anteil lässt sich die Lebensmittel-Konversionseffizienz auch bei hohem Kraftfutteraufwand über 100 % halten und so die Konkurrenz zur menschlichen Ernährung reduzieren.

Offensichtlich ist die alleinige Betrachtung der beanspruchten Ackerfläche pro Tonne produzierter Milch als Indikator der LKE nicht ausreichend. Dies ist darauf zurückzuführen, dass dort Faktoren wie unterschiedliche Hektarerträge und verschiedene essbare Anteile der diversen Ackerfrüchte unberücksichtigt bleiben. Der Kraftfutteraufwand je kg ECM bleibt von diesen Faktoren unberührt und ist deshalb als Indikator der LKE besser geeignet.

Zusammenfassung

Der Wiederkäuer als Raufutterverzehrer ist in der Lage aus Futtermitteln mit geringer Nährstoffdichte, die vom Menschen nicht verwertet werden können, hochwertige Lebensmittel wie Milch und Fleisch zu produzieren. Da sich die Leistungen der modernen Milchkühe im Verlauf der letzten 60 Jahre alleine in Österreich mehr als verdoppelt haben, hat sich die Notwendigkeit ergeben, die Rationen durch Kraftfuttergaben aufzuwerten. Die reine Fütterung von rohfaserreichen Grobfuttermitteln wie Gras, Heu und Silage konnte diesen Anforderungen nicht mehr gerecht werden. Somit finden sich in den Milchkuhrationen vermehrt Komponenten wieder, die aus ernährungsphysiologischer Sicht bereits für den Menschen eine Nahrungsquelle darstellen könnten.

Das Ziel der vorliegenden Masterarbeit war es, Futtermittelkomponenten hinsichtlich ihrer potenziellen Essbarkeit zu charakterisieren und darauf aufbauend eine Aussage über einen in typischen österreichischen Milchproduktionssystemen in Hinblick auf eine mögliche Nahrungskonkurrenz entstehenden Zuwachs oder Verlust an Lebensmitteln zu treffen.
Dazu wurde zunächst für verschiedene Futtermittelkomponenten ein Erwartungsbereich der essbaren Fraktion anhand einer Literaturarbeit ermittelt. Darüber hinaus wurde der Parameter „Lebensmittel-Konversionseffizienz“ (LKE) definiert. Dieser gibt das Verhältnis zwischen Lebensmittel-Output und Lebensmittel-Input getrennt für das Protein und für die Bruttoenergie an. Im Rahmen der Masterarbeit wurde für insgesamt 31 Praxisbetriebe aus verschiedenen Regionen Österreichs die LKE ermittelt. Die Daten der Praxisbetriebe entstammen dem Projekt „Nachhaltige Milch“ und die Betriebe waren in folgende Betriebsgruppen gegliedert: Alpin (AL), Berg-Intensiv (BI), Hügel-Acker (HA), Hügel-Weide (HW), Gunstlage gemischt (GG), Gunstlage spezialisiert (GS).
Die weniger intensiv wirtschaftenden Betriebe in den Gruppen HW und BI wiesen höhere Lebensmittel-Konversionseffizienzen auf als die intensiver produzierenden Betriebe in den Gruppen HA, GG und GS. Die Gruppe AL konnte nicht eindeutig als extensiv oder intensiv wirtschaftend eingeordnet

werden. Die niedrigere Lebensmittel-Konversionseffizienz der Betriebe dieser Gruppe war vermutlich der schlechteren Grundfutterqualität in höheren Lagen geschuldet. Somit musste mehr Kraftfutter je kg ECM eingesetzt werden.
Die Auswertung der Einflussfaktoren auf die LKE zeigte, dass das Ergebnis vor allem vom Kraftfutteraufwand je kg ECM abhängig war. Darüber hinaus wurde auch versucht den von HÖRTENHUBER et al. (2013) vorgeschlagenen Indikator „beanspruchte Ackerfläche je kg ECM“ mit der LKE in Beziehung zu setzen. Hierbei zeigten sich lediglich niedrige Bestimmtheitsmaße (0,25 bis 0,40).

Im Rahmen der Bewertung der Projektbetriebe zeigte sich, dass in Österreich in Abhängigkeit des Standorts der milcherzeugenden Betriebe und somit in Abhängigkeit der Produktionsintensität verschiedene Ergebnisse erzielt wurden. Im Durchschnitt wiesen Produktionssysteme auf Grünlandstandorten höhere Lebensmittel-Konversionseffizienzen auf als Produktionssysteme auf ackerfähigen Standorten. Da die LKE vor allem vom Kraftfutteraufwand abhängig war, zeigte sich auch innherhalb der Betriebsgruppen eine individuelle Variabilität.
Neben dem Kraftfutteraufwand ist aber auch die Kraftfutterzusammensetzung entscheidend. Durch die gezielte Verwendung von industriellen Nebenprodukten und Kraftfuttermitteln mit niedrigem essbaren Anteil ließe sich die Lebensmittel-Konversionseffizienz auch bei hohem Kraftfutteraufwand über 100 % halten und so die Konkurrenz zur menschlichen Ernährung reduzieren.
Die Auswertung der Auswirkung des Indikators „beanspruchte Ackerfläche je kg ECM“ zeigte dass dieser wengier geeignet war als der Kraftfutteraufwand je kg ECM, um die Lebensmittel-Konversionseffizienz zu charakterisieren.

Literaturverzeichnis

ADR, Arbeitsgemeinschaft deutscher Rinderzüchter. (2011). Rinderproduktion in Deutschland.

AGES. (2010). *Überblick über österreichrelevante Mykotoxin - Höchst- und Richtwerte.* Abgerufen am 9. März 2014 von http://www.ages.at/uploads/media/Mykotoxine-Hoechstwerte_010310_03.pdf.

AGRARMARKT AUSTRIA. (2013). *Daten und Fakten der AgrarMarkt Austria für den Bereich Vieh und Fleisch.* Abgerufen am 29. April 2014 von http://www.ama.at/Portal.Node/public?gentics.rm=PCP&gentics.pm=gti_full&p.contentid=10008.120536&220_schlachtgew.pdf.

ALDEN, D. E. (1975). Soy Processing: From Beans to Ingredients. *J. Am. Oil Chemists' Society, 52*, 244 - 248.

BALDWIN, R. L., DONOVAN K., C., & BECKETT, J. L. (1992). An Update on Returns on Human Edible Input in Animal Agriculture. 97-111.

BALDWIN, R. L., DONOVAN, K. C., & BECKETT, J. L. (1992). An update on returns on human edible input in animal agriculture. *Proceedings California Animal Nutrition Conference* , 97-111.

BAUER, A; BAUER, F.; HIESBERGER, J.; HILBERT, F.; HOFBAUER, P.; PUALSEN, P.; SMULDERS, F. J. M. (2007). *Tierproduktion und veterinärmedizinische Lebensmittelhygiene.*

BAYERN-GENETIK. (2013). *Bavarian Fleckvieh-Genetics.* Abgerufen am 29. April 2014 von http://fleckvieh.de/Deutsch/Fleckvieh_Fleisch.htm.

BENECKE, C., GRAF, A., BEUTEL, S., LOTZ, M., & SCHEPER, T. (2010). Gewinnung von fettreduziertem Erbsenprotein auf der Basis eines nasstechnischen Verfahrens zur Stärkeherstellung. *Chemie Ingenieur Technik , 82* (5), 711-716.

BERK, Z. (1992). Technology of Production of Edible Flours and Protein Products from Soybeans. *FAO Agricultural Services Bulletin* (97).

BMLFUW. (2013). *Getreidanbau und Getreidarten in Österreich*. Abgerufen am 02. August 2014 von http://www.bmlfuw.gv.at/land/produktion-maerkte/pflanzliche-produktion/getreide/Getreide.html.

BMLFUW. (2013). *Grüner Bericht.* Abgerufen am 07. März 2014 von http://www.gruenerbericht.at/cm3/download/finish/82-gruener-bericht-oesterreich/649-gruener-bericht-2013.html.

BOS, C.; AIRINEI, G.; MARIOTTI, F.; BENAMOUZIG, R.; BEROT, S.; EVRARD, J.; TOME, D.; GAUDICHON, C. (2007). Rapeseed protein exhibit a poor digestibility but very high metabolic utilization in humans. *Paper presented at the 12th International Rapeseed Congress "Sustainable Development in Cruciferous Oilseed Crops Production", Wuhan, China*.

BOYE, J., ZARE, F., & PLETCH, A. (2010). Pulse proteins: Processing, characterization functional properties and applications in food and feed. *Food Research International, 43*, 414 - 431.

CAST - Council for Agricultural Science and Technology. (July 1999). Animal Agriculture and Global Food Supply. *Task Force Report no. 135* , 4.

CHELI, F., BATTAGLIA, D., GALLO, R., & DELL'ORTO, V. (2013). EU legislation on cereal safety: An update with a focus on mycotoxins. *Food Control* (37), 315-325.

CROMWELL, G. (2012). *Soybean Meal - An Exceptional Protein Source.* Abgerufen am 8. März 2014 von http://www.soymeal.org/ReviewPapers/SBMExceptionalProteinSource.pdf.

DE VRIES, M., & DE BOER, I. J. (2010). Comparing environmental impacts for livestock products: A review of lifecycle assessments. *Livestock Science , 128*, 1-11.

DLG. (1997). *DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer.* Frankfurt a. M.: DLG-Verlags-GmbH.

EASTRIDGE, M. L. (2006). Major advances in applied dairy cattle nutrition. *Journal of dairy science* (89), 1311-1323.

EUROPÄISCHES PARLAMENT UND EUROPÄISCHER RAT. (2002). Abgerufen am 09. März 2014 von http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2002R0178:20080325:de:PDF.

EUROPÄISCHES PARLAMENT UND EUROPÄISCHER RAT. (2005). Abgerufen am 09. März 2014 von http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/oj/2005/l_035/l_03520050208de00010022.pdf.

FAO. (2006). *Livestock's long shadow.* Abgerufen am 11. September 2014 von ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0701e/a0701e.pdf.

FAO. (2013). *Milk and dairy products in human nutrition.* (E. MUEHLHOFF, A. BENNETT, & D. MCMAHON, Hrsg.) Abgerufen am 25. Februar 2014 von www.fao.org: http://www.fao.org/docrep/018/i3396e/i3396e.pdf.

FAO. (2009). The state of food and agriculture - Livestock in the balance.

FAO. (2011). World Livestock 2011 - Livestock in food security.

FAOSTAT. (2011). Abgerufen am 25. Februar 2014 von http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/R/RL/E.

GASTEINER, J. (2003). Der Einsatz glukoplastischer Verbindungen in der Milchviehfütterung. *30. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 24. - 25. April 2003*.

GILLBERG, L., & TORNELL, B. (1976). Preparation of Rapeseed Protein Isolates: Dissolution and Precipitation Behavior of Rapeseed Proteins. *J. Food Sci.* , 1063-1069.

GREIF, F., & RIEMERTH, A. (2006). *Gesamtökonomische Bedeutung der Almen Österreichs.* Abgerufen am 7. März 2014 von http://alpwirtschaft.com/Dateien/A1/ALP%20Austria%20Endbericht%20Gesamtoekonomie.pdf

GROß, F., & PESCHKE, W. (1980). Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit von Silomais - Einfluss der Kolbenbildung auf Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit von Silomais. *Wirtschaftseig. Futter*.

GRUBER, L., GUGGENBERGER, T., STEINWIDDER, A., HÄUSLER, J., SCHAUER, A., STEINWENDER, R., et al. (2001). Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen auf Basis der Fütterungsversuche der BAL Gumpenstein. *28. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 2. - 3. Mai 2001* , 11 - 36.

HÖRTENHUBER, S., KIRNER, L., NEUMAYR, C., QUENDLER, E., STRAUSS, A., DRAPELA, T., et al. (2013). *Endbericht - Integrative Bewertung von Merkmalen der ökologischen, ökonomischen und sozialethischen Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Produktionssysteme am Beispiel von Milchproduktionssystemen.* Universität für Bodenkultur Wien.

HAIGER, A. (2005). Naturgemäße Tierzucht bei Rindern und Schweinen. *avBUCH* , 64.

HEISSENHUBER, A., & HOFFMANN, H. (2001). Intensive oder extensive Milcherzeugung? *Züchtungskunde , 73* (6), 422 - 429.

HOOVER, R., HUGHES, T., CHUNG, H. J., & LIU, Q. (2010). Composition Molecular Structure, Porperties and Modification of Pulse Starches: A Review. *Food Research International , 43* (2), 399 - 413.

INRA; CIRAD; AFZ; FAO. (2014). *Feedipedia: An on-line encyclopedia of animal feeds - Feedipedia - Animal Feed Resources Information System*. Abgerufen am 25. März 2014 von http://www.feedipedia.org/cache/normal/feedipedia.org/_.html.gz.

JONES, C. R. (1958). The essentials of the flour milling process. *Proceedings of the Nutrition Society , 17*.

KAUL, H.-P. (2014). schriftliche Mitteilung (Email) vom 29. März 2014.

KIRNER, L. (2012). Integrative Analyse der Wettbewerbsfähigkeit der Milchwirtschaft in Österreich unter besonderer Berücksichtigung der GAP bis 2020 . *Forschungsbericht*.

KLOCKEMANN, D. M., TOLEDO, R., & SIMS, K. A. (1997). Isolation and Characterization of Defatted Canola Meal Protein. *J. Agric. Food Chem. , 45*, 3867-3870.

KLOPFENSTEIN, T. J., ERICKSON, G. E., & BERGER, L. L. (2012). Maize is a critically important source of food, feed, energy and forage in the USA. *Field Crops Research , 153*, 5-11.

KNAUS, W. (2013). Re-thinking dairy feeding in light of food security. *AgroLife Scientific Journal , 2* (1), 36-40.

KOHL-PARISINI, A., & ZEBELI, Q. (2012). Die Milchkuh im Spannungsfeld zwischen Leistung, Gesundheit und Nährstoffeffizienz. *39. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2012* , 43-50.

KRAUSE, J.-P., KROLL, J., & RAWEL, H. M. (2007). Rapsprotein in der Humanernährung. *UFOP-Schriften*.

LFL-BAYERN. (2010). *Vergleichender Mischfuttertest 34/2010 - Milchleistungsfutter aus Bayern*. Abgerufen am 4. August 2014 von http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/mischfuttertest_3_2010.pdf.

LIN, S., HUFF, H. E., & HSIEH, F. (2000). Texture and Chemical Characteristics of Soy Protein Meat Analog Extruded at High Moisture. *Journal of Food Science , 65* (2), 264-269.

MARSHALL, D. M. (1994). Breed differences and genetic parameters for body composition traits in beef cattle. *Journal of Animal Science , 72*, 2745-2755.

MARTENS, H. (2012). Die Milchkuh - Wenn die Leistung zur Last wird! *Tagungsband - 39. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 24. und 26. April 2012, Irdning*, 35-41.

MILLNER, J. P., VILL AVER, R., & HARDCARE, A. K. (2005). The yield and nutritive value of maize hybrids grown for silage. *New Zealand Journal of Agricultural Research , 41* (1).

OECD/FAO. (2011). Agricultural outlook 2011-2020. *http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2011-en*.

OLTJEN, J. W., & BECKETT, J. L. (1996). Role of ruminant livestock in sustainable agricultural systems. *Journal of Animal Science , 74*, 1406-1409.

OLTJEN, J. W., & BECKETT, J. L. (1996). Role of ruminant livestock in sustainable agricultural systems. *Journal of Animal Science* (74), 1406 - 1409.

PELGROM, P. J., VISSERS, A. M., BOOM, R. M., & SCHUTYSER, M. A. (2013). Dry fractionation for production of functional pea protein concentrates. *Food Research International , 53*, 232-239.

PEREZ, S. G., & VEREIJKEN, J. M. (2007). Sunflower proteins: overview of their physicochemical, structural and functional properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture , 87*, 2173-2191.

ROHANI, S., & CHEN, M. (1993). Aggregation and Precipitation Kinetics of Canola Protein by Isoelectric Precipitation. *Can. J. Chem. Eng. , 71*, 689-698.

SALGADO, P. R., DRAGO, S. R., MOLINA ORTIZ, S. E., PETRUCCELLI, S., ANDRICH, O., GONZÁLEZ, R. J., et al. (2011a). Production and characterization of sunflower protein-enriched products obtained at pilot plant scale. *LWT - Food Science and Technology , 45*, 65-72.

SALGADO, P. R., MOLINA ORTIZ, S. E., PETRUCELLI, S., & MAURI, A. N. (2011b). Sunflower Protein Concentrates and Isolates Prepared from Oil Cakes Have High Water Solubility and Antioxidant Capacity. *Journal of the Oil Chemists' Society , 88*, 351-360.

SCHLUMPF, E. (2009). *Fleisch Information.* Abgerufen am 29. April 2014 von http://www.schweizerfleisch.ch/fileadmin/dokumente/downloads/ernaehrung/fleischinfo/2009/fi_2009_02_de.pdf.

SCHWARZ, F. J. (2011). Rinderfütterung. In M. KIRCHGEßNER, G. I. STANGL, F. X. ROTH, & F. J. SCHWARZ, *Kirchgeßner Tierernährung* (Bd. 13, S. 349; 354). DLG-Verlag GmbH.

SHURTLEFF, W., & AOYAGI, A. (2013). *History of Soymilk and other non-dairy milks.* Abgerufen am 8. März 2014 von Soyinfo center: http://www.soyinfocenter.com/pdf/166/Milk.pdf

SOSULSKI, F. (1979). Food uses of sunflower protein. *Journal of the American oil chemists' society , 56*.

SPIEKERS, H., & RUTZMOSER, K. (2013). *Kornausreife und Gehalt an Trockenmasse im Silomais.* Abgerufen am 29. März 2014 von http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/27910_kornausreife_und_tm_in_silomais.pdf.

STANGL, G. I. (2011). Energiehaushalt. In F. X. ROTH, F. J. SCHWARZ, & G. I. STANGL, *Kirchgeßner Tierernährung*, DLG-Verlag GmbH, 163 ff.

STEINWIDDER, A., & GRUBER, L. (2002). Leistungsgrenzen der Milchkuh im Biolandbau sowie beI konventioneller Haltung. *Leistungszucht und Leistungsgrenzen beim Rind - Seminar des genetischen Ausschusses der ZAR* .

STOLP, K.-D. (2004). *Lebensmitteltechnologie - Biotechnologische, chemische, mechanische und thermische Verfahren der Lebensmittelverarbeitung,* 6. vollständig überarbeitete Ausgabe.

SUTTER, M., NEMECEK, T., & THOMET, P. (2013). Vergleich der Ökobilanzen von Stall- und Weidebasierter Produktion. *Agrarforschung Schweiz , 4* (5), 230-237.

UFOP - Union zur Förderung von Öl und Proteinpflanzen e. V. (2007). Rapsprotein in der Humanernährung. *UFOP-Schriften* (32), 10.

UNITED NATIONS. (13. 06 2013). *World population projected to reach 9.6 billion by 2050*. Abgerufen am 25. 02 2014 von https://www.un.org/en/development/desa/news/population/un-report-world-population-projected-to-reach-9-6-billion-by-2050.html.

VAN SOEST, P. J. (1994). Nutritional ecology of the Ruminant. *second edition*.

VESTERGAARD, M., MADSEN, N. T., BLIGAARD, H. B., BREDAHL, L., RASMUSSEN, P. T., & ANDERSEN, H. (2007). Consequences of two or four months of finisching feeding of culled dry dairy cows on carcass characteristics and technological and sensory meat quality. *Meat Science , 76*, 635 - 643.

WÖHLBIER, W., & KLING, M. (1983). *Handelsfuttermittel Band 2 Teil B.* Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.

WILKINSON, J. M. (2011). Re-defining efficiency of feed use by livestock. (doi:10.1017/S175173111100005X) *Animal*.

WU, Y. V., & NICOLS, N. N. (2005). Fine Grinding and Air Classification of Field Peas. *Cereal Chemistry , 82* (3), 341-344.

ZAR. (2012). *Entwicklung Milchleistung Kontrollkühe 1950 - 2012*. Abgerufen am 22. 01 2014 von http://cgi.zar.at/download/Newsletter/2012/Entwicklung-KK-Milch-1950-2012.pdf

ZAR. (2012). *Entwicklung Milchleistung Kontrollkühe 1950 - 2012.* Abgerufen am 11. Dezember 2013 von http://cgi.zar.at/download/Newsletter/2012/Entwicklung-KK-Milch-1950-2012.pdf.

ZAR. (2013). *Zuchtwertschätzung Nutzungsdauer*. Abgerufen am 02. August 2014 von http://cgi.zar.at/download/ZWS/Nutzungsdauer.pdf.

ZEBELI, Q., ASCHENBACH, J. R., TAFAJ, M., BOGHUN, J., AMETAJ, B. N., & DROCHNER, W. (2012). Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *Journal of Dairy Science , 95* (3), 1041-1056.

ZIEGLITZ, R. (2004). *Lebensmitteltechnologie - Biotechnologische, chemische, mechanische und thermische Verfahren der Lebensmittelverarbeitung*, 6. vollständig überarbeitete Ausgabe.

ZOLLITSCH, W., WETSCHEREK, W., & LETTNER, F. (1992). Einsatz von inländischem Sojaexpeller in Schweinemastrationen. *Die Bodenkultur*, 81-95.

ZWINGELBERG, H. (2004). *Lebensmitteltechnologie - Biotechnologische, chemische, mechanische und thermische Verfahren der Lebensmittelverarbeitung*, 6. vollständig überarbeitete Ausgabe.